



INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

«INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION,
CIVIL ENGINEERING, AND ARCHITECTURE»

BOOK OF ABSTRACTS

OCTOBER 20–21, 2025
DNIPRO, UKRAINE

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies
ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture"
NGO "Academy of Construction of Ukraine"
Dnipropetrovsk Regional Branch of the National Union
of Ukrainian Architects
PCAE "Stroitel-P"
Prat Avp "Sodruzhestvo"

Abstracts of the XX International Scientific
and Practical Conference

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION, CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

*Dedicated to the 95th anniversary of Prydniprovsk State Academy
of Civil Engineering and Architecture*

October 20–21, 2025
Dnipro, Ukraine

ISBN: 978-617-8314-77-4
UDC 658.589:620.9:72:681.5
M 34

Abstracts of the XX International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture” (October, 20–21, 2025): edited by Kostiantyn SUKHYI, Mykola SAVYTSKYI, Yurii PROIDAK, Vladyslav DANISHEVSKYY. Dnipro : ESI PSACEA, 2025, 414 p. (e-edition)

Editorial Board

Kostiantyn SUKHYI, Dr. Sc., Prof.
Mykola SAVYTSKYI, Dr. Sc., Prof.
Yurii PROIDAK, Dr. Sc., Prof.
Vladyslav DANISHEVSKYY, Dr. Sc. Prof.,

Managing and Technical Editor

Olena TYMOSHENKO, PhD, Ass. Prof.

The volume summarizes the results of research and practical applications in the following fields: theoretical foundations of civil engineering; advanced technologies, materials and structural solutions in construction; architecture, urban planning, design and fine arts; territorial planning, geodesy and land management; energy saving, renewable energy sources and energy-efficient building systems; digitalization and information technologies in construction; mechanical engineering, mechatronics and robotics; diagnostics, restoration and rehabilitation technologies for buildings and structures; technogenic safety, ecology and protection of critical infrastructure; economic and managerial aspects of post-war reconstruction and development of Ukraine. Materials are published in the original author's version. Conference languages are Ukrainian and English.

The Conference is held in the frame of the international projects Horizon Europe “ENERGENIUS” (id 101160720), Horizon 2020 “EffectFact” (id 101008140), Erasmus 2027 “The Bridge” (id 101127884), Erasmus 2027 “UKRENERGY” (id 101082898) and is dedicated to the 95th anniversary of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Approved for publication by the Scientific Council of the Ukrainian State University of Science and Technologies (minutes no. 1 of 24.09.2025).

VEC-UA is the Ukrainian branch of the California-based corporation VEC. Since 2019, we have been building electrical networks in the virtual world of construction.

Today, VEC is:

- 6 offices worldwide, including 3 in Ukraine
- 150+ specialists, with over 120 based in Ukraine
- 250+ projects delivered on the international market
- 30+ unique scripts that automate workflows
- Expertise in 6 BIM platforms

We develop projects for global leaders such as Meta, Google, Amazon, and Microsoft, promoting Ukrainian manufacturing and professionalism, and championing BIM and virtual construction across Ukraine. We also foster a work environment that encourages growth, innovation, and bold ideas.

Our team comprises passionate individuals who believe that digital transformation in construction is a vital step toward a progressive and modern future for Ukraine.

Let's build together!

vec-us.com





LIRA-FEM®

LIRA-CAD®



Software for structural analysis & design as well as modelling the life cycle of building structures

- **LIRA-FEM (finite element modeling)** is a software package for finite element analysis and design of building and engineering structures for various purposes.
- **LIRA-CAD** is an advanced preprocessor for LIRA-FEM software.
- LIRA-FEM and LIRA-CAD are components of BIM technology and support an open approach to building information modeling. Two-way integration: Tekla Structures - LIRA-FEM - Tekla Structures, REVIT - LIRA-FEM - REVIT. Integration with Archicad, Allplan etc.
- Modelling the different stages of the life cycle for buildings and structures.
- Modelling the assemblage process, fire resistance, explosion, and progressive collapse.
- Modelling the process of reconstruction.
- Analysis and computer-aided design of high-rise, industrial and public buildings made of monolithic and precast concrete, roofs and floors of large spans, bridges, towers and masts, tanks, containment and confinement of nuclear power plants, protective structures, etc.
- Analysis of structures on earthquake and other dynamic loads according to the building codes of Ukraine and other countries.
- Modules for the design of reinforced concrete, composite (steel & RC), masonry reinforcing and steel structures with the production of working drawings according to the building standards of Europe, Ukraine, Kazakhstan and other countries.

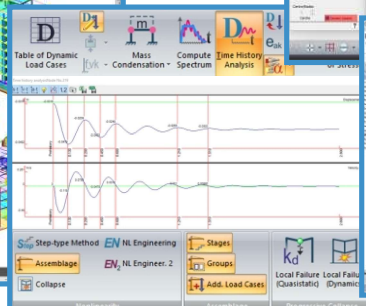
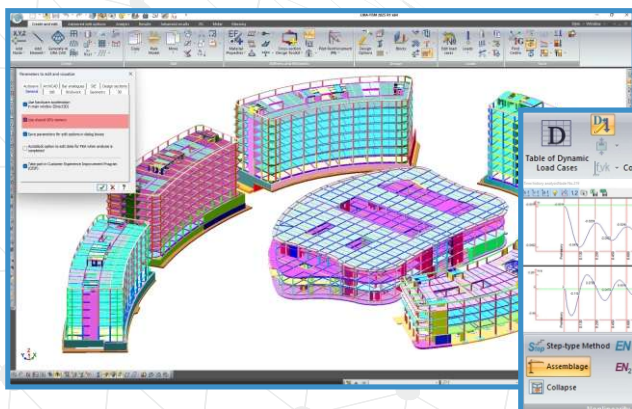
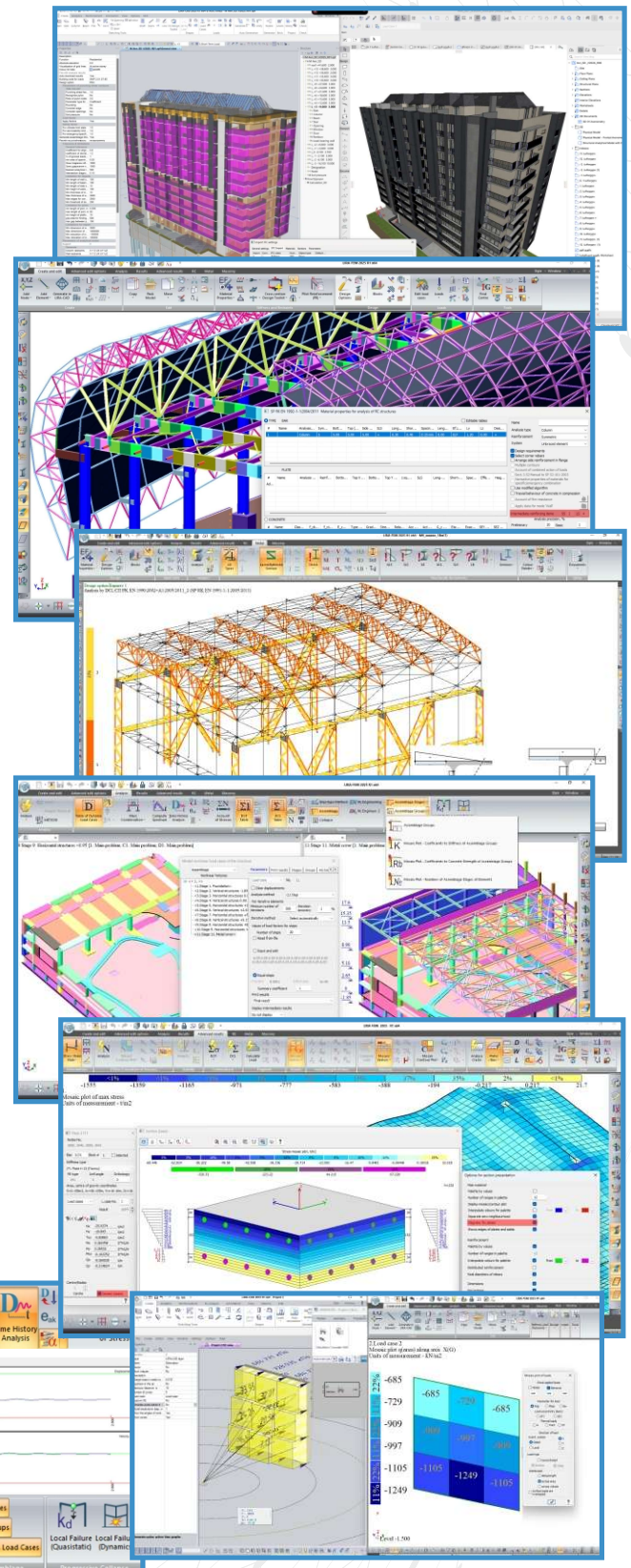


TABLE OF CONTENTS

Balagurak Y. I. PRESTRESSED PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE MICROPILES FOR FOUNDATION STRENGTHENING.....	23
Balashov A., Trehub O., Balashova Yu., Lando Yev. DATA-DRIVEN FRAMEWORK FOR AI-ENHANCED ROAD SAFETY IN UKRAINIAN CITIES: A DELPHI-VALIDATED CASE PROPOSAL FOR DNIPRO.....	24
Balashov A., Demianenko V., Balashova Yu., Ishutina H. HIERARCHICAL MULTI-PHYSICS NEURAL OPERATORS FOR SPATIOTEMPORAL PREDICTION OF ROAD PAVEMENT DETERIORATION: A COMPREHENSIVE FRAMEWORK INTEGRATING QUANTUM-ENHANCED FEATURE EXTRACTION FROM HIGH-DENSITY POINT CLOUD DATA.....	26
Balashov A., Ishutina H., Balashova Yu., Golovko O. FORECASTING DIFFERENTIAL BUILDING SETTLEMENT WITH DEEP LEARNING : A CASE STUDY OF MECHNIKOV HOSPITAL.....	28
Balashov A., Medvediev K., Balashova Yu., Usychenko O. SPATIO-TEMPORAL GRAPH ATTENTION NETWORK FOR REAL-TIME DAMAGE LOCALIZATION IN PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES UNDER OPERATIONAL LOADING.....	30
Barrachina P. USE OF DIGITAL TWIN AND GAMIFICATION TO EMPOWER CITIZENS ENABLING A SMOOTH ENERGY TRANSITION AND PROMOTING SUSTAINABLE BEHAVIOURS WITH ENERGENIUS.....	32
Bernát L., Zajacová J. ON THE CONCEPT OF TEACHING PHILOSOPHY AT TECHNICAL UNIVERSITIES.....	34
Bondarenko K. Y., Tovstik T. M., Shashkina N. I. INNOVATIVE STRATEGIES FOR DESIGNING PSYCHO-REHABILITATION SPACES IN THE URBAN ENVIRONMENT : THE CASE OF DNIPRO.....	35
Danishevskyy V., Savytskyi M., Haidar A., Bezverkhyi D. RATIONAL DESIGN OF LAYERED PHONONIC CRYSTALS FOR VIBRATIONS AND NOISE CONTROL USING THE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION.....	38
Davydov I. I., Chaban V. P., Vershkova Yu. S., Volchok D. L., Kovtun-Horbachova T. A. MODELING OF PROGRESSIVE DYNAMIC FAILURES IN FRAME STRUCTURAL SYSTEMS WITH COMPLEX DISSIPATIVE BEHAVIOR CONSIDERING LOCALIZED CONTACT INTERACTIONS.....	41
Dikarev B. M., Dikarev K. B., Seletskyi V. V., Koval V. V. IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS UNDER SPECIAL CONDITIONS.....	43

Dikarev K. B., Papirnyk R. B., Koval V. M., Koval V. V. INNOVATIVE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL METHODS FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS IN COMPLEX CONDITIONS.....	45
Dikarev K., Volchok D., Movchan O. REUSE OF DEMOLITION BRICKS IN THE PRODUCTION OF PERMANENT FORMWORK UNITS.....	47
Dikarev B. M., Papirnyk R. B., Stetsiuk Ya. O., Kutsenko-Skokova A. O. COMBINED THERMAL ENERGY SYSTEMS UTILIZING FOUNDATION STRUCTURES.....	48
Divak V., Merylova I., Shekhorkina S., Bulakh I., Nikiforova T. VOLUMETRIC AND SPATIAL CONSTRUCTION OF MUSEUMS AND THEIR EXPANSION IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONTEXT.....	50
Donenko V., Bobrakov A., Ivanenko D. OPTIMIZING MANAGERIAL DECISION-MAKING THROUGH THE INTEGRATION OF AN ADAPTIVE CONSTRUCTION PRODUCTION CONTROL SYSTEM.....	52
Doroshenko D., Bilichenko R. MACHINE LEARNING ALGORITHMS AND MATHEMATICAL METHODS OF DATA ANALYSIS IN THE DIGITALIZATION OF CONSTRUCTION.....	54
Gajniak Ján Florián, Priedhorská Daša ENHANCING TRUST AND CREDIBILITY IN THE CONSTRUCTION SECTOR THROUGH EFFECTIVE COMMUNICATION OF SUSTAINABLE PRACTICES.....	56
Gajniak Ján Florián LEGAL PROTECTION OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN CONSTRUCTION : DESIGN, TRADEMARKS AND CRIMINAL LIABILITY.....	57
Kachuievskia O., Akhaimova A. O., Shashkina N. I. RIVER TERMINALS AS PART OF THE DEVELOPMENT OF RIVER TERRITORIES.....	58
Kotenko N., Podolynnyi S., Shashkina N. MEDIA FACADES IN THE DESIGN OF CONCERT HALLS.....	60
Kovba V. V., Zahilskyi V. A., Ulyanov V. Yu., Simonov Yu.Yu. NPPs IN CURRENT CONFLICT ZONES.....	61
Kravets K., Uzhelovskyi A., Shashkina N. SOCIAL ENGINEERING : THE HUMAN FACTOR IN CYBERSECURITY.....	63
Liapicheva O. L. LANGUAGE AND NOTIONAL GAME AS A WAY OF COMMUNICATING WITH A CHILD IN POETRY FOR CHILDREN.....	65

Lysiak S. K., Kharlan O. V., Suvorova T. O., Shashkina N. I. FRactal approaches to the study of urban morphology.....	67
Nikiforova T., Ponomarova O., Balashova Yu., Balashov A. Probabilistic deep learning for real-time seismic damage assessment in reinforced concrete structures.....	68
Panchenko T., Merylova I., Kharlan O., Shvets I. Operational model for designing recreational areas in industrial zones of the Prydniprovsk region: synthesis of Ukrainian regulations and international standards.....	70
Papirnyk R. B., Dikarev K. B., Kataiev A. S., Koval V. V. Adaptive technical and organizational solutions for enhancing the energy efficiency of buildings in post-conflict urban environments.....	71
Petko M., Kharchenko K. S., Shashkina N. I. The role of ravines as transport corridors in the formation of the communication infrastructure of the city of Dnipro.....	73
Pichugin S. F., Klochko L. A. Increasing the reliability of the construction project by using the method of modeling the possible occurrence of an accident according to the algorithm.....	75
Porubčinová M., Novotná I., Blahová J., Gajniak O. Qualitative empirical findings on the potential of innovations 4.0 in the context of sustainable construction.....	77
Rabenseifer R., Adamec L., Mahas N. The impact of low-emissivity positioning on overheating in buildings with glazed façade during summer period.....	79
Riabinchuk Y., Merylova I., Shashkina N. Conservation of biodiversity of the steppe zone of Dnipropetrovsk region.....	81
Savytskyi M., Radkevych A., Savytskyi O., Shevchenko T., Tytiuk A. Innovations and future trends in concrete road construction.....	83
Semenov O., Tovstik T., Shashkina N. Comprehensive architectural and economic strategy for the reconstruction of the block streets.....	85
Semko O., Ilchenko T., Semko V., Rabenseifer R., Mahas N. Reinforcement strategies for brick masonry with moisture-induced damage : a review of methods for extending the life cycle of buildings.....	86

Shekhorkina S. E., Varhin A. O. REVIEW OF AI-ENCHANCED TECHNOLOGIES FOR LOW-CARBON BUILDING DESIGN.....	88
Shekhorkina S., Nikiforova T., Smirnov A., Fedin V., Kovtun-Horbachova T. EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE-CLT COMPOSITE PANEL.....	90
Sivý M., Istenes I. STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF A DISTILLATION COLUMN SHELL AFTER AN INTERNAL FIRE INCIDENT.....	91
Solovei D., Volchuk V. SYNTHESIS ROUTES TO $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ NANOCRYSTALS : A COMPARATIVE REVIEW.....	94
Sosnova N., Shvets I. QUANTITATIVE CRITERIA FOR ASSESSING THE QUALITY OF PUBLIC SPACE.....	96
Sultanli F., Huseynov E., Sultanli I., Sultanova N. INTEGRATION OF MULTISPECTRAL AND HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING WITH IOT AND GIS FOR INTELLIGENT IRRIGATION MANAGEMENT.....	97
Todorova A., Shvets I., Shashkina N. HISTORICAL AND ARCHITECTURAL FACTORS IN THE FORMATION OF DNIPRO CITY IDENTITY	99
Ždímalová M. MATHEMATICS AS A CREATIVE FORCE IN ARCHITECTURE, URBAN PLANNING, DESIGN AND FINE ARTS.....	100
Zhaldak M. ARCHITECTURAL DESIGN OF COMMERCIAL SPACE AS A VISUAL-SENSORY STRATEGY FOR BRAND FORMATION.....	102
Бабенко В. А., Чернікова М. І. МОВНА ПОЛІТИКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ЙОГО ЦІЛЕЙ ТА ЦІННОСТЕЙ.....	104
Барабаш М. С., Ромашкіна М. А. РОЗРАХУНОК БУДІВЛІ НА ВПЛИВ ПОВІТРЯНОЇ УДАРНОЇ ХВИЛІ.....	106
Бармін І. ОЦІНКА СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ АНГАРУ ДЛЯ ЛІТАКІВ ПРИ ЗАКРИТИЧНИХ ВПЛИВАХ В LIRA-FEM.....	108
Башинський О. В. РОЗРАХУНОК СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ В LIRA-FEM.....	109
Бережна А. Р., Ярова Т. П., Сопільняк А. М. ДИЗАЙН І МАТЕРІАЛИ : 3D ПРИНТИНГ ТА ЕСТЕТИКА У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	111

Бегічев С. В., Склярів Н. Ю. МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ	113
Беліков А. С., Стрежекуров Ю. Е., Тодоров О. П., Харченко В. В. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕРМОНАПРУЖЕНОСТІ РОБОЧОГО МІСЦЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПОСТУ	115
Беліков А. С., Колесник І. О., Смирнов Є. Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ ТА ДЕФІЦИТНИХ СИТУАЦІЯХ В СИСТЕМАХ ТГП З УРАХУВАННЯМ АКУМУЛЯЦІЇ ТЕПЛА НАГРІВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ, ВНУТРІШНІМИ ТА ЗОВНІШНІМИ ОГОРОДЖЕННЯМИ, ВРАХОВУЮЧИ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬ	117
Беліков А. С., Коротаєв В. М., Подкопєєв С. В., Харченко В. В., Тодоров О. П. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД З УРАХУВАННЯМ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ В ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕННЯХ	119
Беліков А. С., Мацук З. М. ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ АДЕКВАТНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ	121
Беліков А. С., Слащова О. А., Дігтяр К. В., Харченко В. В. ФІЛЬТРАЦІЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ СПОРУД	123
Беліков А. С., Соколов І. А., Журбенко В. М., Шаломов В. А., Харченко В. В. ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ТОЧНОСТІ ЗОРОВОЇ РОБОТИ	125
Білоконь А. І., Кислиця Л. В., Трошин М. Ю. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ВЕНТИЛЬОВАНИХ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОПОРЯДЖЕННЯ ФАСАДІВ БУДИНКІВ	127
Бондаренко О. І. ПРИНЦИПИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЖИТЛОВИХ РАЙОНІВ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО)	128
Бондаренко С. В., Дехта Т. М., Дубов Т. М., Василенко С. В. АКТИВАЦІЯ ЦЕМЕНТУ ТА БЕТОНУ З ТЕХНОГЕННОЮ СИРОВИНОЮ	130
Бородін М. О., Лозова-Гнатюк В. В. ПОЄДНАННЯ ТЕОРІЇ ІГОР ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЄКТНОМУ УПРАВЛІННІ	132
Брунеллі Р., Сопільняк А. М., Юрченко Є. Л., Коваль О. О. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-СКАНУВАННЯ ТА ВІМ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПЛАНУВАННЯ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ	134

Брунько В. М. ТЕРМО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ENGINEERING OPEN SPACE CONCEPTION.....	135
Булеєв Ю. С. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАГРОЗ ЕКОНОМІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	137
Буратинський А. П. ПРИНЦИПИ РОБОТИ ГІРОСКОПІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ НА ОСНОВІ КАРДАНОВОГО ПІДВІСУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД.....	140
Буцька О. Л., Зінкевич О. Г. РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕГШЕНОГО ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ З ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМИ ВСТАВКАМИ.....	141
Вакулич М. М. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КЛІМАТУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	143
Волчук В. М., Котов М. А., Казярян Д. С., Тимченко І. Є. ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ 20 ПІСЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ.....	145
Воробйов В. В., Шило О. С. ПОЛЯРИСИМИ ПІВНОЧІ І ГЕОТЕКТОНІКА В ІСТОРІЇ МІСТОБУДУВАННЯ.....	147
Воробйов В. В., Шило О. С. МІЛІТАРНІ АСПЕКТИ МІСТ.....	149
Воробйов В. В., Шило О. С. ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛЕННЯ КЛІМАТУ ЯК ФАКТОР МАЙБУТНЬОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ МІСТ.....	151
Воробйов В. В., Шило О. С. НОВІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТУ І КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОПОЛІСІВ.....	152
Гайдар А. М., Дікарев К. Б. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ TEACHABLE MACHINE.....	154
Ганник М. І., Мартиш О. П., Мартиш О. О. ДЕФОРМАТИВНІ ЯВИЩА У ФУРАНОВИХ КОМПОЗИТАХ.....	156
Гасенко А. В., Падун Ю. О. УЗАГАЛЬНЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ АНТЕННИХ СПОРУД ЗВ'ЯЗКУ, ВИКЛИКАНИХ ВОЄННИМИ ДІЯМИ.....	158

Гасенко А. В., Семко П. О., Остапов І. С. ВПЛИВ ВІДСТАНІ ВІД МІСЦЯ ВИБУХУ СНАРЯДУ ДО ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ГЛИБИНУ ПРОНИКНЕННЯ УЛАМКУ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ МЕТОДИКУ ЗА UFC 3-340-02.....	159
Гілодо О. Ю., Арсірій А. М., Ковтун В. П., Гіманов О. М. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МІЖПОВЕРХОВИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРИТТІВ.....	161
Головачов В. В., Горб О. І., Сопільняк А. М. ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ ЯК РУШІЙНА СИЛА РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ.....	163
Голубченко О. І., Заяць Є. І., Даниленко І. О. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГРУНТУ НА ПОВЕРХНЮ ПРИ ВИКОНАННІ БУДІВНИЦТВА БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ МЕТОДОМ «ВВЕРХ–ВНИЗ».....	166
Голубченко О. І., Колохов В. В., Мацевич І. М. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ КОМПОНЕНТІВ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ЗІ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	168
Горбонос А. А., Зеленський А. Г. ПОРІВНЯННЯ ПРОГИНУ ТРИШАРОВОЇ ПЛАСТИНИ ІЗ РІЗНИМ СПІВВІДНОШЕННЯМ ТОВЩИН ШАРІВ ТА ОДНОШАРОВОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ ОДНАКОВИХ КРАЙОВИХ УМОВАХ.....	170
Горобець Р. А., Брунеллі Р., Сопільняк А. М. НВІМ-МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА АДАПТАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ СПОРУД З ПРИКЛАДОМ В М. ДНІПРО.....	172
Грецький Д. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ШАРОМ У СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ.....	174
Гряник В. О., Ткаченко Л. В. МІСТОБУДІВНИЙ МОНІТОРИНГ : ТЕОРЕТИЧНИЙ ТА ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТИ.....	176
Губенко С. І., Парусов Е. В. ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА (ОГЛЯД).....	178
Гудзь С. А., Гаркуша В. С. ЕФЕКТИВНІ СХЕМИ ПІДСИЛЕННЯ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ШПРЕНГЕЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ.....	179
Давидов І. І., Чабан В. П., Ковтун-Горбачова Т. А., Ковтун К. А. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГРЕСУЮЧИХ ДИНАМІЧНИХ РУЙНУВАНЬ У КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗІ СКЛАДНОЮ ДИСИПАТИВНОЮ СТРУКТУРОЮ З УРАХУВАННЯМ ЛОКАЛІЗОВАНИХ КОНТАКТНИХ ВЗАЄМОДІЙ.....	181

Донець А. В., Товстик Т. М. ПРИНЦИПИ РЕІНТЕГРАЦІЇ ДЕГРАДУЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ У МІСЬКИЙ ПРОСТІР.....	183
Дюльдєв А. О., Сєдін В. Л., Ковба В. В. МОДЕЛЮВАННЯ УТРИМУЮЧИХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ СХИЛОВОЇ ТЕРИТОРІЇ М. ДНІПРО.....	185
Єгоров Є. А., Івченко Ю. В., Івченко О. М., Кучеренко О. Є. СТІЙКІСТЬ ТОНКОСТІННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК.....	187
Зеленський А. Г., Болховець О. С. НАПРУЖЕННЯ В КВАДРАТНІЙ ПЛИТІ ВІД ДІЇ ЛОКАЛЬНИХ І ЗОСЕРЕДЖЕНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	188
Зеленський А. Г., Слободянюк С. О., Пугачов Р. В. ІНДИВІДУАЛЬНІ КІМНАТИ УКРИТТЯ В КВАРТИРАХ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ – ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ГРОМАДЯН В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	190
Зеленський А. Г., Слободянюк С. О. ВАРІАНТ МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ТРАНСВЕРСАЛЬНО- ІЗОТРОПНИХ БАГАТОШАРОВИХ ПЛАСТИН НЕСИМЕТРИЧНИХ СТРУКТУР ДОВІЛЬНОЇ ПОСТІЙНОЇ ТОВЩИНИ.....	192
Іванейко М. М. ЗАСТОСУВАННЯ СИЛОВОЇ ПІДЛОГИ ДЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ.....	193
Ігченко Д. М., Гаврик О. Ю., Ткачук Д. В. ІНКЛЮЗИВНИЙ ПРОСТІР І СИСТЕМА БЕЗПЕЧНИХ УКРИТТІВ ЯК ЧИННИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТА.....	195
Ішутіна Г. С., Тонконог О. К. МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЛІСОВОГО ФОНДУ СУЧАСНИМИ ГЕОДЕЗИЧНИМИ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЯМИ.....	197
Карасьов Г. Г., Карасьов О. Г. КІНЕТИКА ПРОХОДЖЕННЯ СТРУМУ В МАСТИЛІ ЛЗ-МГ-2.....	199
Кіосак В. А., Ісаєв В. Ф., Пальчик С. С. МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ НА СПОРУДИ СЕЙСМОВИБУХОВИХ ХВИЛЬ.....	200
Кірічек Ю. О. ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА/АБО БУДІВНИЦТВО.....	202
Клименко М. Б., Вісин О. О. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ПІДВИЩЕНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ.....	204
Ковба В. В., Загільський В. А., Сєдін В. Л., Бекіров В. О. ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ.....	206

Коврова В. О., Волкова В. Є. ВПЛИВ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ НА ЖИВУЧІСТЬ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВІВ.....	207
Колесник І. О., Адегов О. В., Березюк Г. Г., Кучер І. Г. РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ В ЗОНІ ТЕПЛОПРОВІДНОГО ВКЛЮЧЕННЯ.....	209
Колесник І. О., Рубцов К. А., Скоромолот О. Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕПЛОВОМУ РЕЖИМІ.....	211
Колохов В. В., Білик В. В. ВИЗНАЧЕННЯ СХЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ В КОНСТРУКЦІЯХ.....	213
Конопляник О. Ю., Жук Д. В. ВПЛИВ ЧАСУ ПЕРЕМІШУВАННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ НА ДЕФОРМАТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ БЕТОНІВ.....	214
Конопляник О. Ю., Котов М. А., Баранчикова Д. О. ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ТАРИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛЕГКИХ БЕТОНІВ.....	215
Косенко Л. В., Коваль О. О., Юрченко Є. Л. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УТЕПЛЕННЯ У КОНТЕКСТІ СТАНДАРТУ NZEV ТА ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	217
Котов М. А., Волчук В. М., Тимошенко О. А., Лазарєв Р. В. ОЦІНКА МІЦНОСТІ ВАЖКОГО БЕТОНУ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ МАРКИ 400 НЕРУЙНІВНИМ МЕТОДОМ.....	219
Кочегаров С. С. ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСІ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ.....	221
Кравчуновська Т. С., Ковальов В. В., Балакін К. В., Комісаров Г. В., Філіп'єв Є. О. АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ.....	223
Кравчуновська Т. С., Кудрейко Є. Д. БУДІВНИЦТВО АВТОМАТИЗОВАНИХ ПАРКУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ІНТЕГРАЦІЯ В ІНФРАСТРУКТУРУ МІСТА.....	225
Кригіна А. О. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ СПОРТИВНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО БЛОКУ НА СТІЙКІСТЬ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ.....	226
Куліченко Н. В., Савицький М. В., Товбич В. В. СТРУКТУРА ПІШОХІДНИХ МАРШРУТІВ МІКРОРАЙОНІВ ДО ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....	228

Купрієнко Б. О., Литвиненко Т. П. ЗНАЧЕННЯ ЧАСОВОЇ ДОСТУПНОСТІ ЗАКЛАДІВ ГРОМАДСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД.....	230
Ландо Є. О., Нетяга К. В. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ МОНІТОРИНГУ НЕРУХОМОГО МАЙНА.....	232
Грянник В. О., Лапшик М., Фетісов С., Пилипенко О. В. ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ТЕРИТОРІАЛЬНОМУ ПЛАНУВАННІ.....	233
Лисенко Г. І., Волкова С. П. МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ АСПЕКТ ПІДГОТОВКИ СУЧАСНОГО ФАХІВЦЯ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ І ГЛОБАЛІЗАЦІЇ.....	235
Лисяк С. К., Харлан О. В., Суворова Т. О. ДО ПИТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО.....	237
Луценко Є. К., Сопільняк А. М., Харлан О. В. ВИКОРИСТАННЯ 3D-СКАНУВАННЯ ТА ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІСТОРИЧНОЇ БУДІВЛІ ЦЕРКВИ НА ТЕРИТОРІЇ ПДАБА.....	239
Ляховецька-Токарєва М. М., Гаврилюк С. В. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ.....	241
Ляховецька-Токарєва М. М., Оліфер Д. О. ІНТЕГРАЦІЯ ГІБРИДНИХ ТА КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ У ПРИВАТНИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ.....	242
Маковецький Б. І., Гільов В. В., Мещерякова І. В., Трошин М. Ю., Тимошенко Л. О. РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ТЕРМІЧНОГО СПРОТИВУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ, ЯКІ ПОТРЕБУЮТЬ ДОДАТКОВОГО УТЕПЛЕННЯ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ СУЧАСНИХ НОРМ.....	244
Малиновська Т. С., Харченко К. С. АВТОРСЬКИЙ ШРИФТ ЯК МАРКЕР НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ.....	246
Мальцев С. В., Колохов В. В., Мосьпан В. І. АРХІТЕКТУРНИЙ БЕТОН З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ТЕХНОГЕННОГО ВИРОБНИЦТВА.....	248
Манжара Д. О., Мосьпан Є. В. ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЄКТУВАННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	249

Мартім’янов М. М., Сіренко К. О., Серeda С. Ю. ЗД-СКАНУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ НА ОБ’ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	251
Матюшенко С. Ю., Соколов І. А. ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ОСНОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ.....	252
Мацевич І. М., Павленко А. А. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ЗА НЕОБХІДНИМИ РОЗМІРАМИ.....	254
Мельник І. В., Зінченко Д. О., Грищенко М. М., Нікітін М. С., Петренко І. О. МОНІТОРИНГ СТАНУ ІСТОРИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗД-СКАНУВАННЯ.....	256
Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л. ЦИФРОВІЗАЦІЯ ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ ПОВОЄННОЇ УКРАЇНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШАБЛОНІВ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ.....	258
Микитенко С. М. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З’ЄДНАНЬ ПЛИТ В ЗБІРНО-МОНОЛІТНОМУ ПЕРЕКРИТТІ.....	261
Михайлишин О. Л., Буланов Д. В. ПРОЄКТ «ВЕЛИКЕ ЗАПОРІЖЖЯ» : ВІД СОЦІАЛЬНОЇ УТОПІЇ ДО СОЦІАЛІСТИЧНОГО РЕАЛІЗМУ.....	262
Михайлова Л. В. ІНТЕГРАЦІЯ ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН У СУЧАСНУ БУДІВЕЛЬНО-АРХІТЕКТУРНУ ОСВІТУ.....	264
Мінюкова А. Д. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОГО АРМУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КЛАСУ НАВАНТАЖЕНЬ МОСТОВИХ БАЛОК З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ.....	266
Мішук К. М., Кузнєцов В. А. 4D-ДРУК АДАПТИВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ: МОЖЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ, АНАЛІЗ ПРАКТИЧНИХ КЕЙСІВ.....	268
Міщенко Р. А., Карюк А. М., Ільченко В. В. GNSS-ЗНІМАННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ТА АЛЬТЕРНАТИВИ В УКРАЇНІ.....	269
Мороз Д. В., Ткач Т. В. КРИВОЛІНІЙНА ПІДПІРНА СТІНА: ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ В СКЛАДНИХ УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ.....	271

Назаренко І. І. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОСВІТИ І НАУКИ В РАМКАХ ГРАНТОВОЇ ПРОГРАМИ THE BRIDGE.....	273
Налисько М. М., Стрежекуров Ю. Е., Махінько А. О. ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ІНІЦІАТОРА ВИБУХОВОГО ГОРІННЯ В ЛАБОРАТОРНІЙ УСТАНОВЦІ «УДАРНА ТРУБА».....	274
Несевря П. І., Лагутчев Д. М. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	276
Несевря П. І., Нечепуренко Д. С., Даниленко І. О. СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БАГАТОШАРОВОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ПАНЕЛІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПАНЕЛЕЙ У ПРОЦЕС ЗАПОВНЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН МОНОЛІТНО-КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	277
Нечепуренко Д. С., Варакута А. М. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ БУДІВНИЦТВА МАЛОПОВЕРХОВИХ ЕНЕРГООЩАДНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	279
Нікіфорова Т. Д., Вертелецький О. О. ЗАХИСТ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ : КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	281
Павліков А. М., Гарькава О. В. КОЕФІЦІЄНТ ПОВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОПОРУ БЕТОНУ СТИСНУТОЇ ЗОНИ КОСО СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	284
Павленко Т. О., Литвиненко Т. П., Зубричев О. С. ПРИЙОМИ ТА ЗАСОБИ СУЧАСНОГО ДИЗАЙНУ ВНУТРІШНЬОГО ПРОСТОРУ ПІДЗЕМНИХ ПРИМІЩЕНЬ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	286
Пантелесенко В. І., Голубченко О. І., Червоноштан А. Л. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ І ФУНДАМЕНТІВ-ОБОЛОНОК.....	288
Пахомов М. В., Заяць Є. І., Косолапов А. Ф. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ФІЗИЧНИХ ТА ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В КАРКАСНО-МОНОЛІТНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	289
Перегінець І. І. ПРАКТИЧНА НАПРАВЛЕНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВІМ-МОДЕЛЕЙ У ПІДГОТОВЦІ ГРАНТОВОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ THE BRIDGE.....	291
Петренко І. О., Прибитько І. О., Ганєєв Т. Р., Корзаченко М. М. ТРИВИМІРНЕ СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	292

Петько М., Харченко К. С. ТРАНСПОРТНА РОЛЬ БАЛОК У ФОРМУВАННІ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ДНІПРО.....	294
Пилипенко О. В., Железняк Г. С., Тимошенко О. А., Саньков П. М., Гряник В. О. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ФОРМУВАННЯ СУМАРНОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	296
Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. З ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ СПІРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ У РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	301
Погранична І. І., Купранець Р. В. РЕКОНСТРУКЦІЯ ЦЕНТРУ ІСТОРИЧНОГО МІСТА: ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	302
Погрібний В. В., Довженко О. О., Пенц М. В., Мищенко М. О. ОПІР ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І КАМ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ РОЗКОЛЮВАННІ.....	305
Подлєсний А. О., Петренко А. О. ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ОБМЕРЗАННЯ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ ПЛАСТИНЧАСТИХ РЕКУПЕРАТОРІВ У ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....	307
Рудін А. А., Несевря П. І. ЕВОЛЮЦІЯ РУЧНИХ ЗАБИВНИХ ЗОНДІВ РОЗРОБКИ ДІПТ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	309
Сабанцева У. О., Титюк А. А., Титюк А. О. РЕНДЕРИНГ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ : ВИКЛИКИ ШВИДКОДІЇ, ФОТОРЕАЛІСТИЧНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СЦЕН.....	311
Савицький М. В., Савицький А. М., Савицький О. В., Шевченко Т. Ю., Савицький О. А. ТРАНСФЕР ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ З D- ДРУКУ, ЩО ВІДПОВІДАЄ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ УКЛАДУ INDUSTRY 4.0.....	312
Савицький М. В., Бевз М. В., Бордун М. В., Шевченко Т. Ю., Соколов І. А. ОЦІНКА ВОЄННИХ ЗАГРОЗ ТА ВРАЗЛИВОСТІ І АНАЛІЗ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ.....	314
Савицький М. В., Сухий К. М., Бордун М. В., Нікіфорова Т. Д., Шевченко Т. Ю., Івашенко В., Крутий Ю. М. ВИМОГИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРВИННИМИ (МОБІЛЬНИМИ) УКРИТТЯМИ.....	316

Савицький М. В., Спиридоненков В. А., Бордун М. В., Шевченко Т. Ю., Савицький О. М. SMART ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМФОРТУ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	318
Саньков П. М., Ткач Н. О., Ковтун-Горбачова Т. А., Макаренко Є. Є., Макаренко М. Є. ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗРУЧНОСТІ В УМОВАХ МІСТА.....	319
Саньков П. М., Дікарев К. Б., Ткач Н. О., Дікарева Л. К. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ МІСТ НА ПРЕДМЕТ ВІДПОВІДНОСТІ ВИМОГАМ SMART CITY ДЛЯ УКРАЇНИ.....	321
Северін К. В., Павленко Т. О., Пасічна Т. О., Потапенко Г. М., Бобровський І. В. ТИПОГРАФІКА ЯК КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ В ІНФОРМАЦІЙНИХ КАМΠΑНІЯХ.....	323
Симонов С. І., Гаркуша В. С. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	325
Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Шмиг Р. А., Станицький Т. О., Кригуль Р. Є., Бурчення С. П., Хімка С. М., Коробка С. В., Дудко І. О. ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЛАДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	327
Сідорова М.-Ю. А., Сідорова О. І. ОСОБЛИВОСТІ СПРИЙНЯТТЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ПЛАСТИКИ ФАСАДІВ ЗАБУДОВИ КИСВА КІНЦЯ ХІХ – ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТЬ.....	329
Славінська Г. М., Захарчук Н. В. СВІТЛОВИЙ ПЛАН МІСТА ДНІПРА. ПІДСУМКИ ВОРКШОПУ CITY LIGHT MASTERPLAN У М.ДНІПРО.....	330
Слащов І. М., Беліков А. С., Кривенко Є. В., Іконніков М. Ю. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ І БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД.....	332
Солод Л. В., Березюк Г. Г. РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ СХЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ : ПІДГОТОВЧИЙ ЕТАП.....	334
Сопільняк А. М., Дунда В. В. ЦИФРОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНДАМЕНТНИХ ПЛИТ З ПУСТОТУТВОРЮВАЧАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	336
Сопільняк А. М., Правоторова А. В., Клєцов К. К. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВУ УКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	337

Сопільняк А. М., Харлан О. В., Беляєва М. С. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОНАПІРНОЇ ВЕЖІ ДІТУ : ВІД 3D СКАНУВАННЯ ДО СТВОРЕННЯ ДЕТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ.....	339
Суха І. В., Володимиров В. В. ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВСТІЙКОСТІ ВБУДОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЕЛЕКТРОННОЮ ПРОВІДНІСТЮ.....	341
Суха І. В., Томіло М. І. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ ЛЬОТОЧНІ МАСИ ДЛЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ : СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ.....	343
Сухий М. К., Нефедов В. Г., Поліщук Ю. В. ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ РЕАКТОР ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З РОЗЧИНИНИМ АЛЮМІНІЄВИМ АНОДОМ І НІКЕЛЕВИМ КАТОДОМ.....	344
Татарченко Г. О., Безпалый Д. М. ШЛЯХИ ПЕРЕХОДУ ДО «РОЗУМНОГО МІСТА».....	346
Трегуб О., Євсєєв В. МЕТОДИКА БУДІВЕЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ШТУЧНИХ СПОРУД.....	347
Трегуб О. В., Кірічек Ю. О. ГЕОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКІХ ҐРУНТОВИХ ОСНОВАХ.....	349
Ужеловський А. В., Сологубова С. В., Харченко К. С., Капленко Д. Д., Ужеловський В. О., Сопільняк А. М. SMART HOUSE ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО ТА КОМФОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА У ДИТЯЧИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРАХ.....	351
Фісуненко П. А., Горєвий Є. І. ВПЛИВ МАРКЕТИНГОВИХ СТРАТЕГІЙ НА ДЕВЕЛОПЕРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ.....	353
Фісуненко П. А., Євтушенко І. А. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ.....	355
Фісуненко П. А., Ігнатенко О. В. СУЧАСНІ ТРЕНДИ ПРОЦЕСУ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ МАРКЕТИНГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ-ДЕВЕЛОПЕРІВ БУДІВНИЦТВА : РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ.....	357
Фісуненко П. А., Орел М. В. ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ.....	358
Фісуненко П. А., Сорока О. А. РОЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО МАРКЕТИНГУ У ДЕВЕЛОПМЕНТІ.....	360

Фісуненко П. А., Фесюн Ю. О. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ FLATFINDER.....	362
Фісуненко П. А., Черниш М. О. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ.....	363
Харлан О. В., Ахаймова А. О., Бондаренко О. І. СУЧАСНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-АРХІТЕКТУРНОЇ СПАДЩИНИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ДНІПРО.....	365
Харченко К. С., Божанова В. Ю. РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ – ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ДНІПРО.....	367
Хижняк А. А., Ченчева О. О., Фірсов С. А., Дикань С. А. ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ І ПОДІЙ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ.....	369
Царьов Є. С. ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОЇ АРХІТЕКТУРИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ.....	371
Цимбалова Т. А., Харлан О. В. ЗЕЛЕНІ ЛАНДШАФТИ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО).....	372
Чумак Л. І., Ткачов В. С., Донський Д. М. ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНЯКУ.....	375
Шашенко О. М., Хозяйкіна Н. В. КОСМІЧНІ МАТЕРІАЛИ – ШЛЯХ ДО ТЕХНОЛОГІЙ МАЙБУТНЬОГО В БУДІВНИЦТВІ.....	376
Шибко О. М., Вельмагіна Н. О., Кривенкова Л. Ю., Калашникова К. О. ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ІТ-РИНКУ.....	379
Шило О. С. ПЛАНУВАЛЬНА ІНТЕРФЕРОМЕТРІЯ У МІСТОБУДІВНИЦТВІ.....	380
Шило О. С. П'ЯТИЙ І ШОСТИЙ ТЕХНОЛОГІЧНІ УКЛАДИ У КОНЦЕПЦІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ М. ДНІПРО.....	382
Шуть А. О., Лашко Є. Є. МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ МІСЦЕВОЇ ЗАБУДОВИ.....	384
Юрченко Є. Л., Коваль А. С., Гришин С. В., Коваль О. О. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ВДЕ В УКРАЇНІ.....	386
Юрченко Є. Л., Перегінець І. І., Шамілов П. О., Коваль О. О. ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ЗА СТАНДАРТОМ NZEB В УКРАЇНІ.....	387

Яланський О. А., Беліков А. С., Слащов І. М., Бріженюк В. С. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОУДАРНИХ ВПЛИВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ СПОРУД.....	389
Ярміш К. В., Товстик Т. М. РОЛЬ ГНУЧКИХ ПРОСТОРОВИХ РІШЕНЬ У ФОРМУВАННІ ГУМАННОГО МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	391
Яровий С. М., Данильченко О. О. ПОШКОДЖУВАНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ І ДИМОВИХ ТРУБ ТА ЇХ СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ.....	392
Ревський І. С. ОСОБЛИВОСТІ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ ПО ВУЛИЦІ НЕЗАЛЕЖНОЇ УКРАЇНИ, № 17 У М. ЗАПОРІЖЖЯ.....	396
Головачов В. В., Горб О. І., Сопільняк А. М. ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ ЯК РУШІЙНА СИЛА РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ.....	397
Ємельянов С. О. ВИКОНВАННЯ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ ІЗ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ В ХОДІ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ.....	399
Кришук Д. С., Сопільняк А. М. ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ 3D ДРУКУ В РАМКАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ.....	400
Сіренко К. О., Курбатова А. А. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕТОННОГО 3D-ДРУКУ У ШВИДКОМУ ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ РУЙНУВАНЬ.....	402
Сопільняк А. М., Смирнов А. С., Погоріла Д. Є. ВИКОРИСТАННЯ ВІМ І VR ДЛЯ РОЗРОБКИ ВИСОКОТОЧНИХ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ.....	404
Danishevskyy V., Kuchyn I., Bezverkhyi D. BAND GAPS IN SEISMIC METAMATERIALS : TWO-LAYER UNIT CELL AND DESIGN MAPS.....	406
Shekhorkina S., Bezverkhyi D., Kuchyn I. SOUND TRANSMISSION LOSS OF AN ECO-WALL WITH CLT AND STRAW INSULATION.....	408
Ішутіна Г. С., Байрамов М. О. АНАЛІЗ СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ.....	409
Shashkina N., Druzhinina L., Sokolova K. PEDAGOGICAL ASPECTS OF COMPILING AN EDUCATIONAL DICTIONARY OF SPECIAL TERMS.....	411
Литвин В. І. ОПТИМІЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ.....	412

UDC 624.154.5

PRESTRESSED PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE MICROPILES FOR FOUNDATION STRENGTHENING

Balagurak Y. I.

Lviv Polytechnic National University

balagurak@gmail.com

Problem statement. Reconstruction of heritage buildings and densifying urban environments require foundation strengthening with minimal environmental impact, low noise and vibration, and compatibility with existing structures. Micropiles – small-diameter piles installed with compact equipment – are increasingly applied where conventional driven piles are impractical. However, ensuring high bearing capacity and buckling resistance at small cross-sections remains challenging, particularly for long, segmented members.

Purpose of the study. To substantiate the effectiveness of prestressing in prefabricated reinforced-concrete micropiles assembled from short sections, focusing on crack control, stability, and bearing capacity; and to outline a practical assembly approach using a central threaded tendon tightened to a design torque, suitable for confined sites [3–5].

Research results. The proposed micropile concept uses modular sections (0.75 m length; 300×300 mm cross-section) with a central channel (Ø15 mm) for a high-strength threaded tendon (Ø12–16 mm). Sections are joined by couplers; prestress is introduced post-assembly by torque-controlled tightening, generating an initial compressive field that offsets service tensile stresses and improves flexural stiffness. Compared with non-prestressed micropiles of the same geometry, the prestressed option demonstrates: (1) higher crack resistance and durability; (2) increased ultimate bearing capacity due to delayed cracking and improved section stiffness; (3) reduced material consumption for the same design load; (iv) better performance during transport and installation due to reduced risk of damage [1; 6; 7].

Table 1

Comparison of non-prestressed vs prestressed micropiles

Criterion	Non-prestressed micropiles	Prestressed micropiles
Crack resistance	Prone to cracking at service loads	Cracks suppressed at service; higher crack onset load
Durability	Reduced due to crack-induced steel corrosion	Improved due to crack control and compressive prestate
Bearing capacity	Limited by early cracking and second-order effects	Higher ultimate load ($\approx +20\text{--}30\%$ in comparable geometry)
Material efficiency	Higher concrete/steel demand for same load	Lower material demand at equal capacity

Conclusions. Prestressing introduced through a central threaded tendon after assembly provides a practical route to enhance the structural performance of modular micropiles in constrained urban works. It delays cracking, increases stability, and can reduce material consumption while remaining fully compatible with Ukrainian norms for pile design and field testing. The approach is particularly suitable for strengthening foundations of existing buildings where low-noise, low-vibration techniques are mandatory [2–4; 8].

References

1. Лебеда О. Ф., Корнієнко М. В., Мовчан В. О., Приступчук В. В. Застосування здавлюваних мікропалі при влаштуванні фундаментів нового будинку в умовах існуючої забудови. Київ, 2013.
2. Лебеда О. Ф., Корнієнко М. В., Мовчан В. О., Воронюк О. А. Дослідження несучої здатності багатосекційної вдавленної палі невеликого діаметру в ґрунтових умовах київського лесового плато. Київ, 2008.

3. Демчина Б. Г., Моркляник Б. В., Базилевич Я. О. Вдосконалення методики розрахунку та виготовлення паль, що вдавлюються в ґрунт через монолітну плиту. *Будівельні конструкції*. Вип. 50. 1999. С. 77–81.
4. Демчина Б. Г., Базилевич Я. О., Моркляник Б. В. Експериментальне дослідження під час вдавлювання паль для підсилення фундаментів. Львів, 2000.
5. Демчина Б. Г., Кунанець Ю., Волосецький Н. Вимірювання зусиль під підшвою палі за допомогою спеціальної вимірювальної пластини.
6. Bruce D. B., Juran J. L. Drilled and Grouted Micropiles : State-of-Practice Review. FHWA, 1997.
7. Eurocode 7 : Geotechnical Design. CEN, 2004.
8. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018.

UDC 004.77

DATA-DRIVEN FRAMEWORK FOR AI-ENHANCED ROAD SAFETY IN UKRAINIAN CITIES: A DELPHI-VALIDATED CASE PROPOSAL FOR DNIPRO

Balashov Andrii¹, Student, **Trehub Oleksandr**², Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Balashova Yuliia³, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Lando Yevhen⁴, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.)

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹22023-ada.balashov@365.pdaba.edu.ua, ²tregub.olexandr@pdaba.edu.ua,

³balashova.yuliia@pdaba.edu.ua, ⁴lando.evgen@pdaba.edu.ua

Abstract. The proliferation of data and Artificial Intelligence (AI) presents a transformative opportunity for enhancing urban road safety. While high-income nations have made strides in deploying AI-driven safety platforms, there is a critical gap in tailored frameworks for the specific socio-technical contexts of developing and transitional economies, such as Ukraine. This study aims to fill this gap by proposing a comprehensive, evidence-based framework for an AI- enhanced road safety platform applicable to Ukrainian cities, with a specific focus on Dnipro.

Problem Statement. Road Traffic Accidents (RTAs) remain a persistent global crisis, disproportionately affecting low- and middle- income countries (LMICs), where over 90 % of the world’s road fatalities occur [1]. Within the European context, Ukraine exhibits one of the highest RTA fatality rates, posing a severe public health and economic burden that costs the nation an estimated 3–5 % of its annual GDP. Major urban centers like Dnipro, a critical industrial and logistical hub, function as the epicenters of this challenge. They are characterized by complex multimodal traffic dynamics, aging infrastructure, and a diverse mix of road users, all of which contribute to a heightened and difficult-to-manage risk environment [2].

The traditional paradigm of road safety management is fundamentally reactive. It relies on the analysis of historical crash data – police reports of injuries and fatalities – to identify and treat “blackspots”, or hazardous road locations. While this approach has yielded safety improvements, it is inherently inefficient and ethically problematic. Interventions only occur after a significant number of incidents, often including severe injuries or fatalities, have already taken place. Furthermore, this method is susceptible to regression-to-the-mean bias and suffers from the significant under-reporting of non-fatal accidents, which can be as high as 90 % in some contexts. The emergence of Urban AI – the application of artificial intelligence systems within the complex fabric of urban environments [3] – offers a paradigm shift from this reactive posture to a proactive and predictive one.

Pioneering projects in other nations, such as India’s iRASTE platform, have demonstrated the potential of fusing heterogeneous data streams from vehicle telematics, video analytics, and official reports to predict high-risk areas in real-time [4]. These systems leverage machine learning not merely to analyze the past, but to forecast future risk, enabling preemptive interventions [5; 6].

However, the direct transposition of such frameworks to the Ukrainian context is fraught with challenges. As highlighted by Yigitcanlar et al. [7], public perception and institutional readiness are critical factors in the adoption of AI in government services. Differences in data availability, quality, governance structures, driver behavior, and institutional capacity necessitate a bespoke approach [8; 9]. The principle that transportation solutions must be equitable and context-sensitive extends directly to the digital systems designed to manage them.

The research gap this study addresses is the absence of a comprehensive, sector-specific framework for AI-driven road safety that is explicitly tailored to the Ukrainian urban context. While general principles of AI ethics and application exist, they lack the specificity required to guide the complex technical and institutional task of building an effective urban safety platform.

Research Objective. Enhancing road safety in Ukrainian cities with artificial intelligence: the case of Dnipro.

Research Results. We derived the Proactive Safety for Ukraine (PROSA-UA) Framework. This validated model integrates global best practices with locally grounded expert consensus, offering a structured blueprint tailored to the Ukrainian urban context.

Conclusions. This study set out to develop a framework for an AI-enhanced road safety platform tailored to the specific socio-technical context of urban Ukraine. Through a rigorous two-phase methodology, we have proposed and validated the Proactive Safety for Ukraine (PROSA-UA) framework.

Future work must involve the phased implementation of a pilot project in a designated district of Dnipro. This would allow for the collection of real-world data to train and validate the predictive models proposed in this paper, and more importantly, it would serve as a living laboratory for forging the data-sharing agreements and institutional workflows that are critical for success. Such a project would not only refine the PROSA-UA framework but would also represent a significant step towards a proactive, data-driven culture of road safety in Ukraine, with the ultimate goal of saving lives and building safer, more resilient cities for the future.

References

1. World Health Organization, Global status report on road safety. 2023. URL: <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023>
2. Chao Wang, Mohammed A. Quddus and Stephen G. Ison. The effect of traffic and road characteristics on road safety : a review and future research direction. *Safety Science*. Vol. 57, August 2013, pp. 264–275. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.012>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092575351300060X>
3. Mennatullah Hendawy and Lamiaa Ghaz. A starting framework for urban AI applications. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 15, iss. 11, November 2024, p. 102987. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102987>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447924003629>
4. Project iRASTE : A Technological Revolution in India's Road Safety (04.12.2024). URL: <https://roadsafety.asia/project-iraste-a-technological-revolution-in-indias-road-safety/>
5. Ni Dong, Helai Huang and Liang Zheng. Support vector machine in crash prediction at the level of traffic analysis zones : Assessing the spatial proximity effects. *Accident Analysis & Prevention*. September 2015. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.05.018>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457515002018>
6. Sayeeda B. Ayaz, Hengliang Tian, Song Gao and Donald L. Fisher. Proactive route choice with real-time information : Learning and effects of network complexity and cognitive load. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*. Vol. 149, April 2023, p. 104035. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104035>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X23000244>
7. Tan Yigitcanlar, Rita Yi Man Li, Prithvi Bhat Beeramoole and Alexander Paz. Artificial intelligence in local government services : Public perceptions from Australia and Hong Kong. *Government Information Quarterly*. Vol. 40, iss. 3, June 2023, p. 101833. URL: <https://doi.org/>

[10.1016/j.giq.2023.101833](https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101833); <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740624X23000333>

8. Bernardo Gomes, José Coelho and Helena Aidos. A survey on traffic flow prediction and classification. *Intelligent Systems with Applications*. Vol. 20, November 2023, p. 200268. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200268>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305323000935>

9. Chao Wang, Mohammed A. Quddus and Stephen G. Ison. A streaming-data-driven method for freeway traffic state estimation using probe vehicle trajectory data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Vol. 606, 15 November 2022, p. 128045. URL: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128045>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437122006537>

UDC 004.8:625.7

HIERARCHICAL MULTI-PHYSICS NEURAL OPERATORS FOR SPATIOTEMPORAL PREDICTION OF ROAD PAVEMENT DETERIORATION: A COMPREHENSIVE FRAMEWORK INTEGRATING QUANTUM-ENHANCED FEATURE EXTRACTION FROM HIGH-DENSITY POINT CLOUD DATA

Balashov Andrii¹, Student, **Demianenko Viktor**², Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Balashova Yuliia³, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Ishutina Hanna⁴, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.)

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹andbalashov@hotmail.com, ²v.v.demianenko@ust.edu.ua,

³yu.b.balashova@ust.edu.ua, ⁴h.s.ishutina@ust.edu.ua

Abstract. This study presents a methodology for predicting the complex spatiotemporal evolution of road pavement deterioration mechanisms by synthesizing high-dimensional LiDAR point cloud analysis with deep learning architectures based on the fundamental principles of continuum mechanics. We present a computational framework that transcends conventional pavement degradation modeling through the deployment of hierarchical multi-physics neural operators (HMPNOs) enhanced with quantum-inspired feature extraction algorithms.

Problem Statement. Traditional empirical and mechanistic-empirical models, despite their historical value, generally lack the complex mathematical structures necessary to reflect the complex multiphysical phenomena that determine road surface wear at various spatial and temporal scales [1]. The advent of high-density mobile LiDAR scanning technologies has opened up unprecedented opportunities for comprehensive infrastructure characterization, enabling the acquisition of point cloud datasets with spatial resolution approaching millimeter accuracy over kilometers [2]. However, the transformative potential of these huge high-dimensional datasets remains largely unrealized due to the lack of sophisticated computational frameworks capable of extracting useful predictive information from such complex geometric and radiometric information [3; 4].

Simultaneously, the field of scientific machine learning has witnessed remarkable advances through the development of physics-informed neural networks (PINNs) and neural operators, which embed fundamental physical principles directly into deep learning architectures [5; 6].

This research addresses these fundamental challenges through the development of a comprehensive hierarchical multi-physics neural operator (HMPNO) framework that seamlessly integrates quantum-enhanced point cloud processing, sophisticated tensor-based feature extraction, and physics-informed deep learning architectures. Our methodology represents a paradigmatic shift from reactive infrastructure management toward proactive, physics-based predictive modeling capable of generating high-fidelity spatiotemporal forecasts of pavement degradation across multiple distress mechanisms.

Our hierarchical neural operator architecture employs a sophisticated ensemble approach that decomposes the complex multi-physics problem into a series of coupled sub-problems, each

addressed by specialized neural network modules designed to capture specific physical phenomena. The integration of these modules is achieved through a novel attention-based coupling mechanism that dynamically weights the contributions of different physical processes based on local environmental conditions and material properties inferred from the initial point cloud analysis.

Extensive validation of our framework has been conducted using a comprehensive dataset acquired from a 7-kilometer segment of the M-30 highway near Dnipro, Ukraine. This dataset comprises eight contiguous segments with a total of over 64 million georeferenced measurement points, providing unprecedented spatial resolution for infrastructure analysis. The temporal validation extends across 18 months of simulated degradation, incorporating realistic traffic loading patterns, seasonal environmental variations, and material aging effects derived from extensive field monitoring programs.

Research Objective. Generating accurate and high-resolution predictions of road pavement conditions to optimize maintenance planning, resource allocation, and cost analysis throughout the entire lifecycle.

Research Results. The practical deployment of our hierarchical multi-physics neural operator framework within comprehensive digital twin architectures represents a transformative advancement for infrastructure asset management. The integration framework establishes seamless connectivity between real-time monitoring systems, predictive analytics modules, and decision support interfaces optimized for engineering practice.

The digital twin architecture employs a federated data model that accommodates diverse input streams including mobile Li-DAR scanning, embedded sensor networks, weather monitoring stations, and traffic counting systems. Real-time data fusion algorithms ensure consistent spatial and temporal alignment across heterogeneous data sources while maintaining uncertainty quantification throughout the processing pipeline.

The predictive analytics engine operates continuously in background mode, updating degradation forecasts as new observational data becomes available. The Bayesian updating framework enables progressive refinement of model parameters based on comparison between predicted and observed pavement conditions. This iterative learning capability ensures that the digital twin maintains accuracy over extended operational periods while adapting to changing environmental conditions and traffic patterns.

Conclusions. This research created a computational environment that radically changes the paradigm of infrastructure wear modeling by integrating quantum deep learning with the rigorous principles of continuum mechanics. The hierarchical multiphysical architecture of neural operators successfully copes with the extreme complexity inherent in real road systems, while remaining fully consistent with the fundamental physical laws that govern road pavement phenomena.

References

1. Raissi M., Perdikaris P. and Karniadakis G.E. Physics-informed neural networks : a deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*. Vol. 378, pp. 686–707, 2019. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.10.045>
2. Guan H., Li J., Yongtao Yu, Wang C., Chapman M. and Yang B. Using mobile laser scanning data for automated extraction of road markings. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 87, pp. 93–107, 2014. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.11.005>
3. Zhang C. and Elaksher A. An unmanned aerial vehicle-based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. Vol. 27, no. 2, pp. 118–129, 2012. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2011.00727.x>
4. Ma L., Li Y., Li J., Wang C., Wang R. and Chapman M.A. Mobile laser scanned point-clouds for road object detection and extraction : a review. *Remote Sensing*. Vol. 10, no. 10, pp. 1531, 2018. URL: <https://pure.bit.edu.cn/en/publications/mobile-laser-scanned-point-clouds-for-road-object-detection-and-e>
5. Jagtap A.D., Kharazmi E. and Karniadakis G.E. Conservative physics-informed neural networks on discrete domains for conservation laws : Applications to forward and inverse problems.

Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. Vol. 365, pp. 113028, 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113028>

6. Biamonte J., Wittek P., Pancotti N., Rebentrost P., Wiebe N. and Lloyd S. Quantum machine learning. *Nature*. Vol. 549, no. 7671, pp. 195–202, 2017. URL: <https://doi.org/10.1038/nature23474>

UDC 004.8:624.131

FORECASTING DIFFERENTIAL BUILDING SETTLEMENT WITH DEEP LEARNING : A CASE STUDY OF MECHNIKOV HOSPITAL

Balashov Andrii¹, Stud., **Ishutina Hanna**², Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Balashova Yuliia³, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Golovko Oleksiy⁴, Sen. Res., Cand. Sc. (Tech.)

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹andbalashov@hotmail.com, ²h.s.ishutina@ust.edu.ua,

³yu.b.balashova@ust.edu.ua, ⁴pgasa.golovko@gmail.com

Abstract. This study This paper adopts the structure and methodology of recent studies on deep learning in geotechnics, applying advanced neural network models – including Artificial Neural Networks (ANN), Long Short-Term Memory (LSTM), and Gated Recurrent Unit (GRU) networks – to predict the long-term settlement of a multi-block Mechnikov Hospital.

Problem Statement. Foundation settlement can lead to structural damage such as cracking or tilting of buildings if not predicted and mitigated. Consolidation settlement is the gradual subsidence of a structure as excess pore water pressures dissipate under load. Traditional approaches for settlement prediction include analytical consolidation theories and observational methods that extrapolate field measurements [1]. Two well-known observational techniques are the Hyperbolic method and Asaoka’s method. Asaoka’s method [2] uses successive settlement increments to estimate final settlement, while hyperbolic curvefitting methods plot settlement versus time to project the ultimate value. These techniques are simple and have been widely used; however, they often underperform when data are limited or soil conditions deviate from ideal assumptions. In the case of complex soil-structure interaction, such as a large hospital building on heterogeneous ground, observational predictions can be unreliable. Indeed, conventional predictions for consolidation settlement at some sites have erred by up to 1.5 m, leading to serious structural issues. There is a pressing need for more robust predictive models that can learn from monitoring data and capture nonlinear, time-dependent soil behavior.

Machine learning (ML) and deep learning (DL) approaches have emerged as powerful alternatives for time-series prediction in geotechnical engineering [3; 4]. By training on historical settlement data, ML models can implicitly learn complex consolidation behavior without requiring explicit analytical formulations. In particular, deep neural networks such as LSTM and GRU – known for their capability in sequence modeling – are well-suited to capture the temporal dependencies in settlement records [5–7]. Recent studies have shown that DL models can significantly outperform traditional empirical methods in settlement prediction. For example, developed ANN, LSTM, and GRU models for clay settlement forecasting and achieved ~58 % lower prediction error (in terms of RMSE) compared to hyperbolic and Asaoka extrapolations [1]. These models also reduced the variability of predictions, with the GRU model demonstrating the highest accuracy and consistency. Such successes motivate the application of deep learning to other structural settlement problems.

This paper presents a case study of applying deep learning algorithms to predict the long-term settlement of the multi-block Mechnikov Hospital. This building has undergone extensive geodetic monitoring from 1994 due to ongoing settlement issues. Observations indicate that while absolute settlements (total vertical displacement) in some parts of the foundation are moderate, uneven (differential) settlements between adjacent parts of the structure are pronounced and have caused cracking at block joints. By leveraging the measured settlement history of multiple points (“marks”)

on the building, we train ANN, LSTM, and GRU models to forecast future settlements. We compare their performance and discuss how the models can be used to predict when the building's foundation will stabilize (settlement rates <1 mm/year).

Research Objective of this paper is to develop and evaluate deep learning models for forecasting the ongoing uneven settlement of the Mechnikov Hospital, with the goal of achieving higher accuracy and stability compared to conventional observational methods.

Research Results. Our deep learning approach inherently captures such patterns because it treats each marker series individually; however, a possible extension of this work could be a multi-output model that predicts all marker settlements simultaneously while enforcing spatial correlation. That could further improve predictions of differential settlement (e. g., using graph neural networks or multi-variate LSTMs).

From a geotechnical perspective, the success of the DL models in this case demonstrates that even with relatively infrequent monitoring data, machine learning can discern the underlying consolidation behavior. The models effectively learned the Terzaghi-like consolidation curve (rapid initial settlement followed by asymptotic approach to final value), despite not being explicitly given that equation. This suggests that ML can serve as a complement to classical methods: one could use it to flag when observational methods are likely to be in error (for instance, if an Asaoka plot yields a final settlement that deviates significantly from the ANN/LSTM/GRU prediction, engineers might investigate further). Moreover, once a model is trained, it can be updated with new data and continuously improve its predictions – a form of real-time learning that fits into the “observational method” philosophy but with a modern twist.

Conclusions. The integration of deep learning algorithms into geotechnical forecasting represents a promising advancement. It leverages the evergrowing monitoring datasets to improve safety assessments and design validations. The Mechnikov Hospital case exemplifies that even for existing structures with challenging settlement behavior, modern AI techniques can extract actionable insights. Future work may explore hybrid physics-informed neural networks that incorporate consolidation theory into the model architecture, potentially further enhancing predictive capability while maintaining interpretability. For the engineering community, embracing these tools with proper understanding can lead to more resilient and well-monitored civil infrastructure.

References

1. Seongho Hong, Min-Ho Lee, Byeong-Soo Yoo, Tae-Young Kwak and Sung-Ryul Kim. Application of Deep Learning Algorithms for Predicting Consolidation Settlement. *KSCE Journal of Civil Engineering*. Vol. 29, iss. 1, January 2025, p. 100072. URL: <https://doi.org/10.1016/j.kscej.2024.100072>
2. Asaoka A. Observational procedure of settlement prediction. *Soils and Foundations*. Vol. 18, 1978, pp. 87–101.
3. Meisenbacher S., Turowski M., Phipps K., Rätz M., Müller D., Hagenmeyer V., et al. Review of automated time series forecasting pipelines. *Wiley Interdisciplinary Reviews : Data Mining and Knowledge Discovery*. Vol. 12, 2022, p. E1475. URL: <https://arxiv.org/pdf/2202.01712>
4. Zhang N., Zhou A., Pan Y. and Shen S.-L. Measurement and prediction of tunnelling-induced ground settlement in karst region by using expanding deep learning method. *Measurement*. Vol. 183, 2021, Article 109700. URL: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109700>
5. Chen X.-X., Yang J., He G.-F. and Huang L.C. Development of an LSTM-based model for predicting the long-term settlement of land reclamation and a GUI-based tool. *Acta Geotechnica*. 2023, pp. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1007/s11440-022-01749-5>
6. Xu Y., Pan P. and Xing C. Dam Settlement Prediction Based on Random Error Extraction and Multi-Input LSTM Network. *Journal of Surveying Engineering*. Vol. 148, 2022, Article 04022006. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000400](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000400)
7. Kanayama M., Rohe A. and L.A. van Paassen. Using and improving neural network models for ground settlement prediction. *Geotechnical and Geological Engineering*. Vol. 32, 2014, pp. 687–697. URL: <https://doi.org/10.1007/s10706-014-9745-8>

UDC 004.77

SPATIO-TEMPORAL GRAPH ATTENTION NETWORK FOR REAL-TIME DAMAGE LOCALIZATION IN PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES UNDER OPERATIONAL LOADING

Balashov Andrii¹, Student, **Medvediev Kostiantyn**², Assoc. Prof., Cand. Sc. (Phys.-Math.),

Balashova Yuliia³, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Usychenko Olena⁴, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.)

^{1,3}*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies,*

^{2,4}*National Transport University*

¹andbalashov@hotmail.com, ²kostiantyn.medvediev@ntu.edu.ua,

³balashova.yuliia@pdaba.edu.ua, ⁴fbbk@ukr.net

Abstract. Structural Health Monitoring (SHM) is critical for ensuring the safety and serviceability of civil infrastructure. This paper introduces a novel deep learning framework, the Spatio-Temporal Graph Attention Network (STGAT-SHM), for real-time damage localization in complex structures.

Problem Statement. The aging of civil infrastructure worldwide presents a formidable challenge to engineers and asset managers [1]. Prestressed concrete bridges, in particular, are a cornerstone of modern transportation networks, yet their complex internal stress states make them vulnerable to insidious damage mechanisms that are difficult to detect with conventional visual inspection [2]. Failures in prestressed concrete systems, such as tendon corrosion or anchorage slippage, can drastically reduce structural capacity with minimal external manifestation, potentially leading to catastrophic outcomes [3]. This necessitates a paradigm shift from periodic, manual inspections to continuous, automated Structural Health Monitoring (SHM) systems [4].

Vibration-based SHM methods have emerged as a promising approach, operating on the principle that structural damage alters the dynamic properties (e.g., natural frequencies, mode shapes) of a structure [5]. However, these changes are often subtle and can be masked by environmental and operational variations (EOVs), such as temperature fluctuations and traffic loading [6]. Early attempts to automate damage detection relied on extracting modal parameters, a process that is itself computationally intensive and sensitive to noise [7].

The advent of machine learning (ML) and, more recently, deep learning (DL), has opened new frontiers in SHM [8]. Models such as Convolutional Neural Networks (CNNs) and Recurrent Neural Networks (RNNs), including Long Short-Term Memory (LSTM) units, have been successfully applied to raw sensor data to circumvent the fragile process of feature engineering. CNNs excel at capturing local patterns in time-series data, analogous to feature extraction in image processing, while LSTMs are designed to model temporal dependencies [9]. However, these models have inherent limitations. Standard CNNs and LSTMs treat sensor data as a regular grid or sequence, failing to explicitly model the underlying physical topology of the structure and the spatial relationships between sensor locations. To address this spatial information gap, Graph Neural Networks (GNNs) have been introduced to the SHM domain [10]. By representing the sensor network as a graph, where nodes are sensors and edges represent physical or influential connections, GNNs can learn features that respect the structure’s geometry.

Research Objective. This paper proposes a novel architecture, the Spatio-Temporal Graph Attention Network (STGAT-SHM), that synergistically combines the strengths of graph representation and temporal attention mechanisms.

Research Results. Through extensive experiments on a high-fidelity FEM-generated dataset, we demonstrated that STGAT-SHM achieves state-of-the-art performance, significantly surpassing traditional machine learning and standard deep learning models in terms of accuracy, F1-score, and robustness to noise. The model’s interpretability, analyzed through attention weight visualization, further validates its ability to learn physically meaningful features from raw sensor data. The results strongly suggest that the proposed methodology is a promising candidate for developing next-generation, real-time SHM systems. Future work will focus on three key areas: (1) validating the

model on experimental data from a laboratory-scale bridge model, (2) extending the framework to not only localize but also quantify the severity of damage, and (3) investigating methods for transfer learning to adapt a pre-trained model to a new, different structure with minimal retraining.

References

1. Mayank Mishra, Paulo B. Lourenço and Ramana G.V. Structural health monitoring of civil engineering structures by using the internet of things : a review. *Journal of Building Engineering*. Vol. 48, 1 May 2022, p. 103954. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103954>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235271022101812X>
2. Mauricio Sanchez-Silva, Georgia-Ann Klutke and David V. Rosowsky. Life-cycle performance of structures subject to multiple deterioration mechanisms. *Structural Safety*. Vol. 33, iss. 3, May 2011, pp. 206–217. URL: <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2011.03.003>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167473011000105>
3. Mark G. Stewart and David V. Rosowsky. Time-dependent reliability of deteriorating reinforced concrete bridge decks. *Structural Safety*. Vol. 20, iss. 1, 1998, pp. 91–109. URL: [https://doi.org/10.1016/S0167-4730\(97\)00021-0](https://doi.org/10.1016/S0167-4730(97)00021-0); URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167473097000210>
4. Young-Jin Cha, Wooram Choi and Oral Büyüköztürk. Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 23 March 2017. URL: <https://doi.org/10.1111/mice.12263>; URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/14678667>
5. Miroslav Pastor, Michal Binda and Tomáš Harčarik. Modal Assurance Criterion. *Procedia Engineering*. Vol. 48, 2012, pp. 543–548. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.551>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812046140>
6. Mohsen Mousavi and Amir H. Gandomi. Structural health monitoring under environmental and operational variations using MCD prediction error. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 512, 10 November 2021, p. 116370. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116370>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X21004235>
7. J.E. Mottershead and M.I. Friswell. Model Updating In Structural Dynamics : a survey. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 167, iss. 2, 22 October 1993, pp. 347–375. URL: <https://doi.org/10.1006/jsvi.1993.1340/>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X83713404>
8. Young-Jin Cha, Rahmat Ali, John Lewis and Oral Büyüköztürk. Deep learning-based structural health monitoring. *Automation in Construction*. Vol. 161, May 2024, p. 105328. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105328>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580524000645>
9. Chencho, Jun Li and Hong Hao. Structural damage quantification using long short-term memory (LSTM) auto-encoder and impulse response functions. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*. Vol. 3, iss. 2, June 2024, p.100086. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iintel.2024.100086>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772991524000057>
10. Jie Zhou, Ganqu Cui, Shengding Hu, Zhengyan Zhang, Cheng Yang, Zhiyuan Liu, Lifeng Wang, Changcheng Li and Maosong Sun. Graph neural networks : a review of methods and applications. *AI Open*. Vol. 1, 2020, pp. 57–81. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aiopen.2021.01.001>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666651021000012>

UDC 001.891:620.9:681.518:004.9

USE OF DIGITAL TWIN AND GAMIFICATION TO EMPOWER CITIZENS ENABLING A SMOOTH ENERGY TRANSITION AND PROMOTING SUSTAINABLE BEHAVIOURS WITH ENERGENIUS

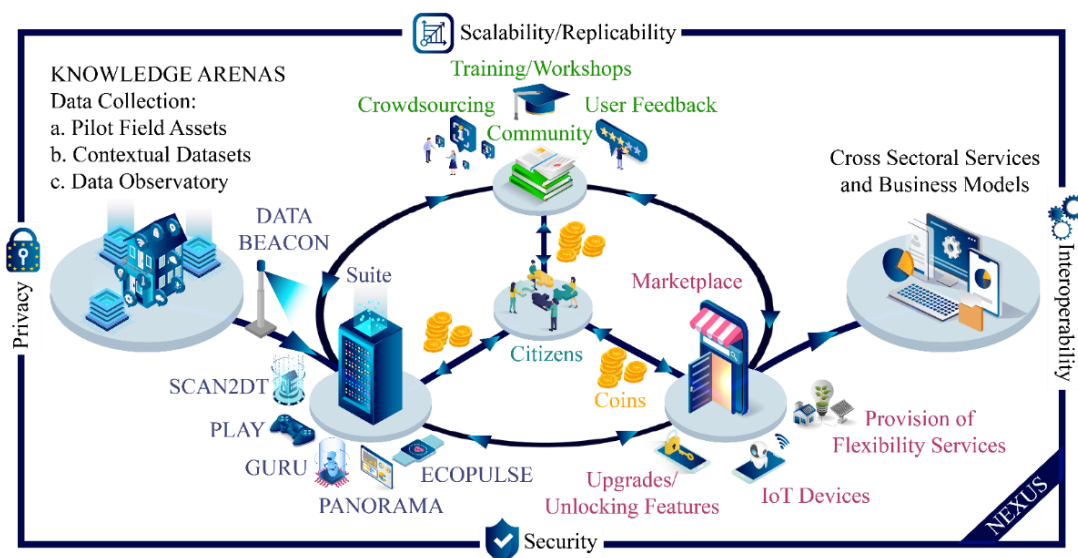
Barrachina Pablo, Industrial Engineer, Project Manager,
Master's Degree in Energy Efficiency at Miguel Hernandez University (UMH)
Licentiate in Industrial Engineering and Master's Degree in Renewable Energy
at Polytechnical University of Cartagena (UPCT), Spain,
My Energia Oner, SL (VOLTIVA Energy)
pablo.barrachina@miwenergia.com

Abstract. The ENERGENIUS project, co-funded by Horizon Europe programme, reimagines how citizens, businesses, and communities interact with energy. By integrating cutting-edge digital tools, AI-driven insights, gamification, and expertise from 9 cross-sectorial data spaces called “knowledge arenas”, ENERGENIUS empowers users to make smarter energy choices.

Problem Statement. The energy transition requires not only technological innovation but also policy reform, consumer engagement and behavioural change [1]. To this end, in 2015 the Energy Union framework strategy [2] envisions that citizens spearhead the energy transition, benefit from novel technologies, and actively participate in the market. Additionally, the concept of the 'energy citizen', introduced by the BRIDGE CCE WG [3] in May 2022, encapsulates the roles and responsibilities in the consumer-actor relationship within the energy sector for building a clean, fair, and inclusive European energy system. In October 2022, the EU action plan for Digitalizing the Energy System [4] assigns great importance to creating digital services that meet the needs, skills, conditions, habits and expectations of different categories of participants, following a “leave no one behind” strategy, stating that “there is no transition towards clean energy without a plan for digital”.

Research Objective. ENERGENIUS provides an innovative pathway dedicated to cultivating an inclusive, community-driven energy transition, firmly aligned to the ethos of 'Leave No One Behind'.

ENERGENIUS adopts a multi-disciplinary approach that integrates a) cutting-edge Digital Tools and Services, b) a Symbiotic Ecosystem, c) Innovative Engagement Methods and d) a secure, interoperable and scalable Data and Service Framework. The project is shaping a holistic omni-channel experience with the citizens at the centre.



At its core is ENERGENIUS Suite, a one-stop-shop digital platform providing a wide range of interlinked services, including digital twin models, serious games, cross-sectoral dashboards, marketplace and AI-driven recommendations. This robust ecosystem integrates data not only from the energy sector but also across other sectors (e.g.: healthcare, mobility and tourism). The goal is to deliver customized AI-powered solutions for energy efficiency and sustainability.

Research Results. Two of the tools to be developed in ENERGENIUS are Scan to Digital Twin (S2DT) and ENERGENIUS PLAY (ENPLAY) which will be presented below.

The S2DT produces an accurate virtual 3D replica of the user's home and associated energy devices. By employing advanced scanning technologies such as LiDAR and photogrammetry, coupled with AI-driven reconstruction algorithms, S2DT captures complex details of residential 3D models and energy setups and converts them into dynamic digital twins. A distinctive innovation of this tool is its privacy-by-design approach. The scanning system will automatically ignore any human being or any other object not part of energy consumption.

To maximize engagement, the 3D model output of the S2DT is augmented with the ENPLAY, a serious game that lets players move inside the 3D replica of their own homes and engage in real-world energy management scenarios that deepen their understanding of energy usage and of its impacts.

ENPLAY, a tool designed for citizens, creates an engaging and educational experience that empowers individuals to participate in energy management and sustainability activities. Through immersive simulations and interactive scenarios, users gain a comprehensive understanding of energy consumption patterns, and their environmental impacts. By making informed decisions within the virtual environment, citizens can experiment with various strategies to reduce energy consumption, adopt renewable sources, and optimize their home setups.

These innovative tools are integrated with the advanced AI algorithms of the GURU, the project AI advisory tool which assists users with personalized energy recommendations and investment strategies to achieve energy efficiency. The combination of precise digital twinning and gamified learning empowers individuals, promotes energy-conscious behaviours and strengthens collective responsibility, enabling citizens to contribute to a greener and more resilient energy future.

Conclusions. ENERGENIUS envisions a future where every citizen is at the heart of the energy transition. The project aims to make energy management inclusive, ensuring equal access to tools and resources for individuals, businesses, and communities. By combining sustainability, technology, and engagement, ENERGENIUS democratizes energy solutions, driving efficiency, awareness, and adoption of renewable energy sources (RES) across Europe.

References

1. Steg, L., Shwom, R. and Dietz T. What drives energy consumers? Engaging people in a sustainable energy transition. *IEEE Power and Energy Magazine*. 2018, vol. 16 (1), pp. 20–28. Article 8246641. URL: <https://doi.org/10.1109/MPE.2017.2762379>
2. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee, The Committee Of The Regions And The European Investment Bank. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. *COM(2015) 80 final*. 2015. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF
3. European Commission : Directorate-General for Energy, Herbemont, S. d., Höffken, J. I., Ktenidis, P., Roberts, J. et al., *Exploration of citizen engagement methodologies in European R&I projects – Consumer & citizen engagement working group*. Publications Office of the European Union, 2023. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/536458>.
4. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Digitalising the energy system - EU action plan. *COM/2022/552 final*. 2022. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0552>

ON THE CONCEPT OF TEACHING PHILOSOPHY AT TECHNICAL UNIVERSITIES

Bernát Libor¹, PhDr., ThMgr., CSc., **Zajacová Janka²**, JUDr., PhD.

^{1,2}*Department of the Humane Sciences, Faculty of Civil Engineering,
Slovak University of Technology in Bratislava*

¹libor.bernat@stuba.sk, ²janka.zajacova@stuba.sk

Abstract. In this study, we address the issue of teaching philosophy at technical universities, focusing on key themes and problems that must correspond to the questions currently posed to engineers. We abstract from ethical issues typically discussed within engineering ethics and concentrate instead on problems related to the philosophy of science.

Problem Statement. Currently, we are confronted with the challenge of teaching humanities subjects at technical universities – particularly regarding their scope, content, significance, and above all, practical applicability. On one hand, students recognize the importance of humanities education; on the other hand, the majority of them have graduated from vocational secondary schools and lack foundational knowledge in philosophy, sociology, and psychology, while history was taught only to a limited extent. Technical universities incorporate philosophy courses into their curricula in various ways. For example, at the Czech Technical University in Prague, Peter Zamarovský lectures on the course *The Story of Ancient Philosophy*, which connects classical philosophical themes from antiquity with scientific and technical contexts. At the Technical University of Dortmund (Technische Universität Dortmund), the philosophy of technology has been taught by professors such as Klaus Kornwachs, Armin Grunwald, Alfred Nordmann, and other experts specializing in the philosophy of technology, ethics of science, and interdisciplinary research. Similar analyses could be conducted for other prominent technical universities. The issue of one-sided education was already highlighted by Ladislav Votruba in 2003. As a remedy, he proposed a return to the Greek concept of *paideia* – that is, education and cultivation in contrast to barbarism, or more broadly, what is elaborated as creativity. His primary demand remains the development of independent and critical thinking, which manifests, for instance, in a student's ability and willingness to ask questions, analyze problems, and formulate their own positions [1; 2].

Research Objective. The aim of this study is to highlight the importance of the subject, define key themes, and emphasize its relevance for future professional practice or potentially for doctoral studies. Philosophy, being a vast discipline with a multitude of established problems, requires a focused approach when taught at technical universities. Based on surveys, questionnaires, and practical experience, we identify core topics suitable for instruction in this context. Consequently, disciplines such as the philosophy of mathematics, philosophy of physics, and philosophy of chemistry are excluded from our scope. Similarly, we do not delve into deeper explorations of the history of philosophy or the history of the philosophy of science, as these would exceed the framework of an introductory course.

Research Results. In today's postmodern, post-factual, and post-truth era – which shapes the thinking of the younger generation, including university students – the need for critical thinking has become increasingly urgent. Critical thinking (κριτικός, Greek for “to separate, decide, judge, distinguish”) refers to the ability to independently assess a given problem based on relevant facts. It stems from the recognition that human thought is fallible. Although human rationality is expressed through thought and action, it is constrained by cognitive biases, prejudices, and limited information. Knowledge about the world is valid only to the extent that it is grounded in independent, verifiable evidence. Critical thinking therefore involves a degree of certainty that we either accept or reject. The search for certainty in cognition is one of philosophy's most fundamental pursuits. As such, critical thinking avoids first impressions, general opinions, and the urgency of information. It is essential not to adopt traditional views uncritically, to maintain intellectual distance, and above all, to allow for a plurality of perspectives. A personal, independent, and critical viewpoint must be formed on the basis of knowledge and experience.

Beyond introductory content, core philosophical themes suitable for technical education include ontological problems – such as cosmological questions, chaos theory, relativity, and quantum conceptions of the world. Central philosophical issues, both from the standpoint of critical thinking and epistemology, involve questions of truth, genuine knowledge, and probability in the process of cognition. Within the domain of probability, it is particularly important to analyze epistemic, logical, propensitional, and especially subjective probability.

Today, false information, deepfakes, and other forms of manipulation increasingly infiltrate both scientific discourse and the media space – a consequence of the internet’s expansion and insufficient education. This underscores the importance of understanding scientific inquiry methods: analogy, abstraction and concretization, analysis and synthesis, induction and deduction, abduction, and methodological choices such as observation and experimentation. Introducing the concept of experimentation across various sciences – its classification and methodological frameworks – proves especially important for students. This leads to discussions on hypothesis formation, categorization, and particularly the processes of verification or falsification, as outlined in Karl Raimund Popper’s seminal work *The Logic of Scientific Discovery*. Closely related is the topic of theory construction. Equally significant is the role of philosophical razors in formulating scientific hypotheses – including those of Occam, Popper, Hume, Hanlon, and others. Hypotheses and theories ultimately lead to the formulation of laws – or objective laws – and the scientific image of reality.

A third major area involves questions concerning science and the philosophy of science – that is, the nature of science, the distinction between science, pseudoscience, and protoscience, and the demarcation problem. The scientific model thus becomes a tool in countering conspiracy theories. Without a grasp of argumentation, the strength of arguments, and the use of relevant facts, it is impossible to effectively refute manipulative claims – a skill that is especially vital in today’s media landscape. A deeper understanding of science requires familiarity with Thomas Samuel Kuhn’s concept of scientific revolutions, particularly the notion of paradigms and the distinction between discourse and narrative. This raises the prognostic question of whether the development of critical thinking and science should be viewed optimistically or pessimistically. Contemporary times pose numerous questions about the relationship between philosophy and specialized sciences and technologies – such as cybernetics, artificial intelligence, and others. In doing so, they also address the enduring question: *What is the role of philosophy for today’s engineers in a postmodern and post-factual world?* [3–5].

Conclusion. In the framework of teaching philosophy at technical universities, it proves beneficial to focus on questions of epistemology, philosophy of science, and scientific methodology. Given that we have already pointed out the lack of knowledge in other social sciences – such as psychology, sociology, and ethics – it is advisable to partially integrate philosophy instruction with these disciplines.

This interdisciplinary approach fosters the development of students’ critical thinking, which they can apply in professional practice and further education [3–5].

References

1. Votruba L. Developing the Creativity of Technicians. Prague : Academia, 2000.
2. Bernát L., Hric M. and Mocker M. Teaching Social Communication at Technical Universities. In: Jan Amos Komenský. A Reference to the Culture of Education. Prague : Academia, 2009, p. 758.
3. Losee J. A Historical Introduction to the Philosophy of Science. Oxford, New York : Oxford University Press, 1985.
4. Coulter J. Chance, cause and conduct: probability theory and the explanation of human action. In Philosophy of Science, Logic and Mathematics in the Twentieth Century. Ed. S. Shanker. London–New York : Routledge, 1996, pp. 266–291.
5. Lenk H. Philosophie im technologische Zeitalter. Stuttgart-Berlin-Cologne-Mainz : Kohlhammer, 1971.

UDC 711.4

INNOVATIVE STRATEGIES FOR DESIGNING PSYCHO-REHABILITATION SPACES IN THE URBAN ENVIRONMENT : THE CASE OF DNIPRO

Bondarenko K. Y.¹, Stud., **Tovstik T. M.**², Assoc. Prof.,
Shashkina N. I.³, Cand. Sc. (Philology), Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹uabondarenko2003@gmail.com, ²tovstyk.tamara@pdaba.edu.ua,

³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Problem Statement. In contemporary urban contexts, the issue of safeguarding psychological well-being has become increasingly urgent. Accelerated lifestyles, information saturation, and the profound impact of warfare create an acute demand for spatial environments that can both support and restore mental health. As one of Ukraine’s major industrial centers, the city of Dnipro requires innovative approaches to population rehabilitation. A promising direction lies in creating architectural environments oriented toward mental recovery, combining rehabilitation centers with publicly accessible stress-relief zones.

Aim and Objectives. The study seeks to perform a comprehensive analysis of architectural principles for shaping rehabilitation facilities within the modern urban fabric. Particular attention is given to the relationship between spatial qualities and the psychological state of individuals, as well as to the search for design solutions that foster psycho-emotional recovery. The research objectives include:

- analyzing global and national practices in the development of rehabilitation spaces;
- investigating correlations between urban elements and the psychological comfort of residents;
- designing a concept of an innovative rehabilitation center in Dnipro, complemented by stress-relief areas;
- formulating architectural solutions aimed at relaxation, resocialization, and psychological support for diverse social groups (veterans, internally displaced persons, people with disabilities, youth, etc.);
- integrating such spaces into the broader urban structure in line with principles of sustainability, inclusivity, and social cohesion.

Research Findings. Contemporary architecture increasingly prioritizes the human dimension and its inner states. Within this framework, design of rehabilitation environments moves beyond conventional medical functions, incorporating psychological, emotional, and social aspects.

The research outlines a typology of spatial features proven to benefit mental well-being: access to daylight and natural ventilation, use of natural materials, incorporation of greenery and water elements, integration of art and sensory routes, and the provision of both collective and individual therapy zones.

Dnipro, as a hub of adaptation and community resilience, is seen as a suitable context for implementing innovative rehabilitation models. The proposed concept emphasizes integration of natural, architectural, social, and technological components.

The study advances a multi-level system model, combining:

1. Green and therapeutic spaces (parks, quiet streets, small gardens);
2. Art and interactive features (urban galleries, installations, digital interfaces for emotional self-assessment);
3. Centers for therapy and resocialization, designed for group and individual support.

Special emphasis is placed on community participation, interdisciplinary collaboration, and the application of contemporary urban design strategies. International experience (Netherlands, Japan, Sweden) highlights the effectiveness of small-scale interventions such as “green rooms”, therapeutic landscapes, and micro-installations in enhancing urban well-being.

Conclusions.

1. Architecture can serve as an effective instrument of rehabilitation, influencing not only physical but also psychological health.
2. Establishing a rehabilitation center in Dnipro, supported by a network of stress-relief zones, will help create a new urban model oriented toward psycho-emotional well-being.
3. Effective outcomes require a multidisciplinary approach combining architecture, psychology, urban planning, and landscape design.
4. Future research should focus on assessing the impact of specific spatial strategies on emotional states and on adapting international best practices to Ukrainian realities.
5. Implementation of such projects will contribute to improving quality of life, strengthening social integration, and harmonizing the urban environment.

References

1. Gehl Jan. Cities for People. Island Press, 2010. [Electronic resource]. URL: <https://www.scribd.com/document/584002723/Cities-for-People-by-Jan-Gehl>
2. Ulrich R.S. View through a window may influence recovery from surgery. Science. 1984, vol. 224, no. 4647, pp. 420–421. [Electronic resource]. URL: <https://lebonheurestdanslejardin.org/wp-content/uploads/2019/06/ulrich-1984.pdf>
3. Space for happiness. How the place affects our mental health. LIGA.Life. [Electronic resource]. URL: <https://life.liga.net/poyasnennya/article/prostranstvo-dlya-schastya-kak-gorod-vliyaet-na-nashe-mentalnoe-zdorove>
4. Architecture of therapy : materials of the conference “Place as a place of renewal.” Lviv: National University “Lviv Polytechnics”, 2023. [Electronic resource]. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/may/30404/11.pdf>

UDC 624.04:519.6

RATIONAL DESIGN OF LAYERED PHONONIC CRYSTALS FOR VIBRATIONS AND NOISE CONTROL USING THE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Danishevskyy Vladyslav¹, Dr.Sc., Prof., **Savytskyi Mykola**², Dr.Sc., Prof.,
Haidar Anastasiia³, PhD, Assoc. Prof., **Bezverkhyi Dmytro**⁴, PhD Stud.

ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”

of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹v.v.danishevskyy@ust.edu.ua, ²m.v.savytskyi@ust.edu.ua, ³a.n.gaidar@ust.edu.ua,

⁴bezverkhyi.dmytro@365.pdaba.edu.ua

Phononic crystals are heterogeneous metamaterials with a periodic internal structure designed specifically to control the propagation of elastic waves. Successive reflections and refractions of local waves at the interfaces between the constitutive components lead to a number of remarkable dynamic effects which can never be observed in homogeneous solids, such as band gaps, negative refraction, dynamic anisotropy, localization, etc. For comprehensive reviews of the subject, we refer to Maldovan [1] and Hussein et al. [2].

When the wavelength of a travelling wave decreases and becomes comparable to the characteristic size of the microstructure, phononic crystals reveal a sequence of pass and stop frequency bands. If the frequency of the signal falls within a stop band, a stationary wave is excited and neighbouring heterogeneities (e.g., particles) vibrate in alternate directions. In such a case, the amplitude of the global wave at the macro level attenuates exponentially, so no propagation is possible. This effect enables a number of practical applications like wave filtering, guiding, sensing, and cloaking. In Civil Engineering, phononic crystals can be used to protect buildings from noise, vibrations, and seismic impacts, see for example Xiang et al. [3], Shi et al. [4], Yan et al. [5], Aravantinos-Zafiridis and Sigalas [6], Annapurna and Lokavarapu [7].

A challenging problem is to design the microstructure of phononic crystals to attain desired dynamic properties (e.g., filtering of sounds and vibrations in a targeted frequency range). From the mathematical point of view, this is a non-linear optimization problem and, in generally, such problems can be nonconvex. They may be treated by different approaches (see, for example, Ruzschiński [8]). In recent years, nature-inspired methods of artificial collective intelligence are being rapidly developed providing a number of advantages comparing to the classical procedures [9]. In this study, a new approach to determine the rational design of phononic crystals is proposed basing on the method of particle swarm optimization (PSO).

PSO presents an artificial simulation of the phenomenon of collective intelligence, which is observed in many decentralized biological systems like ant colonies, bee swarms and flocks of birds [10]. This is a metaheuristic procedure, whose mathematical convergence cannot be justified rigorously. However, it provides effective solutions for numerous practical applications (see, for example, reviews by Poli [11], Bonyadi and Michalewicz [12]). The advantages of PSO are as follows: (a) no gradient information is required; (b) there are no constraints on the types of objective functions and their parameters, in particular, PSO can be applied to problems with discontinuous functions and mixed-variable problems; (c) being correctly tuned, the method avoids trapping in local extrema and provides a global search over the entire search space; (d) an efficient computational implementation (allowing also the parallel computing).

We consider propagation of longitudinal elastic waves through 1D phononic crystals consisting of periodically alternating layers of two different materials. Let the stiff layer be manufactured from unplasticised polyvinyl chloride (UPVC) and the soft layer from an elastomer material (e.g., polyurethane or rubber). The properties of the materials are given in Table 1.

The dispersion relation is obtained and the attenuation coefficient is evaluated using the Floquet-Bloch approach [13]. Then, we wish to predict the size of the periodic unit cell of the crystal and the volume fractions of the constitutive components so that to prohibit the transmission of vibrations (50Hz) and noise (500Hz). The objective function is the magnitude of the attenuation coefficient, which needs to be maximized.

Table 1

Materials properties

	Young's modulus, Pa	Volume density, kg/m ³
UPVC	$4.0 \cdot 10^9$	1600
Elastomer	$1.6 \cdot 10^6$	1100

As an illustrative example, Fig. 1 displays the attenuation coefficient for noise with a frequency of 500Hz depending on the thickness l of the unit cell and the volume fraction c of the soft layer. The constraint conditions are as follows: $0.03\text{m} < l < 0.13\text{m}$, $0 < c < 1$. We can observe that within the distinguished search domain the objective function has several local extrema and exhibits a valley-type behaviour in the vicinity of the global maximum. Both of these factors introduce additional complexity into the optimization process and adversely affect convergence behaviour.

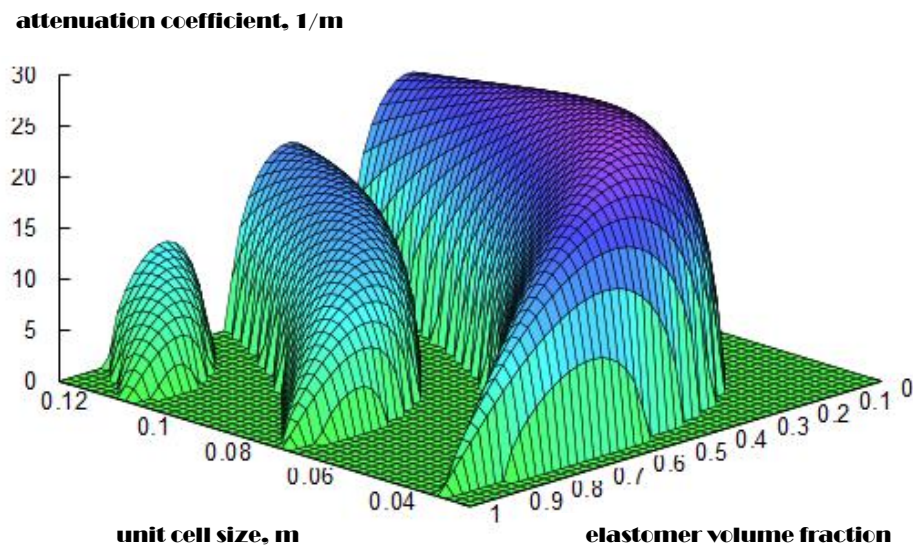


Fig. 1. Attenuation coefficient of noise at 500Hz

The optimization problem is solved by the PSO method employing the population of 16 particles. The search procedure is terminated at the 16th iteration when all particles stop close to the point of the maximal value of the objective function. For the case of vibrations at 50Hz, the solution is developed in the same way. The obtained results are summarized in Table 2. It should be noted that the numerical data at 50 Hz and at 500 Hz are comparable, differing only by a scaling factor of ten.

Table 2

The optimal parameters of the phononic crystals

Frequency, Hz	Thickness of the unit cell, m	Volume fraction of elastomer	Volume fraction of UPVC	Attenuation coefficient, m ⁻¹
50	0.61	0.34	0.66	2.59
500	0.061	0.34	0.66	25.9

We can conclude that the PSO provides a fast and efficient approach to determine the optimal design of phononic crystals for filtering sounds and vibrations. The results of the study indicate that the unit cell size should be commensurate with the wavelength, while the attenuation coefficient increases with frequency. Therefore, phononic crystals are more suitable for the control of high-

frequency sound waves, enabling more compact structural configurations and enhanced attenuation efficiency.

Acknowledgments. This work is supported by the EU Horizon 2020 project “Effective Factorisation techniques for matrix-functions: Developing theory, numerical methods and impactful applications”, grant ID 101008140.

References

1. Maldovan M. Sound and heat revolution in phononics. *Nature*. 2013, vol. 503, pp. 209–217. URL: <https://doi.org/10.1038/nature12608>
2. Hussein M.I., Leamy M.J. and Ruzzene M. Dynamics of phononic materials and structures: historical origins, recent progress, and future outlook. *Appl. Mech. Rev.* 2014, vol. 66, p. 040802. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4026911>
3. Xiang H.J., Shi Z.F., Wang S.J. and Mo Y.L. Periodic materials-based vibration attenuation in layered foundations: experimental validation. *Smart Mater. Struct.* 2012, vol. 21, p. 112003. URL: <http://dx.doi.org/10.1088/0964-1726/21/11/112003>
4. Shi Z., Cheng Z. and Xiang H. Seismic isolation foundations with effective attenuation zones. *Soil Dyn. Earthq. Eng.* 2014, vol. 57, pp. 143–151. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2013.11.009>
5. Yan Y., Laskar A., Cheng Z., Menq F., Tang Y., Mo Y.L. and Shi Z. Seismic isolation of two dimensional periodic foundations. *J. Appl. Phys.* 2014, vol. 116, p. 044908. URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4891837>
6. Aravantinos-Zafiris N. and Sigalas M.M. Large scale phononic metamaterials for seismic isolation. 2015, vol. 118, p. 064901. URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4928405>
7. Annapurna J.K. and Lokavarapu B.R. Acoustic metamaterials: An alternate for noise, vibration, and harshness problems. *Sens. Actuator A-Phys.* 2025, vol. 394, p. 116937. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2025.116937>
8. Ruszczyński A. Nonlinear Optimization. Princeton University Press, Princeton, 2006, 464 p. URL: <https://doi.org/10.2307/j.ctvc4m4hcj>
9. Simon D. Evolutionary optimization algorithms: biologically-inspired and population-based approaches to computer intelligence. Hoboken, New Jersey, Wiley, 2013, 784 p.
10. Eberhart R., Shi Yu. and Kennedy J. Swarm Intelligence. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2001, 512 p.
11. Poli R. Analysis of the publications on the applications of particle swarm optimization. *J. Artif. Evol. Appl.* 2008, p. 685175. URL: <https://doi.org/10.1155/2008/685175>
12. Bonyadi M.R. and Michalewicz Z. Particle swarm optimization for single objective continuous space problems: a review. *Evol. Comput.* 2017, vol. 25, pp. 1–54. URL: https://doi.org/10.1162/EVCO_r_00180
13. Andrianov I.V., Awrejcewicz J. and Danishevskyy V.V. Linear and Nonlinear Waves in Microstructured Solids : Homogenization and Asymptotic Approaches. Boca Raton, CRC Press, 2021, 250 p. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003146162>

UDC 624.042 + 539.3 + 539.4 + 519.67

MODELING OF PROGRESSIVE DYNAMIC FAILURES IN FRAME STRUCTURAL SYSTEMS WITH COMPLEX DISSIPATIVE BEHAVIOR CONSIDERING LOCALIZED CONTACT INTERACTIONS

Davydov I. I.¹, PhD, Assoc. Prof., **Chaban V. P.**², PhD, Assoc. Prof., **Vershkova Yu. S.**³, Stud.,
Volchok D. L.⁴, DSc, Assoc. Prof., **Kovtun-Horbachova T. A.**⁵, PhD, Assoc. Prof.

¹⁻⁵*ESI “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹i.i.davydov@ust.edu.ua, ²v.p.chaban@ust.edu.ua, ³vershkova.yuliia@gmail.com,

⁴denys.l.volchok@365.pdaba.edu.ua, ⁵t.a.kovtun_horbachova@ust.edu.ua

Problem Statement. In the context of military actions and the increasing number of accidents at critical infrastructure facilities, the task of analyzing the resistance of structures to progressive collapse and seismic protection requires not simplified energy-based approaches [1], but models that take into account bond rupture and collapse after reaching a critical deformation – energy criterion, nonlinear and wave effects [2], collapse localization, contact effects during collapse [3], and hybrid modeling methods capable of describing contact and friction [4], as well as the dynamic development of damage and failure with consideration of local contacts and material dissipation [5]. However, progressive collapse is often not considered in real-time scale with local effects. There are no recommendations on accounting for nonlinear dissipation (dissipative properties depending on amplitude, frequency, contact state, contact velocity), changes in the bond structure during collapse (element activation–deactivation), transitions between sliding and sticking with hysteresis (as in the Prigogine–Yakovenko model), micro–macro mechanics coupling (from node level to structural system level), and bond degradation.

Research Aim. Development of a mathematical model and a corresponding numerical algorithm for simulating the processes of progressive dynamic collapse of structural systems with damage localization, complex dissipative structure, and localized contact zones. The model is designed to account for nonlinear effects such as dry friction, gaps, sticking, unilateral constraints, stochastic impulsive excitations for a multi-mass structural system with localized contact interactions, including impulse-dependent dissipation and sticking at contact zones combined with an adaptive contact degradation scheme.

Research Results. The formulation of a discrete mass model with contacts is carried out using differential equations of motion (second order) [6], considering dry friction (Coulomb model, viscous friction, two-step friction, etc.), unilateral contacts (through Lagrange multipliers or regularization), gaps (gap/contact model), damping (hysteresis, structural dissipation), branched failure trajectories (if-conditions, state filtering, phase transitions), and hybrid FEM+DEM methods for simulating post-failure dynamics with phase control between system states. Implementation is carried out in Python. Verification is performed using laboratory test data of steel beams and frames on vibration stands.

The novelty of the model lies in the combination of a discrete approach [6] with energy-based degradation criteria [1] for elements and contacts, which allows to account for staged failure, load redistribution, and interaction with local dissipation sources.

Examples of dynamic frame modeling are presented, where the frame is considered as a nonlinear system with unilateral contact realized through additional elastic restoring force, local stiffness at impact, gap effect (contact activation only after displacement exceeds a threshold), friction (Coulomb, Stribeck-type), nonlinear stiffness (cubic term in the elastic element between masses), rheology (Voigt model: spring + dashpot, Schofield–Scott Blair model for decaying viscosity and long-term aftereffects, Maxwell model: spring and dashpot in series), and branched connections of a multiconnected structure. Figure 1 shows an example of a vibrogram for the frame model, demonstrating fractures – transitions through gaps; oscillation loops of different sizes – stochastic impulse excitations; decay – dissipation (dry friction with sticking); elastic limited-displacement frame connections. The phase portrait shows system energy variations due to impulses, friction, and gaps. This enables analysis of damage localization through abrupt trajectory

changes or amplitude growth, dissipation characterization, assessment of system stability – transition rate to chaotic oscillations, and identification of energy traps due to sticking regimes.

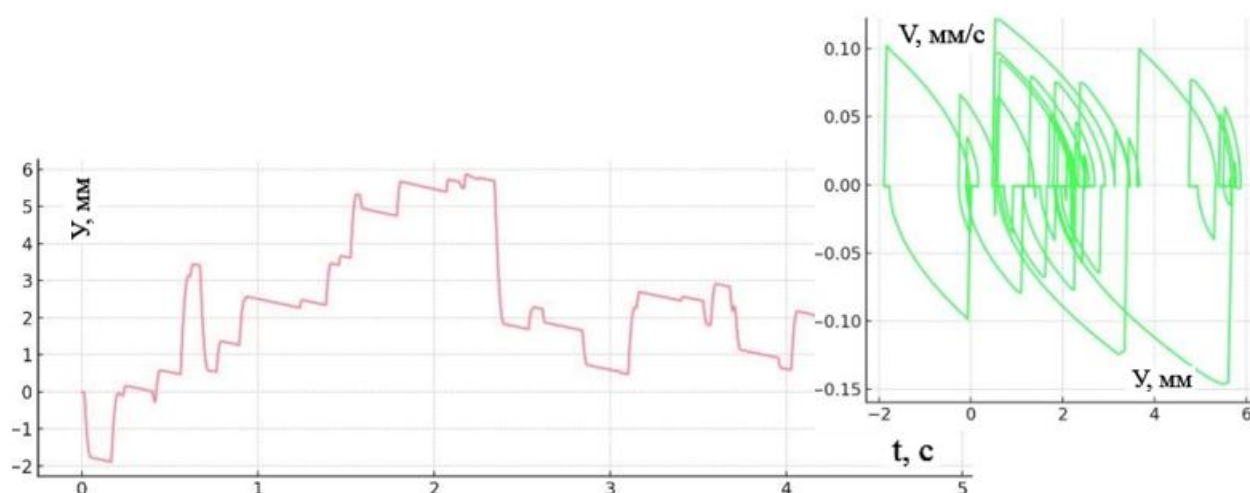


Fig. 1. Vibrograms for the frame model and phase portrait

Conclusions. A generalized mathematical formulation is proposed for discrete dissipative systems with variable contact, including stick–slip behavior and dry friction, within the framework of nonsmooth mechanics. A numerical integration algorithm for equations of motion was developed, accounting for unilateral constraints and localized contact interactions with stochastic load components. Comparison of simulation results with real scenarios of progressive collapse made it possible to identify critical configurations of contact interactions in frame systems.

References

1. Bažant Z.P. and Zhou Y. Why Did the World Trade Center Collapse? *Simple Analysis. Journal of Engineering Mechanics*. 2002, vol. 128 (1), pp. 2–6. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\) 0733-9399\(2002\)128:1\(2\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE) 0733-9399(2002)128:1(2)).
2. Wittel F., Kröplin B. and Busse G. Damage and its Evolution in Fiber-Composite Materials: Simulation and Non-Destructive Evaluation. 2006, pp. 1–22. Books on Demand. ISBN 3-930683-90-3.
3. Masoero E., Wittel F.K., Herrmann H.J. and Chiaia B.M. Progressive collapse mechanisms of brittle and ductile framed structures. *Journal of Engineering Mechanics*. 2010, vol. 136 (8), pp. 987–995. [Електронний ресурс]. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0000143](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000143).
4. Jihong Ye. and Nian Qi. Combination of DEM/FEM for Progressive Collapse Simulation of Domes Under Earthquake Action. *International Journal of Steel Structures*. 2018, vol. 18, no.1, pp. 305–316.
5. Yang X., Gao W., Liu W. and Li F. A dynamic coupling model of peridynamics and finite elements for progressive damage analysis. *International Journal of Fracture*. 2023, vol. 241 (1), pp. 27–52. [Електронний ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1007/s10704-022-00687-3>.
6. Kulyabko V.V. and Davydov I.I. Laboratory of dynamics and diagnostics of constructions. *Archives of Civil Engineering*. Vol. 49, no. 3, Warsaw : Polish Academy of Sciences, Institute of fundamental technological research, 2003, pp. 25–50.

UDC 624.042:338.124.4

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS UNDER SPECIAL CONDITIONS

Dikarev B. M.¹, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Prof., **Dikarev K. B.**², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
Seletskiy V. V.³, Postgrad. Stud., **Koval V. V.**⁴, Master

¹⁻⁴*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹dikarevboris47@gmail.com, ²dikarev.kostiantyn@pdaba.edu.ua, ³fcnfenix24@gmail.com,
⁴valery.valeriyovich.koval.27@gmail.com

Abstract. The construction sector plays a vital role in shaping a country’s economic growth, particularly during the challenging times of post-conflict recovery. Traditional methods of organizing and carrying out construction work often fall short when faced with tricky situations like building tall structures, working in crowded city areas, or tackling sites with limited access to tools and materials. This study sets out to create a clear conceptual and methodological framework for bringing innovative technologies into construction and installation tasks, with a focus on adapting to unique environmental, organizational, and technological hurdles. It blends theoretical exploration, a detailed classification of these special conditions, and a thorough review of both global and local practices in areas like digitalization, modular construction, automation, and the use of smart materials. The results show that these innovative approaches can truly transform the industry by boosting efficiency, safety, and sustainability, though they need to fit within the regulatory frameworks of Ukraine and Europe.

Keywords: construction innovation; special conditions; modular construction; BIM; automation; smart materials

Introduction. The construction industry in Ukraine stands as a key player in driving national recovery, breathing new life into infrastructure, and building economic resilience, especially in tough times. Yet, the task of carrying out construction and installation work under special conditions throws some serious challenges at traditional methods, pushing us to rethink how we approach the job. These conditions range from tricky geographical and climatic factors to crowded urban settings, risky zones, and the unique demands of wartime building projects. As Serdyuk T. and Plyatsok M. point out, innovation in this field is a big factor in staying competitive, relying on smart resource use and a push toward technological upgrades [1]. Looking at global examples, it’s clear that digitalization, automation, and sustainable practices are leading the way in shaking up the industry for the better [2].

Materials and Methods. The methodological foundation of this research is built on a comprehensive and structured approach, starting with a systematic analysis of current Ukrainian and international studies focused on innovation within the construction sector. This step involves diving into a wide range of academic papers, industry reports, and practical case studies to understand how new ideas and technologies are shaping building practices globally and locally. By exploring these sources, the study aims to identify key trends and gaps, ensuring that the findings are grounded in a solid evidence base that reflects both the global cutting edge and the specific challenges faced in Ukraine. This analytical process serves as a critical starting point, laying the groundwork for a deeper investigation into how innovation can be tailored to meet local needs.

Building on this foundation, the research employs a classification approach to define and categorize the special conditions under which construction and installation works are carried out, drawing heavily on regulatory documents such as DBN A.3.1-5:2016 and DBN V.1.2-12:2008, alongside insights from scientific sources. This method helps break down complex environments – like high-risk zones or dense urban areas – into manageable groups, making it easier to pinpoint the factors that influence construction methods. Additionally, a comparative analysis is used to evaluate a range of technological solutions, including modular construction, prefabrication, and digital modeling through Building Information Modeling (BIM), assessing their effectiveness and adaptability across different contexts. The study concludes with a synthesis of global and domestic

best practices, carefully adapting these insights to fit Ukraine’s unique realities, such as resource limitations and post-conflict recovery needs, ensuring practical relevance and applicability [3].

Results. This study pinpoints five key groups of special conditions that shape how construction works are carried out: geographical and natural factors, challenges from urban density and spatial limits, safety and risk-related issues, technological and structural demands, and organizational and regulatory hurdles. Each of these groups throws its own set of challenges at us, pushing for tailored construction methods and technologies that can handle the pressure. We found that innovative fixes – like prefabricated and modular systems, planning with BIM (Building Information Modeling), robotics, drones, and smart materials – hold a lot of promise for tackling these obstacles effectively [4].

Discussion. Bringing innovative technologies into play for those tricky construction conditions calls for a well-rounded approach that we can really dig into. On one side, these innovations do wonders for boosting efficiency and keeping things safe on the job site – pretty exciting stuff! But on the flip side, they come with a hefty price tag and need a workforce that’s skilled up to handle them, which can be a challenge. In Ukraine, it’s clear we need to make sure these new ideas line up with our current building codes and even the tougher European standards. Plus, with the wartime mess we’re dealing with, there’s a big push for quick, adaptable solutions that don’t waste resources. Looking at how it’s done internationally, mixing digital tools with modular tech seems like a solid way to pave the path for recovery and a modernized future [2–3].

Conclusions. This research really drives home the point that innovation isn’t just a nice-to-have – it’s a must-have and a real game-changer for shaking up the construction sector, especially under those special conditions. Breaking down the constraints into clear categories gives us a solid base to pick the right technologies for the job. Rolling out modular construction, BIM, automation, and smart materials looks like the way to go for making projects adaptable, efficient, and sustainable. Moving forward, we should zero in on fine-tuning these methods, getting stronger support from regulations, and figuring out how to put them into action on a big scale.

References

1. Serdyuk T. Features of innovative activity in building enterology. *Materials and Design in Construction*. 2018, vol. 25, no. 2, pp. 134–139. URL: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2018-2-134-139>
2. Tsyba O. Management of innovative development of construction enterprises : realities and prospects. *Naukovi pratsi NDFI*. 2023, vol. 2023, no. 2, pp. 130–149. URL: <https://doi.org/10.33763/npndfi2023.02.130>
3. Zhukova O. and Nehoda N. The influence of the climate of the urbanized territory and the main parameters of building. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*. 2023, no. 65, pp. 119–128. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.119-128>
4. Данилюк Т., Мурафа Т. Сучасні тенденції інноваційного розвитку будівельної галузі України : міжнародна практика. *Economic Journal of Lesya Ukrainka Volyn National University*. 2025, vol. 4, no. 40, pp. 40–47. URL: <https://doi.org/10.29038/2786-4618-2024-04-40-47>
5. Dikarev B.M., Dikarev K.B., Seletskyi V.V., Koval V.V. and Kutsenko-Skokova A.O. Proposals for changes in codification and updating of the laws of Ukraine on urban planning activities. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2025, no. 3 (027), pp. 43–49.
6. Seletskyi V.V., Papirnyk R.B. and Mospan V.I. Innovative technologies for performing construction and installation works in special conditions. SEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 2024. URL: <http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/15057/1/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf>
7. Papirnyk R.B., Dikarev K.B., Seletskyi V.V. and Koval V.V. Implementation of innovative technologies for performing construction and installation works in special conditions. SEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 2024. URL: <http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/14195/1/PAPIRNYK.pdf>

UDC 624.042:005.336.1

INNOVATIVE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL METHODS FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS IN COMPLEX CONDITIONS

Dikarev K. B.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., **Papirnyk R. B.**², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
Koval V. M.³, Postgrad. Stud., **Koval V. V.**⁴, Master

¹⁻⁴*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹dikarev.kostiantyn@pdaba.edu.ua, ²ruslan.b.papirnyk@pdaba.edu.ua,

³koval.valeriy@365.pdaba.edu.ua, ⁴valery.valeriyovich.koval.27@gmail.com

Abstract. The construction industry stands out as a vital force in helping countries like Ukraine regain their footing and strengthen socioeconomic stability, particularly during the massive recovery push following widespread destruction. With roads, bridges, homes, and public buildings left in ruins, the urgency to rebuild quickly, safely, and intelligently has never been more apparent. This is about more than just putting up new structures – it’s about restoring livelihoods, creating jobs, and laying the groundwork for a resilient future. However, the traditional ways of building – leaning hard on manual labor, dragging along outdated and bulky static equipment, and lacking the flexibility to adapt – fall short in today’s world. These methods struggle especially when faced with safety risks like working at heights or in unstable zones, logistical headaches from damaged roads or limited access, and the constant pressure of scarce resources like materials or skilled workers.

This study jumps in to tackle these challenges head-on by diving deep into fresh organizational and technological approaches that could turn things around. We used a mix of tools to get a clear picture: factor analysis to figure out what drives success, variance analysis to spot differences between methods, and side-by-side comparisons to see what really works. The results are encouraging and full of potential. Ideas like modular construction – where parts are pre-built off-site and assembled quickly – along with automation that takes over repetitive tasks, and ergonomic tools designed to ease the strain on workers, are game-changers. They’ve shown they can ramp up productivity by cutting down idle time, keep workers safer by reducing accident risks, and save on costs by needing less manpower and fewer resources over time. It’s a promising step toward making Ukraine’s reconstruction not just fast, but smart and sustainable.

Problem Statement. Right now, building in Ukraine is hitting some major roadblocks thanks to widespread destruction from the war and scarce resources. The old ways of doing things drag out project timelines, ramp up safety risks, and drive up costs in ways that just aren’t sustainable. With modern reconstruction calling for smarter solutions, we need new organizational and technological ideas to tackle logistical headaches, make sites safer, and cut down on the heavy reliance on manual labor. Figuring out and putting these innovations into action has become a must-do, both for solid research and to help Ukraine recover for the long haul.

Purpose of the Study. The big goal here is to create and back up a practical method for picking and using new organizational and technological approaches in construction and installation work, especially when conditions get tough. This study wants to check how well these ideas work – looking at project timelines, how much labor they need, safety levels, and cost savings – while shaping them to fit Ukraine’s unique rebuilding needs.

Results. This study brought together a mix of number-crunching and expert opinions to get a full picture of how new construction methods stack up. When we dug into the data, the results were pretty eye-opening – innovative techniques consistently outshined the old ways in several key areas. For one, project timelines shrank by about 30-40% thanks to modular construction and prefabricated parts, which speed up the building process. Labor intensity also took a hit, dropping by 25–35 % with the help of automation and ergonomic tools that make work easier on people. Safety got a big boost too, with workplace incidents – especially in tricky or risky spots – falling by 20–30 %. Even labor costs came down, cutting 15–25 % depending on how widely these methods were used, showing real savings potential [1–4].

On the qualitative side, we leaned on interviews with experts who know the field well, and they gave us a lot to think about. They agreed that using modular platforms, lightweight cantilevers, and robotic systems could work well for Ukraine’s recovery projects, offering practical ways to get things done. But they also pointed out some hurdles – like the high initial costs to get started, the challenge of getting modular pieces to hard-to-reach sites, and the need to train workers with specialized skills. These insights help us see both the promise and the practical limits of these ideas, grounding our findings in real-world feedback.

The trends we saw here echo what’s been happening globally, where studies have shown similar wins. For example, pairing Building Information Modeling (BIM) with off-site construction has been proven to cut timelines and mistakes, while automation in modular building has slashed costs and sped up assembly. Reviews of modular methods also suggest they can scale up nicely, and regionally, there’s evidence that modular housing can be a quick fix in tough times. These connections show our findings fit into a bigger picture of how construction is evolving worldwide.

Conclusion. This research lays out a solid, well-thought-out framework that shows how innovative organizational and technological methods can really step up construction efficiency, especially under tough conditions. It’s clear these approaches tackle Ukraine’s pressing need to rebuild by shaving days or even weeks off project timelines, making work sites safer for everyone involved, and bringing down labor costs in a way that feels achievable. For example, using modular setups or smart tools not only speeds up the process but also cuts down on the heavy lifting that puts workers at risk, while saving money over time by needing fewer hands on deck. This kind of progress is a lifeline for a country racing to restore its infrastructure after so much damage.

But it’s not all smooth sailing – there are some hurdles to jump over. The upfront costs to get these new methods off the ground can be steep, and getting materials or equipment to remote or damaged sites can turn into a logistical nightmare. On top of that, workers need training to handle these advanced tools, which takes time and effort. To make it work, the study suggests taking it step by step with phased adoption – starting small and scaling up – running pilot projects to test the waters, and teaming up with technology providers who can offer support and know-how. Overall, this work adds valuable insights to the scientific side of things while offering practical, down-to-earth strategies for a sustainable recovery, putting these innovative methods front and center as essential tools to rebuild Ukraine’s future, one project at a time.

References

1. Luo H. et al. Building information modeling applications in off-site construction : a comprehensive analysis. *Architectural Science Review*. 2025, pp. 1–16. URL: <https://doi.org/10.1080/00038628.2025.2530614>
2. Ouda E. and Haggag M. Automation in Modular Construction Manufacturing : a Comparative Analysis of Assembly Processes. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 21, p. 9238. URL: <https://doi.org/10.3390/su16219238>
3. Zohourian M. et al. Modular Construction : a Comprehensive Review. *Buildings*. 2025, vol. 15, no. 12, p. 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings15122020>
4. Guzhova O.A. and Khairullin M.F. Using modular designs for the construction of temporary housing. *Urban Construction and Architecture*. 2022, vol. 12, no. 3, pp. 4–10. URL: <https://doi.org/10.17673/vestnik.2022.03.01>
5. Dikarev K.B., Papirnyk R.B., Koval V.M. and Tkach T.V. The role of state policy in stimulating the development of the construction industry in Ukraine during the war. Dnipro : ERI “Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 2025. URL: <http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/15672/1/DIKAREV.pdf>
6. Dikarev K.B., Papirnyk R.B., Koval V.M. and Tkach T.V. Relevance of modern technologies application in monolithic construction. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2024, no. 5 (023), pp. 77–85.

REUSE OF DEMOLITION BRICKS IN THE PRODUCTION OF PERMANENT FORMWORK UNITS

Dikarev Kostiantyn¹, PhD, Assist. Prof., **Volchok Denys²**, Dr. Sc., Prof.,
Movchan Oleksandr³, Postgrad. Stud.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹kdikarev@ukr.net, ²denys.l.volchok@pdaba.edu.ua, ³movchan.oleksandr@gmail.com

Abstract. This study examines the reuse of broken brick aggregate in concrete to produce permanent formwork blocks. Nine cube specimens were tested, yielding an average compressive strength of ~30 MPa. Estimated flexural strength and modulus of elasticity confirm suitability for medium-grade structural use. The approach reduces construction waste, conserves natural aggregates, and offers a sustainable path for Ukraine’s large-scale rebuilding efforts.

Problem Statement. For more than three years, the full-scale war in Ukraine has been causing catastrophic destruction of the built environment. According to the Kyiv School of Economics, by early 2025 nearly 236,000 residential buildings – including over 200,000 private houses – have been destroyed or damaged, which represents about 13 % of the country’s housing stock. In heavily affected cities such as Mariupol, Sievierodonetsk or Bakhmut the share of damaged housing can reach 50–90 % [1]. This devastation generates an unprecedented volume of construction debris measured in millions of tons: fragments of brickwork, reinforced concrete, stone, mortar and other materials that must be cleared or repurposed [2]. Calculations for a single destroyed five-story building with brick walls estimate almost 4,000 tons of brick waste alone, illustrating the scale of the problem nationwide.

Managing this waste poses escalating logistical, environmental and economic challenges. Landfill capacity is limited, long-distance hauling of rubble increases carbon emissions, and uncontrolled dumping risks soil and groundwater contamination [3]. At the same time, the war has disrupted supply chains for natural aggregates, making quarrying more expensive and environmentally sensitive. In such circumstances, reusing broken brick as a filler or aggregate in new concrete is no longer simply an option but a necessity. As noted in numerous studies of recycled brick aggregate concrete [4; 5], partial replacement of natural stone with crushed brick can yield structural mixes above 30 MPa compressive strength while conserving resources. It reduces pressure on landfills, cuts the demand for freshly quarried aggregates, and lowers material and transport costs, while at the same time improving thermal insulation of the finished products [6; 7]. By aligning proven recycled-aggregate practices with the country’s urgent rebuilding needs, it offers a pathway to turn debris into a valuable resource instead of an environmental burden.

Research Objective. The objective of this research is to evaluate the feasibility of using broken brick aggregate in concrete to produce permanent formwork blocks. It aims to assess the mechanical performance, durability, and sustainability benefits of such mixes, providing a basis for environmentally responsible and cost-effective rebuilding practices.

Research Results. Nine cube specimens of 100×100×100 mm concrete containing broken brick as coarse aggregate were cast and tested for compressive strength. The samples were arranged in three groups to evaluate repeatability. The recorded strengths were Group 1: 31.82, 30.74, 32.72 MPa, Group 2: 34.24, 24.25, 32.74 MPa, Group 3: 26.01, 29.35, 30.81 MPa.

Measurements of the finished 100×100×100 mm cubes showed that their actual dimensions ranged from 97 mm to 102 mm. Such a narrow tolerance band (±3 mm) indicates that the moulds and casting procedure produced blocks of consistent size with only minor deviations typical for laboratory specimens.

The average compressive strength of all nine specimens was 30.3 MPa with a standard deviation of 3.3 MPa, indicating a performance comparable to C25/30 structural concrete. Group 1 showed excellent uniformity (±1 MPa), Group 3 moderate variation, while Group 2 contained a clear outlier at 24.25 MPa, which reduced the group meaning from an otherwise ~33.5 MPa. This

suggests the mix can consistently achieve 30+ MPa but may require tighter quality control during mixing and compaction.

Flexural tensile strength was estimated as 3.0 MPa according to Eurocode/DBN correlations, which is sufficient for beams and slabs of medium-grade concrete. The modulus of elasticity (“Young’s modulus”) for concrete with normal aggregates can be estimated as 23 000 MPa, because brick aggregate is lighter and more porous than stone, but it’s still corresponding to typical values for medium-strength structural concrete.

Conclusions. Overall, the experiment demonstrates that concrete made with broken brick filler can achieve compressive strengths above 30 MPa with acceptable variability. Estimated flexural and elastic properties also fall within the ranges required for common structural applications. This confirms the material’s potential as a sustainable alternative to conventional concrete, provided proper mix design, pre-soaking of aggregates, and consistent curing are maintained.

References

1. Kyiv School of Economics. Report on damages to infrastructure from the destruction caused by Russia's military aggression against Ukraine as of January 2024.
2. CEE Property Forum & Awards Gala 2024. Vienna, Austria.
3. Trivedi, Shiv & Kannaujiya, Vipin. Comparative Study of Concrete Using Broken Bricks. *Broken Marbles and Broken Tiles as A Full Replacement of Coarse Aggregate*. 2020, vol. 9, pp. 189–194.
4. Mohammed T.U., Mahmood A.H., Sakib A., Khan F.A., Sopnil S.I. Fresh and Hardened Properties of Brick Aggregate Concrete with Maximum Aggregate Sizes of 10 mm to 75 mm. *Constr. Mater.* 2023, vol. 3, pp. 337–353.
5. Trivedi, Shiv & Kannaujiya, Vipin. Comparative Study of Concrete Using Broken Bricks. *Broken Marbles and Broken Tiles as A Full Replacement of Coarse Aggregate*. 2020, vol. 9, pp. 189–194.
6. Li, Li and Wei, Yujie and Li, Zongjin and Liu Shuhua. Impact of Recycled Brick Aggregate and Fertilizer on the Durability of Vegetative Concrete in Complex Environments.
7. Adamson M., Razmjoo A., Poursaee A. Durability of concrete incorporating crushed brick as coarse aggregate. *Construction and Building Materials*. Vol. 94, 2015, pp. 426–432. ISSN 0950-0618.

UDC 621.1:624.15

COMBINED THERMAL ENERGY SYSTEMS UTILIZING FOUNDATION STRUCTURES

Dikarev B. M.¹, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Prof., **Papirnyk R. B.**², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., **Stetsiuk Ya. O.**³, Postgrad. Stud., **Kutsenko-Skokova A. O.**⁴, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹dikarevboris47@gmail.com, ²ruslan.b.papirnyk@pdaba.edu.ua, ³aron27@ukr.net,

⁴skokova.pgasa@gmail.com

Abstract. Combined thermal energy systems that team up foundation structures – like energy piles, foundation heat exchangers, or even foundation walls with heat exchange pipes built in – look like a cool way to boost energy efficiency and sustainability in buildings. This study dives into the theory and design of these systems, checking out analytical and numerical modeling, running some experimental tests, and seeing how they hold up under different weather and ground conditions. The big takeaway is that foundation-based heat exchangers can cut down on initial setup costs and save space, all while keeping the thermal performance solid. But here’s the catch – getting the design just right means paying close attention to stuff like soil heat properties, the shape of the piles or walls, and how heat exchange plays out with the structure over the long haul.

Keywords: energy piles; foundation heat exchanger; geothermal foundations; combined thermal systems; numerical modeling; seasonal performance

Introduction. The push for greener building solutions has really sparked a wave of research, getting us excited about blending thermal energy systems right into the structural elements of a building. Foundation structures, which are always touching the ground anyway, give us a golden chance to tuck heat exchange features into them, cutting down on the need to drill extra boreholes or set up separate ground heat exchanger fields, which saves both time and space. Past studies have tackled foundation heat exchangers using both analytical and numerical models, and they’ve even tested these ideas with real-world experiments, showing us how they work in practice. On a bigger scale, some cool projects have tracked the thermo-mechanical behavior of energy foundations, giving us a clear picture of how they handle both structural loads and thermal duties under real-life conditions [1].

Digging deeper, this trend has reached Ukraine too, where researchers have jumped in with full-scale experiments using geothermal piles, proving they can totally work even in the chilly climate we deal with here. These explorations are opening up new possibilities for making buildings more energy-smart without overcomplicating the design process.

Materials and Methods. The research employs analytical modeling as a core technique, utilizing transient analytical models to assess heat transfer dynamics within foundation piles or walls. These models specifically explore configurations such as spiral coils or U-pipe foundation pile setups, providing a detailed understanding of how heat moves through these structures under varying conditions. This approach lays a solid groundwork for predicting thermal performance and serves as a starting point for further analysis.

Complementing the analytical work, numerical simulation plays a key role, relying on finite volume and finite element models to map out temperature distributions across the soil, foundation structure, and the circulating fluid. These simulations account for seasonal changes and the combined effects of structural loads, offering a comprehensive view of how the system behaves over time. This data is used to cross-check the models, comparing predicted fluid entering temperatures and heat fluxes with actual measurements to ensure accuracy and reliability [2].

Results. Comparisons between analytical and numerical models reveal that while simplified analytical models effectively capture general trends in heat transfer, detailed numerical models offer more precise predictions, particularly when dealing with transient and variable boundary conditions. These differences become more noticeable when factors like soil heterogeneity, moisture content, or seasonal freezing come into play, highlighting the limitations of simpler approaches in complex scenarios [3].

Full-scale tests of energy foundations indicate that thermal loads introduce additional stresses in concrete structures, yet these stresses remain comfortably within established design limits when properly factored into the planning process. Enhancing the system with multiple loops or continuous circuits significantly boosts heat flux per meter of foundation, improving overall efficiency. Meanwhile, experiments with geothermal piles in Ukraine’s cold climate demonstrate that energy pile foundations are not only practical but also deliver solid thermal performance throughout heating seasons. However, the long-term behavior of these systems, especially across multiple annual cycles, requires further monitoring and advanced modeling to ensure sustained effectiveness.

Discussion. Integrating foundation structural elements with heat exchange systems brings a range of synergistic benefits that catch the eye: it cuts down on extra excavation and land use, offers dual functionality by serving both structural and thermal purposes, and opens the door to potential cost savings, making it an appealing option for efficient building design. However, this approach ramps up design complexity, requiring models that can handle the tricky interplay between soil and structure, account for seasonal effects like freezing, track moisture dynamics, and factor in the impact of structural loads. On top of that, regulatory and safety concerns – such as thermal expansion and the long-term durability of concrete – need to be woven into updated design codes to keep everything safe and up to standard.

Conclusions. Foundation-based thermal energy systems, such as energy piles and foundation heat exchangers, prove to be smart combined solutions that handle both structural support and

thermal needs, cleverly shrinking the overall system footprint and cutting costs in the process. This dual-purpose approach makes them a practical choice for modern construction projects looking to save space and money. Analytical and numerical modeling tools play a crucial role in nailing down accurate predictions of how these systems perform, with simpler models coming in handy for early design sketches, while more detailed models step up to refine the final plans with precision. Experimental data, gathered from both Ukrainian and international efforts, show promising thermal performance even in cold climates, though it's clear that long-term studies and a closer look at how seasonal changes affect the system are vital for creating designs we can truly rely on. Moving forward, future research should zero in on multiannual performance, tackle durability challenges, work on fitting these systems into regulatory standards, and fine-tune geometry and materials to boost thermal exchange while keeping structural integrity rock-solid.

References

1. Murphy K.D., McCartney J.S. and Henry K.S. Evaluation of thermo-mechanical and thermal behavior of full-scale energy foundations. *Acta Geotechnica*. 2014, vol. 10, no. 2, pp. 179–195. URL: <https://doi.org/10.1007/s11440-013-0298-4>
2. Kuzyskyi I. Use of geothermal piles combined with pile foundations. *ScienceRise*. 2016, vol. 7, no. 2 (24), p. 14. URL: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.74642>
3. Xing L., Cullin J. R. and Spitler J.D. Modeling of foundation heat exchangers – Comparison of numerical and analytical approaches. *Building Simulation*. 2012, vol. 5, no. 3, pp. 267–279. URL: <https://doi.org/10.1007/s12273-012-0088-1>

UDC 069, 727.7, 721.011

VOLUMETRIC AND SPATIAL CONSTRUCTION OF MUSEUMS AND THEIR EXPANSION IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONTEXT

Divak Viktor¹, Ph. D., Assoc. Prof., **Merylova Iryna**², Ph. D., Assoc. Prof.,
Shekhorkina Svitlana³, Dr. Sc. (Tech.), Prof., **Bulakh Iryna**⁴, Dr. Sc. (Arch.), Prof.,
Nikiforova Tetiana⁵, Dr. Sc. (Tech.), Prof.

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture,*
^{2,3,5}*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”*
of the Ukrainian State University of Science and Technologies,

⁴*Technical University of Darmstadt, Darmstadt*

¹dyvak.vi@knuba.edu.ua, ²iryna.merylova@gmail.com,
³svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, ⁴bulakh@stadt.tu-darmstadt.de,
⁵nikiforova.tetiana@pdaba.edu.ua

Problem Statement. Densification of central urban areas and land scarcity have pushed museums beyond the classic “horizontal museum – palace” towards vertical and hybrid (neutral) volumetric-spatial models. A unified terminology and a practice-oriented classification are needed to guide design and expansion under urban constraints.

Aim. To define scientifically grounded types of volumetric–spatial organization of museums and their expansions, and to propose criteria for selecting between horizontal, vertical and neutral models in specific urban contexts.

Methods. Literature and normative review; field observation and documentation; focus-group discussions; graphic–analytical tools; vector and graph modelling; and conceptual architectural design within the university studio environment.

Review of prior research and regulatory context. The development of museum practice in Ukraine is regulated by legislation, including the Law of Ukraine “On Museums and Museum Affairs,” the Law “On the Protection of Cultural Heritage,” and Resolution No. 1147 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 20 July 2000 “On Approval of the Regulation on the Museum Fund

of Ukraine.” In scholarly works by Ukrainian and international authors, a shift is noted from “repositories of cultural heritage” toward multifunctional cultural-and-educational centers, which necessitates new volumetric-spatial planning models and operational scenarios.

Results. Overview of scope and approach. The study synthesizes historical-typological analysis, field observation, and graphic-analytical modelling to classify museum volumetric-spatial organization under conditions of urban densification. We reconstruct baseline functional-planning schemes of the “museum – palace” lineage; trace the shift to vertical and hybrid (neutral) organizations driven by land scarcity and high-rise engineering; and formalize transitions via a vector/graph model that distinguishes horizontal, vertical, and neutral states with project-level design implications [1–3].

Historical trajectory and baseline schemes. Proto-museums (cabinets, studios, camerinos, Kunstkammern) evolved into autonomous museum buildings with enfilade sequences and predominantly horizontal circulation. Four baseline schemes stabilized: linear (public-storage-scholarly sequencing), concentric (core/perimeter logic), sequential single-route, and modular horizontal spiral (“Museum of Unlimited Growth”) adaptable to local conditions [1]. These schemes remain valid reference grammars when programming new complexes or extensions in low-density contexts.

Drivers of verticalization and the vertical museum. Densification, parcel constraints, and central-area land values prompted vertical organizations supported by high-rise technologies (lifts, long spans). Wright’s Solomon R. Guggenheim Museum crystallized a three-dimensional spiral around an atrium as both compositional and circulation core; the canonical path is top-down with selective gallery access [2]. Where sites were exhausted, vertical additions replaced lateral wings, setting a pattern for dense urban cores.

Neutral (hybrid) type: vector/graph formalization. To avoid a binary “horizontal vs. vertical,” a neutral theoretical model is introduced: horizontal vectors X, Z and vertical vector Y are compared graphically. Overlaying curves for horizontal and vertical growth yields a continuous band with a shared transition point (“Point 2”), indicating many realized projects operate as hybrids rather than extremes [3]. This provides a quantitative lens to read routing logics, atrium/light-court roles, and stack/wing balance.

Expansion strategies and design consequences. Choice between horizontal (campus, gardens, pavilions) and vertical (stacked volumes, atria, observation levels) expansions depends chiefly on the ratio of required added area to site capacity. Each strategy re-sets: visitor flow (single-level vs. stack; top-down), structural spans, daylighting (side-light vs. atrium), ventilation/smoke control, and egress [2–3]. A vertical-on-vertical subcategory is relevant where central locations must retain address and compactness.

Open-air/territorial museums. For ethnographic and industrial-heritage parks the “museum” is territorial, so expansions are area-based (access, services, landscape programming) rather than stacked/winged envelopes. The planning emphasis shifts to networked paths, visitor logistics, and landscape interpretation; building typology becomes secondary [2; 3]. Operational and urban-design implications.

Across types, volumetric choice directly affects curatorial flexibility, maintenance and energy regimes, wayfinding and safety, and public-realm integration. In dense cores, vertical/neutral solutions preserve centrality while meeting program growth; in peripheral or campus settings, horizontal complexes unlock landscape value and outdoor programming [2–5].

Conclusions. Contemporary museum architecture consolidates as a triad – horizontal, neutral (hybrid), and vertical – where real projects frequently occupy a calibrated position along a transition band rather than at the extremes. The proposed vector/graph framework shifts design from a binary choice to a continuum, with the primary selector being the ratio of required additional area to site capacity and secondary determinants including program mix, circulation and evacuation logic, daylighting strategy, and life-cycle operations. It also clarifies when vertical-on-vertical expansion is preferable to preserve centrality and compactness.

For practice, horizontal campus solutions are optimal where land is available and outdoor programming is strategic; vertical stacks with an atrium core suit constrained central sites; mixed

constraints call for neutral hybrids that balance wings and stacking. Open-air museums invert the problem by treating territory as the museum, prioritizing access networks, landscape scripting, and visitor services. Across contexts, a well-matched volumetric–spatial type strengthens visitor experience, operational resilience, and city-making outcomes – connectivity, identity, and adaptability under conditions of urban densification.

References

1. Boesiger W. Le Corbusier. Basel : Birkhäuser, 1998, 320 p.
2. Sirefman S. Formed and Forming : Contemporary Museum Architecture. *Daedalus*. 1999, vol. 128, pp. 297–320.
3. Divak V.I. Architectural and Planning Organization of the Expansion of Art Museums : monograph. Kyiv : Lira-K, 2022, 208 p.

UDC 658.513:004.69

OPTIMIZING MANAGERIAL DECISION-MAKING THROUGH THE INTEGRATION OF AN ADAPTIVE CONSTRUCTION PRODUCTION CONTROL SYSTEM

Donenko Vasyl¹, Dr. Sc., Full Prof., **Bobrakov Anatolii**², Cand. Sc., Assoc. Prof.,
Ivanenko Dmytro³, PhD Stud.

¹*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv,*

²*National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia*

¹v.donenko@snu.edu.ua, ²bobrakov@zp.edu.ua, ³ivanenko@zp.edu.ua

Problem Statement. Construction projects operate under continuous variability: shifting crew availability, supply delays, weather impacts, and design clarifications. Traditional plans degrade quickly when decisions are based on stale data or when control actions are delayed until the next formal reporting cycle. An adaptive control system reframes production management as a closed loop that senses real progress and constraints, interprets deviations against an executable look-ahead plan, and initiates targeted corrections. Integrating this loop into managerial decision-making improves the timeliness and quality of decisions by aligning information, authority, and corrective actions within one governance contour [1]. Emphasis is not on complex mathematics but on fast, disciplined reactions supported by transparent rules and a shared digital record.

Research Objective. Develop a theoretical framework in which an adaptive management system continuously provides project managers with analytical data ready for decision-making, allowing them to optimize the sequence of actions, resource allocation, and risk response while adhering to local standards and minimizing losses for stakeholders.

Research Results. The proposed framework connects field sensing, managerial deliberation, and plan correction through a stable cadence. Field data on completed and started tasks, reasons for non-completion, crew and equipment availability, and supply status are consolidated into a weekly production snapshot that preserves the context of constraints, not merely percentages. Managers receive a concise narrative of deviations relative to the near-term plan, together with a small set of scenario outcomes that respect resource and contractual limits. Instead of chasing all slippages, the system concentrates on near-critical work packages and interfaces where delay propagation is most likely. Decision rights are clarified in advance: which deviations a superintendent can resolve by resequencing, which require reallocating shared resources, and which mandate escalation to the project steering group. This prevents ad-hoc firefighting and shortens the time between detection and action [2].

To keep the process lightweight, the analytical core relies on consistent definitions rather than formulas: a clear definition of what constitutes «ready work», a uniform status taxonomy for constraints, and a documented handoff from planning to execution. Rolling-wave planning stabilizes the long horizon while allowing re-detailing of the next few weeks; updates are confined to affected subnetworks to avoid wholesale plan churn. Each adaptive intervention (such as shifting

a crew, splitting a work package to unlock parallelism, or adjusting the release of «ready» tasks) is logged with cause, decision, and expected effect. This log becomes the memory of the system, enabling managers to compare promised effects with realized outcomes and to refine rules without rebuilding the entire methodology.

Optimization emerges from the way information is shaped for decisions. First, the snapshot presents forecast impact in calendar days at key milestones rather than abstract indices, so trade-offs are tangible. Second, alternative actions are screened against resource calendars and access constraints before managers meet, turning the meeting into a choice among feasible options, not a search for feasibility [3].

Third, the same snapshot supplies a short list of preventive actions that address recurring causes, linking daily control with continuous improvement.

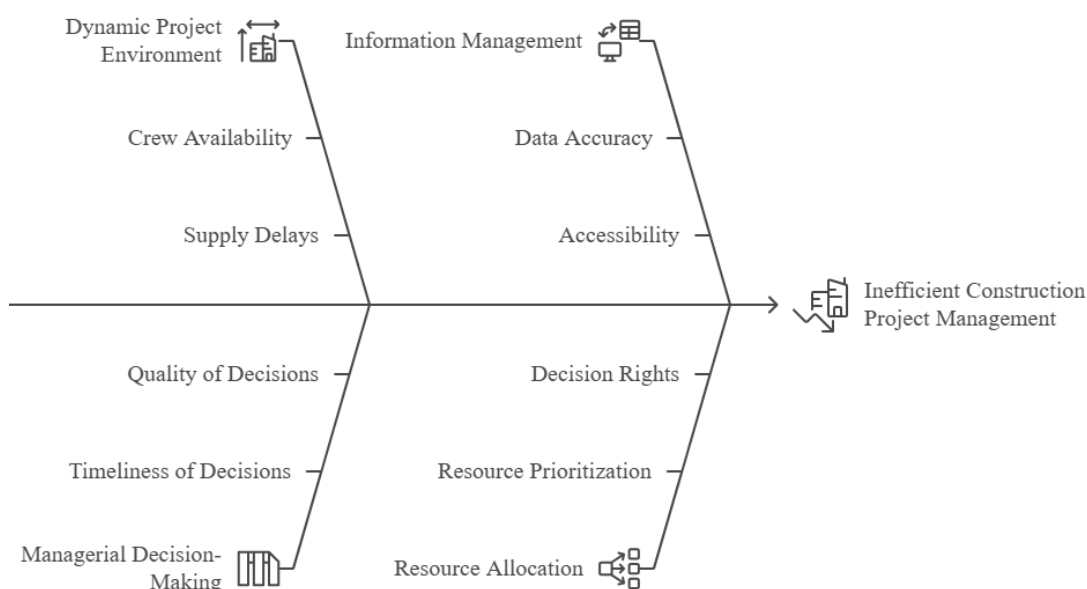


Fig. 1. Ishikawa diagram in the context of construction digitalization

Because all changes are executed within a shared digital environment, the latest plan, approvals, and method statements remain synchronized; accidental version drift is reduced, and acceptance by stakeholders is faster. Importantly, the framework is people-centric: training focuses on preparing «ready work», capturing reasons for plan failures, and conducting brief, regular after-action reviews. As adoption matures, the cadence and rules stay constant while the threshold for intervention becomes more precise, reducing noise and decision fatigue.

Conclusions. Integrating an adaptive control system into managerial decision-making optimizes construction production not by adding complexity, but by establishing a disciplined loop that detects meaningful deviations, channels them to the right level of authority, and applies minimal yet effective corrections [4]. The framework preserves long-term intent, confines re-planning to what truly changed, and couples daily control with learning. For implementation, begin with a stable weekly cadence, a unified deviation snapshot, predefined decision rights, and strict logging of actions and effects. Within three reporting cycles the project can expect shorter decision lead times, fewer uncontrolled resequences, and clearer attribution of outcomes to specific managerial choices—turning adaptability from an improvisation into an auditable practice.

References

1. Emelianova O., Tytok V., Lavrukhina K., Shatrova I. and Demydova O. Digital transformation in the construction industry : analysing the impact of technological changes on construction processes. Estoa. *Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*. Vol. 14 (27), pp. 257–268. URL: <https://doi.org/10.18537/est.v014.n027.a16> (date of access: 09.09.2025).

2. Afzal M., Khan A.U., Bilal M., Ayyub M.F. and Shoaib M. Digital twins : Facilitating digital transformation from and beyond BIM in construction. *Research Square*. 2023. URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3574344/v1> (date of access: 10.09.2025).

3. Munoz-La Rivera F., Mora-Serrano J., Valero I. and Oñate E. Methodological-technological framework for construction 4.0. *Archives of Computational Methods in Engineering*. 2021, vol. 28, no. 2, pp. 689–711. URL: <http://doi.org/10.1007/s11831-020-09455-9> (date of access: 10.09.2025).

4. Mutoni U. Influence of Digital Transformation on Project Management Efficiency in Construction Projects in Rwanda. *Journal of Entrepreneurship and Project Management*. 2025, vol. 10 (2), pp. 47–57. URL: <https://doi.org/10.47941/jepm.2950> (date of access: 11.09.2025).

UDC 004.89:69.003.13

MACHINE LEARNING ALGORITHMS AND MATHEMATICAL METHODS OF DATA ANALYSIS IN THE DIGITALIZATION OF CONSTRUCTION

Doroshenko Daniil¹, Student, Bilichenko Roman², Assoc. Prof.

^{1,2}*Faculty of Mechanics and Mathematics, Oles Honchar Dnipro National University*

¹dsniil2727@gmail.com, ²bilichenko_r@365.dnu.edu.ua

Digitalization is one of the key directions of development of modern construction. Information technologies are actively integrated into the processes of design, modeling and operation of structures. The rapid growth of the amount of data - from three-dimensional models in BIM systems to the indicators of sensors of “smart” buildings – requires the use of new approaches to the analysis and interpretation of information.

Traditional methods often turn out to be insufficiently effective for working with big data (Big Data), especially when it comes to real time. In this context, mathematical analysis methods and machine learning (ML) algorithms play an important role, which allow creating adaptive and self-learning decision support systems.

Mathematical methods of data analysis in construction. Mathematics remains the foundation of any engineering calculations. In digital construction, it provides formalization of complex processes and makes it possible to obtain accurate forecasts. The most common methods include:

Regression methods. Linear and nonlinear regression help describe the relationships between materials, loads and operating conditions. For example, you can model the effect of humidity and temperature on the strength of concrete.

Optimization methods. Linear programming is used to allocate resources in construction, and nonlinear and evolutionary programming are used to find the optimal geometry of structures. Such methods allow you to reduce material consumption without reducing the strength of structures.

Stochastic models. Random processes take into account unpredictable factors – fluctuations in wind loads, seismic activity, the probability of corrosion or defects. This allows you to build more realistic risk models.

Time series analysis methods. Used to monitor the state of structures in dynamics. Data from sensors that measure deformations, vibrations or temperature are analyzed using autoregression or spectral analysis methods.

Mathematical statistics. Allows you to assess the reliability of building materials, determine probable strength limits and predict the durability of structures.

Machine Learning Algorithms in Digital Construction. Machine learning (ML) opens up a new level of automation in the construction industry, providing analysis of complex multidimensional data. The most important areas:

Classification. SVM algorithms, decision trees and ensemble methods allow you to automatically determine object categories. For example, classifying soils based on geological data or recognizing types of defects in concrete based on photographs.

Clustering. The k-means or DBSCAN methods group data without prior labels. This is useful for urban planning, when it is necessary to segment territories by a set of indicators (transport accessibility, building density, environmental parameters).

Neural networks and deep learning. Used for complex tasks – predicting the strength of materials, assessing the residual resource of structures, automatic analysis of BIM models. Deep convolutional networks (CNN) are able to analyze images of cracks or corrosion damage in real time.

Recommendation algorithms. Help optimize logistics on construction sites, select materials or engineering solutions that provide maximum energy efficiency.

Forecasting methods. The use of recurrent neural networks (RNN, LSTM) allows you to model the behavior of systems that change over time: energy consumption, load dynamics or temperature fluctuations.

Practical examples of application. Structure monitoring. Smart buildings are equipped with sensors that record vibrations and loads. ML algorithms analyze data and automatically detect signs of dangerous deformations.

Automatic image analysis. Using computer vision, it is possible to detect cracks, corrosion or other damage to bridges and tunnels without the need for manual inspection.

Energy consumption forecasting. Regression models and neural networks allow you to estimate future heat and electricity costs, optimize heating and air conditioning systems.

Design optimization. Using genetic algorithms and optimization methods allows you to find the most economical and reliable architectural solutions.

BIM analytics. Combining ML with building information models (BIM) allows you to detect conflicts between engineering systems at the design stage, reducing the number of errors in the future.

Advantages and challenges of implementation. Advantages: reduction of construction costs due to optimization of materials and resources; increase in the accuracy of diagnostics and forecasts; reduction of the human factor in decision-making; increase in the safety and durability of structures.

Challenges: need for high-quality data for training algorithms; difficulty in integrating ML solutions into existing engineering systems; high cost of implementation at the initial stage; need for specialists in mathematics, IT and engineering at the same time.

Conclusions. The combination of mathematical analysis methods and machine learning algorithms opens up new horizons for the digitalization of the construction industry. It provides effective analysis of large volumes of data, increased accuracy of predictions of the condition of buildings and structures, reduction of financial and material costs and formation of intelligent construction and urban development management systems.

Thus, the integration of innovative mathematical tools into construction practice is the key to creating a sustainable, safe and high-tech infrastructure of the future.

References

1. Liashenko I.M. *Economic-mathematical methods and models of sustainable development*. Kyiv : Vyshcha Shkola Publ., 1999, 234 p.
2. Petrov E.H. and Novozhylova M.V. *Methods and means of decision-making in socio-economic systems : textbook*. Kyiv: Tekhnika, 2004, 256 p.
3. Samoilenko M.I. and Skokov B.H. *Operations research (Mathematical programming. Queuing theory) : textbook*. Kharkiv : KhNAMG, 2005, 176 p.
4. Shpakov A.V. Implementation of mechanisms of mutual transformation of internal and external potential of construction organizations. *Economic Space*. 2021, vol. 176, pp. 99–102. URL: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/176-17>

UDC 72.012:658.626:659.127.8

ENHANCING TRUST AND CREDIBILITY IN THE CONSTRUCTION SECTOR THROUGH EFFECTIVE COMMUNICATION OF SUSTAINABLE PRACTICES

Gajniak Ján Florián¹, JUDr., Priedhorská Daša², Mgr.

^{1,2}Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering

¹jan.gajniak@stuba.sk, ²dasa.priedhorska@stuba.sk

Problem Statement. The modern construction sector faces growing expectations for corporate responsibility, sustainable practices, and the rising importance of transparent sustainability communication. Emerging legislative and market frameworks increasingly demand credible and verifiable information, which strengthens assessments of corporate and product sustainability as well as investment decisions. Stakeholders therefore demand transparent, verifiable, and accessible information about environmental, social, and governance (ESG) impacts. Without clear and trustworthy communication, companies risk being perceived as engaging in greenwashing, misleading claims of sustainability, which undermines credibility and stakeholder trust. To ensure transparent, standardized, and reliable sustainability information that supports the EU's sustainability objectives, large companies are required to comply with the Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) and to apply standardized reporting in accordance with the European Sustainability Reporting Standards (ESRS) and the EU Taxonomy. Although this legislation is essential for generating trustworthy data, it represents only one of several instruments for ensuring transparent communication of corporate sustainability practices [1; 3; 4].

Purpose of the Study. This paper aims to explore effective marketing communication strategies in the construction sector, focusing on how companies can build a credible and positive image by integrating transparent sustainability reporting and a comprehensive communication mix. An example of good practice in the construction company Corwin is utilized to illustrate how these approaches can be successfully implemented [2].

Main Results. The study emphasizes that transparency in sustainability reporting is the foundation for credibility. Reports provide detailed quantitative and qualitative data on environmental impact, social responsibility, and organizational governance. The analyzed company demonstrates effective integration of ESG into its projects, including energy efficiency, water and resource management, biodiversity promotion, and employee well-being. Transparent communication ensures that stakeholders – clients, partners, investors, and communities, can trust the company's sustainability claims. Sustainability reporting not only informs and engages stakeholders but also protect the company from accusations of greenwashing by providing verifiable evidence of sustainable practices. An effective communication mix further supports this credibility. The case study illustrates the use of diverse channels such as public relations, content marketing, social media, podcasts, community engagement, and professional events.

The combination of trustworthy content and strategic dissemination allows companies to distinguish themselves as leaders in sustainable construction [2; 5].

Conclusion. The findings demonstrate that high-quality, verifiable sustainability content, combined with a strategic communication mix, is essential for building trust and credibility in the construction sector. Transparent communication is critical to preventing greenwashing and ensuring that sustainability initiatives are recognized as genuine. The analyzed example provides practical insights for companies aiming to integrate sustainability into their brand identity, strengthen stakeholder trust, and achieve a competitive advantage in the evolving construction market. Ultimately, sustainable success requires alignment between communicated values and actual practices. Without this congruence, neither regulation nor communication strategies can ensure long-term trust or competitiveness.

References

1. World Green Building Council. Bringing embodied carbon upfront. Report. 2019. URL: <https://worldgbc.org/advancing-net-zero/embodied-carbon/> (date of access 10.9.2025).

2. Corwin. Sustainability and Annual Report 2021. URL: <https://www.corwin.sk/Sustainability-report-Corwin-HD.pdf> (date of access 10.9.2025).
3. Kpmg. What does the CSRD bring us? The Corporate Sustainability Reporting Directive. 2022. URL: <https://kpmg.com/sk/sk/home/insights/2022/11/co-nam-prinasa-csrd.html> (date of access 12.9.2025).
4. European parliament. EU to ban greenwashing and improve consumer information on product durability (19.9.2023). URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230918IPR05412/eu-to-ban-greenwashing-and-improve-consumer-information-on-product-durability> (date of access 15.9.2025).
5. Trend. Slovak developer Corwin is expanding. Take a look at the apartments it will build in Slovenia (3.10. 2019). URL: https://reality.trend.sk/byvanie/slovensky-developer-corwin-expanduje-pozrite-ake-byty-postavi-slovinsku?itm_brand=trend&itm_template=other&itm_modul=topic-articles&itm_position=17 (date of access 15.9.2025).

UDC 72.012:658.626:659.127.8

LEGAL PROTECTION OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN CONSTRUCTION : DESIGN, TRADEMARKS AND CRIMINAL LIABILITY

Gajniak Ján Florián¹, JUDr.

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering

jan.gajniak@stuba.sk

Problem Statement. Intellectual property rights in the construction sector, particularly design and trademarks, are critical for protecting the results of creative activity. Despite established legislation, unauthorized use and infringement remain prevalent, necessitating systematic legal and criminal analysis [1–23].

Purpose of the Study. This study aims to evaluate the legal framework of industrial property and copyright in the construction industry in Slovakia, identify gaps in protection, and propose measures for strengthening the rights of authors and owners of industrial property.

Main Results. Analysis reveals that owners of registered designs and trademarks hold exclusive rights, including the use, transfer, and licensing of these rights. Unauthorized use is penalized similarly across designs, patents, utility models, and trademarks, with criminal sanctions ranging from one to eight years imprisonment depending on severity and damage caused. Specific vulnerabilities include insufficient protection of architectural works, project documentation, and labeling of constructions. Comparative review of European Union regulations highlights opportunities for legislative improvement and enhanced local administrative enforcement [1–23].

Conclusion. Effective protection of intellectual property in construction requires legal reform, including: (i) incorporation of architectural documentation in the scope of author rights; (ii) mandatory attribution of authors on constructions; (iii) adaptation of licensing contracts to reflect dynamic IP conditions; (iv) stricter criminal sanctions for infringement; (v) educational initiatives and legal support structures within universities and public administration. Implementation of these measures is essential to safeguard creative contributions in the construction sector and ensure alignment with EU practices.

References

1. Act No. 513/1991 Coll. Commercial Code, as amended.
2. Act No. 40/1964 Coll. of the Civil Code, as amended.
3. Act No. 40/1964 Coll. of the Civil Code, as amended.
4. Act No. 25/25 Coll. Building Act, as amended.
5. Act No. 444/2002 Coll. on designs, as amended.
6. Act No. 506/2009 Coll. on Trademarks, as amended.
7. Act No. 300/2005 Coll. Criminal Code, as amended.

8. Act No. 527/1990 Coll. on inventions, industrial designs and improvement proposals, as amended.
9. Act No. 187/2021 Coll. on the Protection of Competition and on Amendments to Certain Acts.
10. Act No. 435/2001 Coll. on patents, supplementary protection certificates and on amendments to certain acts.
11. Act No. 13/1992 Coll. on art funds, as amended.
12. Act No. 167/2008 Coll. on periodical press and agency news and on amendments and supplements to certain acts.
13. Act No. 308/2000 Coll. on broadcasting and retransmission and amending Act No. 195/2000 Coll. on telecommunications.
14. Act No. 146/2000 Coll. on the protection of topographies of semiconductor products, as amended.
15. Act No. 202/2009 Coll. on the legal protection of plant varieties, as amended. Act No. 469/2003 Coll. on designations of origin and geographical indications of products and on amendments and supplements to certain acts.
16. Act No. 517/2007 Coll. on utility models and on amendments to certain acts.
17. Act No. 372/1990 Coll. on Misdemeanors, as amended.
18. Act No. 215/1995 Coll. on Geodesy and Cartography, as amended.
19. Decree No. 69/1975 Coll. on the Convention Establishing the World Intellectual Property Organization, signed in Stockholm on July 14, 1967.
20. Decree No. 64/1975 Coll. on the Paris Convention for the Protection of Industrial Property.
21. Decree No. 133/1980 Coll. on the Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works.
22. Link: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=463bb451-7b6a-4c32-8377-c8993a4c83c7>

UDC 725

RIVER TERMINALS AS PART OF THE DEVELOPMENT OF RIVER TERRITORIES

Kachuievskia Oleksandra¹, Master's Stud.,
Akhaimova A. O.², *Cand. of Arch., Assoc. Prof.*,
Shashkina N. I.³, *Foreign language consultant, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.*
¹⁻³*ESI “Prydniprovskia State Academy of Civil Engineering and Architecture”*
of the Ukrainian State University of Science and Technologies
¹20035arc.kachuievskia@365.pdaba.edu.ua,
²akhaimova.anastasiiia@pdaba.edu.ua, ³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Problem Statement. Riverfront areas have always played a key role in the economic development of settlements and the formation of urban structures. Rivers are not only natural resources and transport arteries, but also important elements of the cultural and recreational environment. In this context, river terminals are strategic facilities that ensure the integration of river areas into the socio-economic and spatial life of the city [1].

Research Objective. The research objective is to determine the relevance of passenger terminals in the context of developing riverine areas with river passenger transport infrastructure and identifying prospects for its development.

Research Results. The riverine territories of the Dnipro are distinguished by the specificity of the floodplain relief and significant linear length. Over time, the river has acquired the role of a planning, structural and landscape axis that organises the entire coastal urbanised zone of the Dnipro agglomeration. The planning structure of the city, which was formed under the influence of the natural relief, has a pronounced linear character: it tends towards terraces located along the river and towards transverse connections formed on the basis of balka tracts. The coastal zone is the main internal space of the city, where significant architectural and social loads are concentrated. As a result, riverside areas are the most attractive for the placement of various urban functions. Human perception of water space synergises the variability of exploitation opportunities. The use of riverside areas for recreation, attractions and cultural activities creates conditions for tourism at the

macro level and for the leisure of the local population at the micro level from an economic point of view. Water is of great importance for human recreation [2].

The relevance of the topic is also determined by the need of modern cities to expand river transport infrastructure, search for sustainable modes of mobility, and restore the value of riverine areas as a strategic resource for urban development. The modern approach to organising passenger transport involves considering river transport as part of public transport on a par with the metro, bus or tram networks, as this integrates the river into the city as much as possible and thus develops riverside areas [3].

The impact of river terminals on riverside areas is multidimensional and manifests itself in transport, urban, socio-cultural, environmental and economic terms. From a transport perspective, their operation reduces the load on motorways and optimises population mobility. The urban effect consists in the revitalisation of neglected industrial and port areas, the formation of modern waterfront spaces and the creation of architectural landmarks that become new centres of urban life. The socio-cultural impact is manifested in the development of public spaces, increasing the attractiveness of embankments as places for recreation and tourism, and integrating culture and leisure into the city's infrastructure.

Studies of the architectural and spatial organisation of coastal areas highlight several key aspects: revitalisation of neglected areas through the combination of transport, recreational and residential infrastructure; creation of public spaces on the waterfront as an important component of the socio-cultural integration of the city and the river; ecological rehabilitation of coastal areas, including flood protection and restoration of natural ecosystems; formation of new architectural landmarks on the banks, which become visual markers of the city [4].

Riverine areas are complex engineering environments where architectural and planning decisions are determined by hydrological, climatic and geotechnical conditions. The construction of river terminals always involves the need to take into account seasonal fluctuations in water levels, flooding, high humidity and the impact of ice drift. This determines the specific nature of the foundations, the use of moisture-resistant materials and special waterproofing systems. The development of floating or semi-floating terminals that can adapt to changes in water levels is becoming particularly relevant. In global practice, such solutions are used in cities with active river navigation, which significantly reduces the cost of reconstructing embankments and maintains stable terminal operation in various hydrological conditions. Thus, the architecture of river stations directly depends on engineering and hydrotechnical factors, which shape their structural and aesthetic uniqueness.

Conclusions. Therefore, studies of architectural and spatial organisation confirm that the development of river terminals is an integral part of the renovation of riverside areas. They combine mobility with urban development, become “gateways to the city from the water” and shape new scenarios for the use of embankments, from transport hubs to centres of public and cultural activity. An analysis of current urban trends shows that the architecture of riverside areas shapes not only individual buildings, but also the entire system of interaction between the city and the natural environment. Its peculiarity lies in its high urban significance, as waterfront areas are usually located in structurally central or most public parts of the city. This determines the increased requirements for the quality of the architectural environment, functional saturation and aesthetic image of the development [5].

References

1. Kachuievskaya O.V. and Akhaimova A.O. Current issues in the development of river transport architecture on the Dnipro River. *Materials from the VI scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists* (Dnipro, 17 April 2025). Dnipro : Pridniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2025, pp. 44–45. (DK 725.34).
2. Samoilenko E.V. Principles and methods of rehabilitation of riverside urban areas (based on the example of the city of Dnipro). Proposals for the functional use of urban areas in the context of architectural and landscape organisation of riverside spaces: dissertation...Candidate of Architecture: 18.00.01. Dnipro : Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2021, pp. 158–159.

3. Rodrigue J-P. The Geography of Transport Systems. New York : Routledge, 2020.
4. Jones Andrew L. Regenerating Urban Waterfronts – Creating Better Futures – From Commercial and Leisure Market Places to Cultural Quarters and Innovation Districts. *Planning Practice & Research*. Vol. 32, no. 3, 2017, pp. 333–344.
5. Panchenko T. And Golub A. Features of urban revitalisation of river territories. *Spatial Development*. 2023, no. 5, pp. 80–89. URL: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.80-89>

UDC 725.8

MEDIA FACADES IN THE DESIGN OF CONCERT HALLS

Kotenko Nadiia¹, Master of Arch., **Podolinnyi Serhii**², Sen. Lect.,
Shashkina Natalya³, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

10053arc.kotenko@365.pdaba.edu.ua

Abstract. The article examines the role of media facades in the modern design of concert halls. It is shown that media technologies become not only a decorative element, but also an important component of the formation of the architectural image and communication environment. The types of media facades, their functional significance, technical and operational features are analyzed. The advantages and challenges of implementing such systems in the architecture of concert buildings are identified.

Problem Statement. Concert halls have always been not only spaces for musical events, but also iconic architectural objects of the urban environment. Today, architects are faced with the need to combine traditional requirements for concert halls (acoustics, functionality, audience comfort) with the new challenges of the information age. Media facades make it possible to integrate a concert hall into the cultural space of the city as a visual and communication center, but at the same time raise issues of energy consumption, technical complexity, and impact on architectural form.

Research Objective. The purpose of the study is to identify the features of the use of media facades in the design of concert halls, determine their impact on the architectural image of the building, functioning in the urban environment, and user experience.

Research Results. During the research process, it was discovered that media facades are becoming one of the key tools of modern concert hall architecture, forming a new paradigm of their architectural image and functioning. They combine architectural, engineering, and artistic aspects, creating a space that is able to adapt to different cultural and social scenarios. While previously the facade performed a mostly representative and constructive role, today it is transforming into a media platform that not only informs, but also actively interacts with viewers and the urban environment.

The study showed that the integration of media facades directly affects the architectural and planning decisions of concert halls. Firstly, the structure of the building's outer shell is changing: instead of a static surface, high-tech materials with integrated LED modules, transparent screens, or interactive panels are used. This determines new approaches to the design of load-bearing structures, as the facade must withstand additional loads associated with the weight of technical systems and the need to ensure their ventilation and maintenance. Secondly, media technologies are causing a change in the approach to the spatial organization of surrounding areas: squares, parks, and pedestrian zones are often designed with the possibility of mass viewing or interactive events in mind.

The study pays particular attention to the influence of media facades on the formation of emotional and visual perception. Through the use of dynamic lighting and interactive systems, a unique visual identity of the concert hall is formed, which can vary depending on the event. Thus, the building gets the opportunity to have a “changing image” that is constantly updated, emphasizing its modernity and compliance with cultural trends.

At the same time, a number of problems and challenges have been identified that accompany the implementation of media facades. In particular, this is an issue of energy efficiency, as large-scale interactive surfaces consume significant amounts of electricity. In addition, the intensive use of dynamic lighting creates risks of light pollution, which can negatively affect residents of nearby residential areas. An important aspect is also the environmental component: the integration of a large number of electronic systems requires finding new ways to recycle and recycle equipment after its operational cycle is complete.

Conclusions. Media facades in the architecture of concert halls are a powerful tool for shaping a modern cultural space. They combine architecture, art, and digital technologies, creating a unique visual image of the building. At the same time, their implementation requires taking into account technical, environmental and social factors. A promising direction of development is the creation of energy-efficient and adaptive media systems that will be combined harmoniously with the architectural function of concert buildings.

References

1. Avdeeva N.Yu. and Lysenko O.S. Features of using media facades in the design of concert halls. *Theory and Practice of Design*. 2017, iss. 12, pp. 3–12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tpd_2017_12_3 (date of access: 28.09.2025).
2. Rusevich T.V. and Zavadzka G.A. Media art in the modern synthesis of arts in architecture. *Architectural Bulletin of the KNUBA*. 2021, iss. 22–23, pp. 26–32. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avk_2021_22-23_6 (date of access: 28.09.2025).
3. Trofimchuk S.M. New aesthetics of media-architectural synthesis. *Architectural Bulletin of the KNUBA*. 2014, iss. 1, pp. 120–124. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avk_2021_22-23_6 (date of access: 28.09.2025).
4. Kostenko O.Ya. Media architecture – new functions of public complexes. *Architectural Bulletin of the KNUBA*. 2014, iss. 1, pp. 258–269. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avk_2014_1_35 (date of access: 28.09.2025).
5. Kostenko A.Ya. Media architecture – new technologies and new opportunities. *Architectural Bulletin of the Ukrainian National University of Architecture and Design*. 2013, iss. 1, pp. 337–350. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avk_2013_1_49 (date of access: 28.09.2025).
6. Khlyupyn O.A. Classifications of interactive media facades. *Contemporary Problems of Architecture and Urban Planning*. 2015, iss. 40, pp. 183–191. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2015_40_30 (date of access: 28.09.2025).

UDC 621.311.25:614.87:621.039

NPPs IN CURRENT CONFLICT ZONES

Kovba V. V.¹, Ph. D., Assoc. Prof., **Zahilskyi V. A.**², Ph. D., Assoc. Prof.,
Ulyanov V. Yu.³, Ass., **Simonov Yu. Yu.**⁴, Postgrad. Stud.

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹kovba.vladyslav@pdaba.edu.ua, ²v.v.zahilskyi@ust.edu.ua, ³uluanovvu@gmail.com,

⁴simonov.yurii@365.pdaba.edu.ua

Problem Statement. There are many cases in history when nuclear power facilities, including NPPs, expose to risk. There are also known cases of combat operations in close proximity to nuclear power plants. Based on realities revealing the political situation in the world, the approach to design and operation of NPPs, as well as other nuclear facilities in regions with a turbulent political situation, must be revised. It is also necessary to take into account the previous experience of construction and operation of nuclear power plants in some countries during local conflicts. Therefore, the objective of this paper is to consider some general issues on this subject.

Objective. Identification of additional and previously unaccounted factors, which may influence the stability of nuclear power plants in local conflict zones, as well as analysis of general and specific conditions essentially affecting the safety of the entire structure in a particular area.

Research Results. Based on the realities of events 2022–2025 in Ukraine, in particular around the Zaporizhzhia NPP and Chernobyl Nuclear Power Plant, the approach to the operation of nuclear power plants, as well as other nuclear facilities in regions with a turbulent political situation, should be revised [3–6]. In particular, it is required to carry out a comprehensive analysis of NPPs’ resistance to mine-explosive effects. In new realities, when in the future a nuclear power plant under construction may become a target in a military conflict, the approaches to design must also be reviewed. They may be as follows.

Now, it is already obvious that the primary targets can be fresh and spent fuel storage facilities, as well as radioactive waste (RAW) storage facilities [1; 2] (Fig. 1). Hence, it follows logically that these buildings, as well as block transformers coupled with the most significant switchyard (SWYD) equipment, which should be isolated from each other as much as possible, should have a more protected structure, probably even buried, if mining and geological conditions allow it.

It should be recognized that in later NPP projects the unification of all buildings and structures in the so-called “nuclear island” is more preferable in technological terms. However, during periods of turbulent political events, a very compact arrangement of critical structures can be dangerous. The emergency control room (ECR) must be located outside the reactor building. It is necessary to expand its function: – it should have the ability to completely control the reactor. Now, as a rule, it has only the functions of shutting down and monitoring the state of the reactor system. Perhaps, there can be two ECRs if the number of units at the nuclear power plant is more than 4.

The fuel supply for alternative diesel power stations (ADPS) must be rated for at least 5–7 days. It should not be stored near stations. Auxiliary well-protected tanks should also be provided outside the industrial site. Fall-back options for its rapid delivery to the ADPS should be provided as well. The option of a powerful off-site ADPS in a particularly protected design cannot be taken off. In all appearance, an explosion hazardous facility, such as hydrogen receivers, must be built in a protected design, separately as against each unit, and placed on the periphery of the site, far away from logistics communications.

Oil-diesel and nitrogen-oxygen plant facilities, as well as ADPS, modular pumping stations (MPS), including cooling towers and spray cooling ponds, need additional and reliable protection (Fig. 2). A special issue is ground-based long metal cable boxes, in particular those leading to hydraulic structures. They are very vulnerable and either must be located in reinforced concrete boxes on the surface, or have a buried structure (for example, the cable and technological channels at the Bushehr NPP in Iran).



Fig. 1. Fire at the Chernobyl NPP reactor in 2025



Fig. 2. Fire at the cooling tower of Zaporizhzhia NPP in 2024

Conclusion. All the aforementioned is important not only for ‘classical’ nuclear power plants with high-power turbines, but also for NPPs with small modular reactors, as well as all enterprises with particularly hazardous production facilities of a future nuclear fuel cycle. Certainly, military and terrorist threats are already being assessed by relevant structures. Probably, some of the proposals are already being implemented both at nuclear power plants under construction and at existing ones, as well as similar facilities.

References

1. Lindsay M. Krall, Allison M. Macfarlane, Rodney C. Ewing Nuclear waste from small modular reactors. *PNAS*. 2022, vol. 119, no. 23. URL: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2111833119> (date of access: 02.09.2025).
2. International atomic energy agency. Considerations for Environmental Impact Assessment for Small Modular Reactors, IAEA-TECDOC-1915, IAEA, Vienna, 2020. URL: <https://www.iaea.org/topics/response/nuclear-safety-security-and-safeguards-in-ukraine/documents> (date of access: 02.09.2025).
3. Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine: Summary Report by the Director General, 24 February – 28 April 2022, IAEA, Vienna, 2022. URL: <https://www.iaea.org/topics/response/nuclear-safety-security-and-safeguards-in-ukraine/documents> (date of access: 02.09.2025).
4. Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine : 2nd Summary Report by the Director General 28 April – 5 September 2022, IAEA, Vienna (2022), 52 p. URL: <https://www.iaea.org/topics/response/nuclear-safety-security-and-safeguards-in-ukraine/documents> (date of access: 02.09.2025).
5. Ulianov V.Y. and Bilyk V.V. Research Results of the Earth Dam Condition of Cooling Pond of the Zaporizhzhia Nuclear Power Plant. *Science and Transport Progress*. 2022, vol. 2 (98), pp. 86–99. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2022/2679393> (date of access: 02.09.2025).
6. Zhe Xu, Junjiang Li, Feng Lin, Qiheng Zhong. Using water pool as cushion to mitigate ground vibration due to collapse of cooling tower with simulation of complete debris distribution. *Nuclear Engineering and Technology*. Vol. 57, 2025, p. 103245. URL: <https://doi.org/10.1016/j.net.2024.10.007> (date of access: 02.09.2025).

UDC 81’276.6:62:001.4

SOCIAL ENGINEERING : THE HUMAN FACTOR IN CYBERSECURITY

Kravets Kyrylo¹, Uzhelovskiy Andrey², Cand. Sc.(Techn), Assoc. Prof.,
Shashkina Nataliia³, Cand. Sc.(Philol), Assoc. Prof.

¹*Dnipro Scientific Lyceum of Information Technologies,*

^{2,3}*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹kravets_k@dlit.dp.ua, ²uzhelovskiy.andrii@pdaba.edu.ua,

³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Cybersecurity is often interpreted as a purely technological discipline that relies on complex encryption methods, firewalls, and automated intrusion detection systems. Yet in practice the most persistent vulnerability lies not in code or hardware, but in human behavior. Social engineering is the art and science of manipulating people so that they unwittingly disclose confidential information, provide access to secure systems, or perform actions that undermine an organization’s security posture. Unlike attacks that exploit software flaws, social engineering exploits psychology, appealing to trust, curiosity, fear, or urgency. The attacker does not need advanced technical skills; instead, success depends on understanding how people think and react under pressure. This approach allows even relatively unskilled individuals to breach sophisticated defenses simply by persuading someone to open a malicious email, reveal a password, or click a deceptive link.

The variety of social engineering techniques is striking. Phishing emails remain the most common and cost-effective method, luring recipients with urgent financial notices, fake security

alerts, or attractive offers. Pretexting involves creating a convincing backstory to obtain information by phone or in person, while baiting relies on leaving infected USB drives or links where they will arouse curiosity. Newer tactics incorporate deepfake audio and video, enabling attackers to impersonate executives or trusted colleagues with alarming realism. Each of these methods relies on human tendencies – our willingness to help, desire for reward, or instinctive reaction to authority and deadlines.

Traditional cybersecurity defenses, no matter how advanced, cannot completely prevent such attacks. Multi-factor authentication, encryption, and network monitoring all reduce risk, but they cannot stop an employee from voluntarily giving away a password or opening a disguised attachment. Human error remains the decisive weakness, and a single moment of inattention can bypass layers of technological safeguards. For this reason, social engineering is considered one of the most effective strategies for cybercriminals and one of the most difficult challenges for organizations of any size.

Effective protection requires a cultural as well as a technical response. Organizations must treat cybersecurity as a shared responsibility and cultivate continuous awareness among employees, contractors, and even clients. Regular training programs, interactive workshops, and simulated phishing campaigns help people recognize suspicious messages and understand the tactics attackers use. Clear reporting channels encourage rapid response when an incident occurs, while policies based on the principle of least privilege ensure that even if an attacker compromises one account, the damage is limited. Management support is critical, since employees are more likely to follow security guidelines when leadership consistently emphasizes their importance.

International standards and legal frameworks provide guidance for integrating these human-centered protections into broader security strategies. ISO/IEC 27001 establishes requirements for information security management systems and explicitly highlights the need for staff awareness. The U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) publishes detailed recommendations in Special Publication 800-53 for safeguarding systems and educating personnel. In the European Union, the General Data Protection Regulation (GDPR) imposes strict obligations on organizations to protect personal data, making social engineering awareness essential for compliance. Incorporating these frameworks ensures that efforts to counter social engineering are systematic, measurable, and aligned with global best practices.

Real-world incidents illustrate the gravity of the threat. In 2020 a coordinated social engineering attack on Twitter employees allowed intruders to gain access to internal tools and post fraudulent messages from high-profile accounts, causing significant financial and reputational damage. Similar methods have been used against critical infrastructure operators, financial institutions, and government agencies worldwide. The rapid development of artificial intelligence now enables attackers to generate highly convincing phishing emails and deepfake recordings, which further complicates detection and response. These trends demonstrate that social engineering is evolving alongside technology and that defenses must adapt continuously.

Conclusions. Cybersecurity therefore cannot be reduced to a purely technical problem. It is fundamentally a human challenge that demands education, vigilance, and a culture of shared responsibility. By combining regular awareness training, realistic simulations, clear incident-response procedures, and compliance with international standards, organizations can greatly reduce the risk of manipulation. Yet attackers will continue to refine their psychological tactics, and the human factor will remain central to the protection of digital infrastructure. Recognizing this reality and investing in the human dimension of security is essential for building resilience in an era of increasingly sophisticated cyber threats.

References

1. NIST Special Publication 800-53, Revision 5 : Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations.
2. European Union General Data Protection Regulation (GDPR), 2016.
3. Mitnick K. and Simon W. The Art of Deception : Controlling the Human Element of Security. Wiley, 2011.

UDC 316.28

LANGUAGE AND NOTIONAL GAME AS A WAY OF COMMUNICATING WITH A CHILD IN POETRY FOR CHILDREN

Liapicheva O. L., Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

liapicheva.olena@pdaba.edu.ua

Abstract. The article analyses the types of language and notional games as means of communication between the author and children in poetry for children. In this article, we set the task of highlighting the key features of the concepts of language and notional games, as well as identifying the criteria for their differentiation. We also investigate how specific techniques work and which types dominate among them.

Problem Statement. Communication theory is still being formed as a science in the modern humanitarian paradigm of knowledge. The components that are still forming the field of its coverage include the topic “Language and semantic game as a way of communicating with a child”. Language game has long been a subject of linguistic research: in linguistics, rhetoric, psycholinguistics. Semantic game, which takes into account the notions of children, has not been the subject of special research at all. Therefore, our topic is at the intersection of age linguistics, linguistic creativity and creative communication, or more wider – at the junction of psycholinguistics and communication theory.

It is believed that the first mention of the term “language game” belongs to the philosopher Ludwig Wittgenstein, who argued that a word has meaning only as a result of the “rules” of the game being played. For example, depending on the context, the expression “Water!” can be an order, an answer to a question or another form of communication [9]. Modern works on the topic of our study include books by Kosmeda T.A., Khaliman O.V. [4], Batsevych F.S. [1], Yashenkova O.V. [8], Selivanova O.O. [6], Chukovskiy K.I. [7]; Horielov I.N., Siedov K.F. [3]. I.N. Horielov and K.F. Siedov came closest to the topic under study. Attributing language game to the broader concept of creativity (creating something new that did not exist before), speaking about its use in live communication and artistic texts with the aim of creating a comic effect, the authors classify the means of language game by language levels. The sections “Language and Thinking” and “Mastering Language as a System” describe the features of children’s assimilation of notions that enable them to master the system of their native language. A child may experience difficulties in understanding expressions that include: 1) sounds that are difficult to pronounce ([r], [shch]); 2) figurative meanings; 3) passive constructions where natural logic is violated; 4) different understanding of the speech situation. Children’s attention is often attracted by onomatopoeic (*kva-kva*) and onomatopoeic words (*buh*, *chik*), since they are short, based on the repetition of syllables and more than full-fledged words associated with feelings on which thinking is based. Children can “protest” against metaphors and interpret phraseological units or the structure of a word in their own way. Thus, according to the above authors, a language game is a deliberate violation of language norms at all levels of speech in order to create an artistic effect, often comic. A semantic game is a violation of the process of understanding or creating an expression, based on the formation of the child’s language ability, which learns complex aspects of language (the ambiguity of words, the meaning of phraseological units, the structure of words, the ability to explain meanings for oneself, etc.) and is used by the author of the speech to consolidate the correct understanding in the child.

Research Objective. The purpose of the article is to study the techniques of notional and language game with a child reader, based on the age-related characteristics of children’s assimilation of language and notions. In this regard, in this article we set the task of highlighting the key features of the concepts of language and notional game, as well as identifying the criteria for their differentiation. Then we investigate how specific techniques work and which types dominate among them.

Research Results. As a result of studying several poetic texts for children, we came to the conclusion that semantic play is a direct or conversational presentation of meanings that the author

stimulates the reader to assimilate better; that language play is a violation of the language norm in language units of any level for the purpose of emotional and intellectual impact. In the author's communication with a child on the material of poems for children, there is approximately the same number of cases of notional (18) and language game (16), however, in each individual poem, one thing dominates. Examples of notional game are divided into two groups: 1) with direct implementation of meanings that the author wants to fix in the reader's mind (4); 2) with a description of absurd situations that cause a comic effect and convince the child of their reverse meaning (14). The author fixes the following meanings with the help of their direct implementation: 1) the canons of fairy tale construction; 2) the appropriateness of creating a riddle as an intrigue that drives the story; 3) a meeting with a dragon, cannibal or bandit is dangerous; 4) a love affair is as dangerous as a meeting with the previous characters (Eleanor Fadion "Absolutely None"). The meanings given to the reader in an absurd way (14) are the following: 1) by raising a finger up, you can calm down, tame a dragon, cannibal, bandit, girl; 2) one should not recognize another person's right to the truth; 3) one should draw conclusions about the whole based on the individual; 4) one should not accept other people's opinions about God as true if they differ from one's (John Godfrey Sykes "Blind Men and the Elephant"); 5) one can have a hippopotamus as a pet; 6) one can order a portrait of a pet from a famous artist; 7) a hippopotamus can perk up on a walk with a familiar professor-neighbor; 8) hippopotamuses get measles and mumps like people; 9) the landlady does not want the hippopotamus to bring offspring; 10) she chased the hippopotamus away with a toy gun; 11) a hippopotamus looking out from behind the tires in the garage demonstrates the mastery of its manners; 12) a hippopotamus is led on a rope; 13) a hippopotamus made musical sounds (Patrick Barrington "I Had a Hippopotamus"); 14) one should not distinguish between external and internal language (Thomas Love Peacock "The Priest and the Mulberry"). Examples of language game in the poems considered are also divided into two types: 1) word-forming neologisms (9); 2) different types of tropes (7): syntactic, grammatical, two cases of phraseological units and three cases of epithets.

Conclusions. This study will make the mechanisms of language and semantic play in English poetry for children more understandable and will allow in the future to compare them with the techniques of language play in other national poetry.

Список використаних джерел

1. Бацевич Ф. С. Основи комунікативної лінгвістики. Київ : Вид. центр «Академія», 2004. 342 с.
2. Васильченко В'ячеслав. Мовна гра : Гра слів. URL: <https://uain.press/blogs/movna-gra-gra-sliv-690863> (дата звернення: 25.09.2025).
3. Горелов І. Н., Сєдов К. Ф. Основи психолінгвістики. Вид-во «Лабіринт», 2001. 304 с.
4. Космеда Т. А., Халіман О. В. Мовна гра в парадигмі інтерпретативної лінгвістики. Граматика оцінки. Граматична ігра (теоретичне осмислення дискурсивної практики). Дрогобич : Коло, 2013. 228 с.
5. Нізамутдінов Ф. М., Григораш Т. В. Мовна гра в комунікативному просторі ЗМІ та реклами. URL: http://vestnik-philology.mgu.od.ua/archive/v26/part_2/40.pdf (дата звернення : 25.09.2025).
6. Селіванова О. О. Сучасна лінгвістика : напрями та проблеми. Полтава : Довкілля-К, 2008. 711 с.
7. Чуковський К. І Від двох до п'яти. Дискурс. 2019. 512 с.
8. Яшенкова О. В. Основи теорії мовної комунікації. Київ : Видавничий центр «Академія», 2010. 310 с.
9. Language game. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Language_game_\(philosophy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Language_game_(philosophy)) (дата звернення : 25.09.2025)
10. Eleanor and Herbert Farjeon. Kings and Queens. J. M. Dent & Sons Ltd, 1985. 64 p. ISBN-10:0460061275. ISBN-13:978-0460061278.
11. John Godfrey Saxe. The Blind Men and the Elephant. URL: <https://allpoetry.com/The-Blind-Man-And-The-Elephant> (дата звернення : 25.09.2025).

12. Joyce Goggin. Play and Games in Fiction and Theory. URL: <https://journals.openedition.org/angles/2561> (дата звернення : 25.09.2025).
13. Thomas Love Peacock. The priest and the mulberry-tree. URL: <https://www.poetrynook.com/poem/priest-and-mulberry-tree#googlevignette> (date of access: 25.09.2025).
14. Patrick Barrington. I had a hippopotamus. URL: <https://www.poemhunter.com/poem/i-had-a-hippopotamus> (date of access: 25.09.2025).

UDC 711.4

FRACTAL APPROACHES TO THE STUDY OF URBAN MORPHOLOGY

Lysiak S. K.¹, Stud., Kharlan O. V.², Cand. Arch., Assoc. Prof.,
Suvorova T. O.³, Sen. Lec., Shashkina N. I.⁴, Cand. Sc. (Philology), Assoc. Prof.

¹⁻⁴ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹20037arc.lysiak@365.pdaba.edu.ua, ²alexkharlan@pdaba.edu.ua,
³suvorova0873@gmail.com, ⁴shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Problem Statement. Urban morphology investigates the spatial forms and historical patterns of city development. Alongside traditional approaches, new methods are gaining increasing importance, including fractal analysis, agent-based modeling, artificial intelligence, and spatial metrics.

European researchers (P. Geddes, M.R.G. Conzen, Whitehand, Mughavin, M. McAdams) established fundamental principles for analyzing urban structures. The American Chicago school of urban studies (H. Hoyt, C. Harris) introduced ecological perspectives, while Latin American scholars developed their own conceptual models (Ford, Arreola, Curtis, McAdams) [3]. In 1996, M. Batty published *Fractal Cities*, the first comprehensive application of fractal analysis to urban structures, and later expanded these ideas in *Cities and Complexity* (2005).

Fractal analysis enables the assessment of urban forms through parameters such as dimension, scalability, and fragmentation (Falconer, 2003). Unlike “pure” mathematical fractals, real cities evolve unevenly under the influence of topography, historical periods, and polycentric organization (McAdams, 1995). Shen (2002) confirmed the fractal nature of urban morphology, while emphasizing the need for comparative studies across cities [2]. The conceptual foundation for fractal approaches was introduced by B. Mandelbrot in *The Fractal Geometry of Nature* (1982), where he demonstrated the universality of fractal structures in both natural and artificial systems. This idea subsequently became a cornerstone for applying fractal geometry to urban analysis [1].

Research objective. To demonstrate the potential of fractal approaches as a tool for analyzing urban morphology, and to reveal their possibilities when combined with social surveys and digital modeling.

Research results. During the course of the study, a detailed vector model of the city’s administrative boundaries was developed, serving as the foundation for the subsequent formation of a fractal structure using modern software tools and artificial intelligence methods. In parallel, a social survey was conducted among residents, in which they identified their own “personal boundaries” – spaces encompassing their places of residence, work, and leisure. The analysis of the collected data revealed significant discrepancies between the official administrative borders and the mental image of the city held by its inhabitants. Based on these findings, a methodology was proposed for comparing the “objective” and “subjective” models of the urban environment, allowing for the identification of potential zones of concentrated social and economic activity, assessment of spatial imbalances, and forecasting the development of transport infrastructure, public spaces, and other key elements of the urban landscape.

Conclusions. Fractal approaches have demonstrated significant effectiveness in the study of urban morphology, as they allow for the integration of rigorous mathematical modeling with the complex social dimension of urban life. By combining spatial data with insights derived from residents’ perceptions and behaviors, these methods enable a more comprehensive understanding of

the city as a dynamic, multi-layered system. The results of this study provide a solid foundation for developing strategies aimed at promoting balanced urban development, optimizing the use of public spaces, and enhancing the overall quality of life for city residents. Furthermore, such approaches can inform the planning of transport infrastructure, the identification of areas of high social and economic activity, and the mitigation of spatial imbalances, contributing to the creation of more sustainable and livable urban environments.

References

1. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York : W.H. Freeman and Company, 1982.
2. Batty M. and Longney P. Fractal cities : a geometry of form and function. Academic Press, London and San Diego, 1996.
3. Arreola D. and Curtis J. The Mexican Border Cities: Landscape Anatomy and Place Personality. Tucson : University of Arizona Press, 1993.

UDC 004.8:624.042.7

PROBABILISTIC DEEP LEARNING FOR REAL-TIME SEISMIC DAMAGE ASSESSMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Nikiforova Tetiana¹, Prof., Doct. Sc. (Tech.),

Ponomarova Olena², Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.),

Balashova Yuliia³, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.), **Balashov Andrii⁴**, Stud.

¹⁻⁴*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹t.d.nikiforova@ust.edu.ua, ²o.a.ponomarova@ust.edu.ua,

³yu.b.balashova@ust.edu.ua, ⁴andbalashov@hotmail.com

Abstract. This paper presents a new probabilistic deep learning framework for real-time assessment of seismic damage to reinforced concrete structures. The inherent uncertainty of seismic events, material properties, and sensor measurements poses serious challenges for traditional deterministic damage detection methods. To address this problem, we propose a Bayesian convolutional neural network (BCNN) that integrates a temporal attention mechanism to process time series data from a distributed network of accelerometers.

Problem Statement. The resistance of urban infrastructure to seismic and blast-induced hazards is one of the key tasks of modern construction, and is particularly relevant in the context of military operations and the growing risk of explosive impacts [1]. Reinforced concrete structures (RC), which are common in residential, civil, and public construction, are highly vulnerable during strong earthquakes and blast loads. A quick and maximally objective assessment of their behavior after extreme external actions is critically important for ensuring the safe and reliable operation of buildings and structures, as well as for developing projects for their restoration and/or reconstruction.

Research Objective. The objective of this study is to develop a probabilistic deep learning methodology for real-time detection and classification of damage to reinforced concrete frame structures with a quantitative assessment of forecast uncertainties. The task is to overcome the limitations of deterministic methods and create a tool capable of providing engineers with reliable information for decision-making after earthquakes or other extreme external events.

Traditional methods of assessing the technical condition of structures, in particular visual inspections, are characterized by slowness, subjectivity, and limited ability to detect internal damage [2]. Instrumental approaches based on non-destructive testing (NDT) provide more objective results and cover a wide range of methods, including ultrasonic testing to detect cracks and concrete homogeneity, acoustic emission to record the development of microdamage, X-ray and gamma defectoscopy for detecting internal defects, infrared thermography for identifying voids and delamination areas, eddy current and magnetic particle analysis, as well as vibration and mechanical

tests (Schmidt hammer, sclerometry, vibration frequency analysis). Along with visual-optical technologies (digital imaging, photogrammetry, 3D scanning), these methods provide the basis for more in-depth diagnostics of the technical condition of structures. At the same time, their application requires significant financial and time resources, specialized equipment, and expert interpretation of results, which limits their effectiveness in large-scale engineering practices. In this context, a promising direction is the introduction of structural health monitoring (SHM) systems capable of integrating branched sensor networks and providing continuous automated damage assessment in real time, although such systems face challenges in processing large amounts of data and interpreting the nonlinear behavior of reinforced concrete structures.

Recent research in the field of machine and deep learning demonstrates high efficiency in detecting damage to buildings and structures based on vibration measurements. However, most existing approaches provide only deterministic predictions, ignoring uncertainties – both aleatory (related to sensor noise or soil movement variability) and epistemic (stemming from model simplifications) [3–5]. For seismic safety or extreme events, a quantitative assessment of uncertainties is a prerequisite for reliable decision-making [6–8].

Research Results. The proposed BCNN-TA model achieves high classification accuracy while providing meaningful, well-calibrated uncertainty estimates. By training on a large-scale, high-fidelity synthetic dataset, the model learns to map complex spatio-temporal acceleration data directly to physically meaningful damage states.

The ability to decompose uncertainty into its epistemic and aleatoric components is a significant advancement over deterministic methods. It allows the system to communicate not just what it predicts, but also how confident it is in that prediction and why. Such information is extremely valuable for making decisions regarding the restoration, reinforcement, or reconstruction of damaged buildings and structures from the effects of extreme external forces (seismic loads, explosions, etc.), as it allows design engineers to determine priorities for the urgent restoration of emergency structures and the allocation of resources based on the data obtained on structural damage.

Conclusions. These steps will advance the development of intelligent, reliable SHM systems that support more resilient societies.

References

1. Gkournelos P.D., Triantafillou T.C. and Bournas D.A. Seismic upgrading of existing reinforced concrete buildings : a state-of-the-art review. *Engineering Structures*. Vol. 240, 1 August 2021, p. 112273. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112273>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029621004235>
2. Qiang Li, Jingfa Zhang and Hongbo Jiang. Incorporating multi-source remote sensing in the detection of earthquake-damaged buildings based on logistic regression modelling. *Heliyon*. Vol. 10, iss. 12, 30 June 2024, p. e32851. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32851>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024088820>
3. Alex Kendall and Yarin Gal. What Uncertainties Do We Need in Bayesian Deep Learning for Computer Vision? *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)*. 2017. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.04977>; <https://arxiv.org/abs/1703.04977>
4. Armen Der Kiureghian and Ove Ditlevsen. Aleatory or epistemic? Does it matter? *Structural Safety*. Vol. 31, iss. 2, 03.2009, pp. 105–112. URL: <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2008.06.020>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167473008000556?via%3Dihub>
5. Hüllermeier E. and Waegeman W. Aleatoric and epistemic uncertainty in machine learning: an introduction to concepts and methods. *Machine Learning*. 2021, vol. 110 (3), pp. 457–506. DOI:10.1007/s10994-021-05946-3; URL: <https://arxiv.org/pdf/1910.09457>
6. JL Beck and Siu-Kui Au. Bayesian updating of structural models and reliability using Markov chain Monte Carlo simulation. *Journal of Engineering Mechanics*. 2002, vol. 128 (4), pp. 380–391. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9339. URL: https://www.researchgate.net/publication/292133004_Bayesian_updating_of_structural_models_and_reliability_using_Markov_chain_Monte_Carlo_simulation

7. Qi-Ang Wang, Jin Chen, Yi Qing Ni, Yu Feng Xiao, Ning Bo Liu, Shu Kui Liu and Wang Sheng Feng. Application of Bayesian networks in reliability assessment : a systematic literature review. *Structures*. Vol. 71, January 2025, p. 108098. URL: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.108098>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012424022525>

8. Agnieszka Lesniak and Filip Janowiec. Application of the Bayesian Networks in Construction Engineering. *Civil and Environmental Engineering Reports*. 2020, vol. 30 (2), pp. 221–233. DOI:10.2478/ceer-2020-0028; URL: <https://www.researchgate.net/publication/343964625> Application of the Bayesian Networks in Construction Engineering

UDC 711, 712.2

OPERATIONAL MODEL FOR DESIGNING RECREATIONAL AREAS IN INDUSTRIAL ZONES OF THE PRYDNIPROVSK REGION : SYNTHESIS OF UKRAINIAN REGULATIONS AND INTERNATIONAL STANDARDS

Panchenko Tamara¹, People’s Architect of Ukraine, Dr. of Arch., Prof.,
Merylova Iryna², Ph. D., Assoc. Prof., **Kharlan Oleksandr**³, Ph. D., Assoc. Prof.,
Shvets Iryna⁴, Sen. Lect.

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture,*
²⁻⁴*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”*
of the Ukrainian State University of Science and Technologies
panchenko.tf@knuba.edu.ua, merylova.iryana@pdaba.edu.ua,
alexkharlan@pdaba.edu.ua, i.a.shvets@ust.edu.ua

Problem Statement. Ukraine’s regulatory framework spans urban planning, land use, and environmental protection laws, as well as state building codes and sanitary regulations. It proclaims principles of sustainable development, environmental safety, and efficient resource use; however, in practice requirements are often fragmented, compliance is treated formally, and there is a gap between planning decisions and impact-assessment procedures. This is especially evident in industrial zones under critical technogenic pressure, where any design solution must comply with sanitary-protection setbacks, engineering-infrastructure constraints, safety requirements, and public-participation provisions.

Under these conditions, it is timely to introduce an operational model that combines mandatory Ukrainian instruments of construction policy (laws, building codes, etc.) with international sustainability frameworks for territorial development (ISO 14001, ISO 37120, LEED/BREEAM approaches) as an overlay to enhance the quality of decisions and the transparency of project monitoring. This approach translates general principles into manageable steps through a clear staging of documentation, assignment of responsibilities, and performance metrics.

Aim: to develop a practical model for designing recreational areas in the industrial zones of the Prydniprovsk Region, aligned with Ukrainian and international standards.

Methods. The study combines a comparative-regulatory analysis; development of a compliance matrix linking stages of project documentation with standard requirements; and spatial-analytical (GIS) methods for industrial territories, demonstrated on the Prydniprovsk Region case.

The regulatory analysis draws on current Ukrainian legislation, state building codes, and sanitary rules. For each instrument, the study specifies mandatory provisions relevant to recreational areas in industrial zones (sanitary-protection setbacks, environmental constraints, composition of design documentation, etc.). In addition, a comparative review of international norms and guidance for recreational-area planning is applied, including ISO 14001:2015 (with Amendment 1:2024 “Climate action changes”) and BREEAM Communities as a framework for territorial planning and revitalization. On this basis, a compliance matrix was compiled.

Results. The case study focuses on Dnipro city, aligned along a river corridor with floodplains, terraces, and ravines. Its urban fabric combines elongated industrial belts tied to roads

and rail, mixed-period housing, and fragmented green infrastructure. For recreational reorganization, this configuration implies two primary constraints: sanitary-protection setbacks from industrial facilities and water-protection buffer zones, which impose a strict framework for planning decisions.

Within the study, a spatial-analytical (GIS) workflow was implemented: buffering of sanitary-protection zones and other constraints (water-protective belts, utility corridors) in accordance with current regulations; assessment of green infrastructure and ecological connectivity (continuity of “green corridors”, accessibility radii) aligned with EU Green Infrastructure policy and relevant methodological guidance [3].

A “compliance matrix” is proposed that integrates the GIS analysis, required documentation set, design regulations, and corresponding indicators as a tool for quality management and process transparency in areas with high technogenic pressure. For site prioritization in Dnipro, a multicriteria approach was applied. The results can be used by local governments, design organizations, and developers in transforming industrial territories into recreational spaces.

Conclusions. The development of project documentation for recreational areas in the industrial zones should be grounded in a comprehensive approach that ensures compliance with national norms and environmental legislation and integrates international sustainability frameworks. Accounting for European environmental standards – particularly in the context of EU integration – is a critical step, as the harmonization of regulatory bases and design standards will enhance the international competitiveness of Ukrainian projects. This, in turn, will support the long-term sustainable development of territories and the restoration of ecological balance in industrial regions such as the Prydniprovsk Region.

References

1. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use; ISO 14001:2015/Amd 1:2024. Climate action changes. Geneva : ISO, 2015/2024. URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html>; <https://www.iso.org/standard/88209.html>
2. BRE Global. BREEAM Communities Technical Manual. URL: <https://breeam.com/standards/communities>
3. European Commission. Green Infrastructure (GI) : Enhancing Europe’s Natural Capital. COM (2013) 249 final, 06.05.2013. Brussels : EU, 2013. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>

UDC 72.042:697:711.4:005.336.1

ADAPTIVE TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL SOLUTIONS FOR ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS IN POST-CONFLICT URBAN ENVIRONMENTS

Papirnyk R. B.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., **Dikarev K. B.**², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., **Kataiev A. S.**³, Postgrad. Stud., **Koval V. V.**⁴, Master

¹⁻⁴*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” of the Ukrainian State University of Science and Technology*

¹ruslan.b.papirnyk@pdaba.edu.ua, ²dikarev.kostiantyn@pdaba.edu.ua, ³kataev2712@ukr.net,

⁴valery.valeriyovich.koval.27@gmail.com

Abstract. This study dives into a pressing problem: the energy inefficiency plaguing Ukraine’s old housing stock, where most buildings went up before 1990 and just can’t keep up with today’s energy standards. These homes, with their thin walls, leaky windows, and outdated heating systems, waste heat like crazy and cost a fortune to run, especially in a country already stretched thin by conflict. To tackle this, the paper lays out a thorough approach that blends thermo-technical modelin – figuring out how heat moves through these structures – life cycle cost analysis (LCCA) to weigh the long-term financial impact, and multi-criteria decision-making (MCDM) tools to balance different priorities. This mix lets us test a range of options, from simple upgrades like better

windows to full-on deep retrofits with new insulation and heating systems, giving us a clear sense of what works.

The results are promising and show real potential. By running these scenarios, we found that energy savings could be substantial, cutting down how much heat and power these homes guzzle. On top of that, greenhouse gas emissions drop noticeably, and people inside get to enjoy warmer, more comfortable living spaces – something vital in a post-conflict setting where every comfort counts. The findings offer practical, hands-on advice for policymakers and builders trying to rebuild smarter, pointing to medium-depth retrofits as the sweet spot. These upgrades strike a balance, delivering solid improvements without breaking the bank or overwhelming local resources, making them a smart choice for Ukraine’s recovery journey.

Problem Statement. Ukraine is grappling with two big tasks at once – rebuilding homes wrecked by war and fixing up the energy inefficiency of buildings put up before 1990. These older structures gulp down two to three times more energy than what’s typical in the EU, thanks to flimsy insulation, outdated heating setups, and systems that barely regulate heat properly. This mess leads to sky-high running costs that hit residents hard, adds strain on the environment with all that wasted energy, and leaves people shivering or sweating in uncomfortable homes. On top of that, tight budgets, shaky institutional support, and not enough trained workers make it tough to roll out big thermal modernization projects across the country. Because of this, there’s a real need for flexible technical and organizational fixes to bring Ukraine’s housing in line with global energy efficiency goals and make life better for everyone.

Purpose of the Study. The goal of this study is to create and put to the test a clear, step-by-step decision-making process for picking and putting into action building retrofit solutions that fit Ukraine’s tough post-conflict reality. We’re looking at all angles – technical know-how, economic sense, environmental impact, and even how it affects people – zeroing in on things like how much energy can be saved, whether it’s cost-effective, if it’s doable with what’s available, and how it holds up for the long haul. It’s about finding a way to make homes better that works for Ukraine right now.

Results. We took approach and applied it to multi-family residential buildings put up between 1960 and 1985 – structures that have been standing for decades and are ready for a refresh. To see what could work best, we tested three different retrofit scenarios, each with its own flavor and results. Scenario A (Basic Retrofit) focused on swapping out old windows and adding a bit of wall insulation, which trimmed energy use by about 15 %. This quick fix came with a payback period of 6–7 years, making it a fast win for homeowners looking to save without too much upheaval. Then came Scenario B (Medium Retrofit), where we went further with full insulation for walls and roofs, paired with upgrades to the heating systems. This combo cut energy consumption by 25–30 % and stretched the payback to 9–12 years, offering a solid middle ground. Finally, Scenario C (Deep Retrofit) pulled out all the stops – overhauling the whole envelope, installing cascaded boilers for better heat control, and adding heat recovery ventilation. This big effort slashed energy demand by 40–45 %, though it took longer to pay back at 14–17 years, reflecting the deeper investment required [1–2].

When we weighed everything using a multi-criteria evaluation – looking at energy savings, costs, and how easy it is to pull off – Scenario B came out on top. It struck the right balance, delivering good efficiency and financial sense without overwhelming local resources or skills. Scenario C shone brightest on the environmental side, saving up to 65 kg of CO₂ per square meter each year, but its higher costs and logistical challenges – like getting materials to damaged sites – held it back. Scenario A, while appealing with its quick 6–7-year payback, didn’t deliver the long-term benefits the others did, leaving it as a short-term fix. These outcomes feel familiar when we look at what’s happening elsewhere. Studies from Central and Eastern Europe point to big energy savings from insulation and heating tweaks, while work on post-war office buildings shows how retrofits can lift comfort and productivity. Research on conflict-hit housing proves sustainable upgrades are doable, and insights into Ukraine’s energy efficiency struggles highlight how institutional roadblocks shape what’s possible – mirroring the challenges and opportunities we uncovered here [3–4].

Conclusion. After digging into the results, this research points to medium retrofits – Scenario B – as the most balanced and doable option moving forward for Ukraine. These upgrades bring solid energy savings of 25–30 %, with payback periods stretching from 9 to 12 years, which feels manageable given the tight budgets and tricky conditions we’re working with. On the other hand, deep retrofits like Scenario C pack a punch with long-term environmental wins – cutting CO₂ emissions by up to 65 kg per square meter yearly – but they come with a hefty price tag and need a lot of financial backing and organizational muscle to pull off, making them a tougher sell right now.

To make these retrofits work on a bigger scale across Ukraine, some smart policy moves are a must. Think subsidies to ease the upfront costs for homeowners and builders, setting clear minimum standards for retrofits to keep quality up, launching training programs to get workers skilled in modern techniques like insulation or ventilation, and weaving in renewable energy options – maybe rooftop solar – to boost the impact. The methodology we’ve laid out acts like a handy guide, helping decision-makers line up reconstruction efforts with sustainable energy goals. It’s a tool that not only supports the push to rebuild after the conflict but also builds a tougher, greener future for the long haul.

References

1. Mišík M., Oravcová V. and Vicenová R. Energy efficiency of buildings in Central and Eastern Europe : room for improvement. *Energy Efficiency*. 2024, vol. 17, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1007/s12053-024-10215-y>
2. Duran Ö. and Lomas K.J. Retrofitting post-war office buildings: Interventions for energy efficiency, improved comfort, productivity and cost reduction. *Journal of Building Engineering*. 2021, vol. 42, p. 102746. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102746>
3. Rezk J., Pons-Valladares O. and Muñoz-Blanc C. Evaluating Sustainability in Post-Conflict Reconstruction : a Case Study of Blast-Damaged Buildings Without Structural Collapse Risk in Syria. *Buildings*. 2025, vol. 15, no. 3, p. 369. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings15030369>
4. Lyulyov O. et al. The Impact of the Government Policy on the Energy Efficient Gap : the Evidence from Ukraine. *Energies*. 2021, vol. 14, no. 2, p. 373. URL: <https://doi.org/10.3390/en14020373>
5. Dikarev K.B., Papirnyk R.B., Koval V.M. and Tkach T.V. The role of state policy in stimulating the development of the construction industry in Ukraine during the war. ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 2025. URL: <http://srd.pdaba.edu.ua:8080/bitstream/123456789/15672/1/DIKAREV.pdf>
6. Dikarev K.B., Papirnyk R.B., Koval V.M. and Koval V.V. Relevance of modern technologies application in monolithic construction. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2024, no. 5 (023), pp. 77–85.

UDC 72.01

THE ROLE OF RAVINES AS TRANSPORT CORRIDORS IN THE FORMATION OF THE COMMUNICATION INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF DNIPRO

Petko Mariia¹, Stud., **Kharchenko K. S.²**, Ph. D., Assoc. Prof.,
Shashkina N. I.³, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹petkomasha0@gmail.com, ²katerinaharchenko75@gmail.com, ³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Problem Statement. The city of Dnipro is characterized by a complex transport situation. Traditional approaches to the development of the street and road network are limited by dense urban fabric and a shortage of free land. At the same time, ravine systems, which are a distinctive feature of the city’s geomorphology, remain an underutilized resource in the organization of transport corridors. The following problems should be analyzed (discussed): the limitations of traditional approaches to urban transport infrastructure, the underuse of ravine systems as potential corridors, and the need for a comprehensive assessment of their integration into the city’s mobility framework.

Research Objective. To analyze the transport role of ravine territories in the structure of Dnipro, to assess the possibilities of their use for the creation of new transport corridors, and to develop recommendations for the integration of ravine landscapes into the system of urban mobility, taking into account ecological and engineering aspects.

Research Results. The ravine systems of Dnipro represent a unique natural element of the urbanized environment, performing a multifunctional role in the development of the city. They not only preserve remnants of natural landscapes but also influence the spatial structure and planning organization of urban areas. Ravines act as natural ventilation channels improving the microclimate, serve as barriers against chaotic development, and determine the directions of transport routes. Alongside their ecological value, ravines fulfill engineering and technical functions — serving as transit zones for utilities and as accumulators of surface and groundwater. In contemporary urban planning, they are increasingly regarded as potential “green corridors” capable of combining recreational and transport roles while improving the comfort of the urban environment. Thus, studying their role in shaping Dnipro’s infrastructure is an important step toward establishing a sustainable and balanced model of urban development [3].

A significant scientific foundation for this research is the work of Yu.V. Chebanova “Erosion-Ravine Landscape Areas”, which demonstrates the multifunctionality of ravines: they may act not only as elements of biodiversity and components of the hydrological network but also as natural spatial corridors for infrastructure. The author emphasizes the importance of considering ravines as a resource in landscape planning, directly correlating with their potential transport use within urban areas [4].

It has been established that the integration of ravine systems into transport planning offers several advantages: the possibility of creating new roads without large-scale demolition of existing development; the natural orientation of ravines, which provides logical transport directions; and the potential to combine transport, ecological, and recreational functions (the creation of “green highways”). At the same time, a number of challenges were identified: complex geological conditions (slopes, erosion processes, landslide risks); the need for engineering and anti-erosion measures; and possible conflicts between transport use and the ecological value of ravines [4].

The dissertation of R.V. Didur focuses on the interaction of road landscape systems with natural conditions and on developing recommendations for their optimization. It addresses the structure of landscapes, the impact of road facilities on the environment, and strategies to mitigate negative effects. Such research provides valuable insights into the principles of integrating transport infrastructure with natural landscapes, which is especially relevant when planning transport corridors through ravines in urban areas [2].

A comparative analysis of ravine systems in Ukrainian cities highlights the case of Kyiv. In O.V. Anatskyi’s study “Development and Transformation of Gullies and Gully Systems on the Right Bank of the Dnipro in Kyiv”, it is shown that urbanization significantly alters the morphology of gullies and ravines. The author argues that changes in form and depth, intensified erosion, and human intervention directly affect the potential of such areas for infrastructural use. This confirms the necessity of a comprehensive approach to planning transport corridors in ravines, accounting for both natural and anthropogenic factors. For Dnipro, this experience is especially valuable, as it allows the prediction of risks and supports the balanced integration of transport, ecological, and recreational functions of ravine systems [1].

In the body of scientific literature dedicated to ravines as elements of urban space, several key directions can be identified. Chebanova emphasizes the multifunctionality of ravines and their importance for territorial planning; Didur focuses on optimizing transport corridors under landscape conditions; while Anatskyi highlights the impact of urbanization on morphology and erosion processes. Taken together, these works provide a foundation for evaluating ravines as resources for integration into Dnipro’s transport and recreational infrastructure [1–4].

The integration of ravine territories into the city’s transport infrastructure requires a comprehensive approach that combines engineering solutions with environmental protection measures. Among the key strategies are: the creation of “green highways” – combining transport routes with recreational zones and landscaping; terracing and slope stabilization using bioengineering technologies to reduce erosion and landslide risks; the development of pedestrian

and bicycle routes along ravine bottoms, supplementing vehicular roads and supporting sustainable mobility; landscape integration of bridges and overpasses with attention to visual and aesthetic aspects; and the establishment of protective vegetation to minimize noise and air pollution in adjacent residential areas [2–4].

Conclusions. The ravine systems of Dnipro have considerable potential for the formation of new transport corridors that can reduce the load on major highways and improve urban mobility. Research confirms that ravines should be considered as multifunctional resources, combining transport, ecological, and recreational roles. Their integration into the city’s transport infrastructure will contribute to the development of a more sustainable and balanced urban system, where natural landscapes are effectively combined with the needs of mobility.

References

1. Anatskyi O.V. Development and Transformation of Gullies and Gully Systems on the Right Bank of the Dnipro in Kyiv. *Visnyk of Kyiv National University. Geography*. 2010, no. 1, pp. 45–52.
2. Chebanova Yu.V. Erosion-Ravine Landscape Areas: Structure, Development and Use: dissertation ... PhD in Geography. Melitopol : Tavria State Agrotechnological University, 2005, 204 p.
3. Litman T. Evaluating Transportation Land Use Impacts [Електронний ресурс]. Victoria Transport Policy Institute, 2021. URL: <https://www.vtpi.org>
4. Didur R.V. Road Landscape-Engineering Systems : Structure, Optimization (on the Example of the Kyiv – Odesa Highway) : dissertation ... PhD in Geography: 11.00.11. Vinnytsia : Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, 2008, 212 p.

UDC 69.059

INCREASING THE RELIABILITY OF THE CONSTRUCTION PROJECT BY USING THE METHOD OF MODELING THE POSSIBLE OCCURRENCE OF AN ACCIDENT ACCORDING TO THE ALGORITHM

Pichugin S. F.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., **Klochko L. A.**², PhD

¹National University “Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic”,

²BEG SA Géologie & Environnement Switzerland

¹pichugin.sf@gmail.com, ²lina.klochko@beg-geol.ch

Problem Statement. Modern trends in construction demonstrate a rapid increase in the complexity and responsibility associated with building structures. Under these conditions, the issues of reliability and safety acquire paramount importance. One of the most effective engineering tools for assessing and preventing potential failures is the algorithm for modeling collapse scenarios of buildings and structures [1; 2].

Research Objective. The proposed algorithm is recommended for implementation by designers both at the stage of developing new buildings and for assessing the technical condition of existing structures. Its essence lies in the step-by-step analysis of possible failure scenarios that may occur during construction and operation, followed by the evaluation of their probability and the scale of consequences.

An analysis of accident statistics of the 21st century, conducted by us and presented in previous works [1], shows that major failures occur not only in high-rise buildings but also in industrial and public facilities of medium responsibility class. Frequent causes include the use of low-quality materials, violations of construction or demolition technology, untimely repair works, exceeding design loads, fires, and explosions.

These factors determined the need to create a universal modeling algorithm that covers a wide range of accident scenarios characteristic of buildings with different functional purposes.

Research Results. The developed algorithm provides for three levels of significance in the analysis:

- **Mandatory level** – basic accident scenarios that must be verified during the design stage;
- **Necessary level** – additional scenarios that enhance reliability, though not required by standards;
- **Recommended level** – scenarios that take into account the specific features of the construction site or operating conditions.

For an industrial building, six accident scenarios were modeled for the first level of significance (Fig. 1), namely:

- Possible failures at the construction and commissioning stage (2 scenarios): verification for calculation errors (roof structures) and analysis of the frame’s performance under potential violations of building regulations or deviations from the design.
- Possible failures during operation (4 scenarios): modeling the collapse of load-bearing frame structures under excessive vibration loads on the floor system, modeling the probability of an explosion inside the building, untimely repair or incorrect reconstruction, and the scenario of improper demolition of frame structures.

For the second level of significance, three accident scenarios were modeled for the industrial building (Fig. 1), namely:

- Possible failures at the construction and commissioning stage (2 scenarios): verification for calculation errors (supporting frame structures) and the use of inappropriate material.
- Possible failures during operation (1 scenario): collapse of load-bearing frame structures under extreme loads on the upper spans.

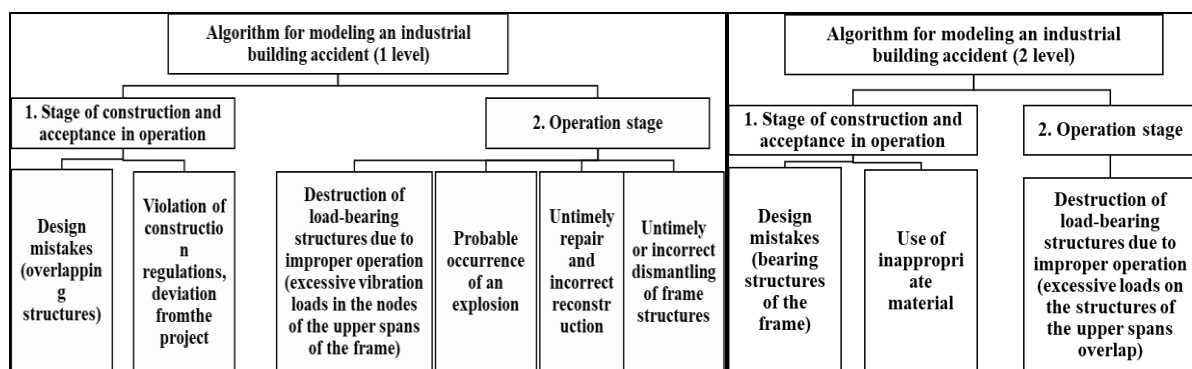


Fig. 1. Algorithm for modelling the 1st and 2nd level of significance of the possible industrial building accidents occurrence

Calculations of both economic and non-economic consequences were carried out, which in turn made it possible to establish the responsibility level of the building and the potential losses resulting from possible failures.

As a result of implementing the algorithm for modeling potential accidents on the construction site, the following findings were obtained:

- When modeling accident scenarios for all levels of significance, no avalanche-type collapse of the frame structures occurred, which indicates that the studied building is not prone to progressive collapse.
- Collapse during the simulations was limited to local areas.
- The most hazardous scenarios for this building are: the potential occurrence of an explosion, untimely or improper demolition, and the decommissioning of a key floor element.
- According to the above-mentioned most hazardous accident scenarios, it is advisable to recommend strict compliance with the schedule of technical inspections of the building in accordance with national standards, and, if necessary, to develop a demolition or reconstruction project upon completion of the building’s service life.

Conclusions. The practical application of the algorithm has demonstrated its effectiveness and potential use as a tool for ensuring the reliability and safety of buildings and structures.

References

1. Pichugin S.F. and Klochko L.A. Building Accident Causes at a Stage of Construction and Acceptance in Operation. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018, vol 7, no. 3.2, pp. 311–315.
2. Pichugin S.F. and Klochko L.A. Algorithm for modeling possible failures at the construction site. *Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2021, vol. 2 (57), pp. 14–19.

UDC 72.012:658.626:659.127.8

QUALITATIVE EMPIRICAL FINDINGS ON THE POTENTIAL OF INNOVATIONS 4.0 IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Porubčinová Martina¹, Researcher, Sociologist, M.A., Ph.D.,
Novotná Ivana², Researcher, M.A., Ph.D., Researcher,
Blahová Jarmila³, M.A., Ph.D., Researcher, **Gajniak Ondrej**⁴, JUDr., Lecturer
¹*Centre of Social and Psychological Sciences, Slovak Academy of Sciences,*
²*Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology,*
³*Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology,*
⁴*Faculty of Civil Engineering, Department of the Humane Sciences,*
Slovak University of Technology
[1progmpor@savba.sk](mailto:progmpor@savba.sk), [2ivana.novotna@stuba.sk](mailto:ivana.novotna@stuba.sk), [3jarmila.blahova@stuba.sk](mailto:jarmila.blahova@stuba.sk),
[4ondrej.gajniak@stuba.sk](mailto:ondrej.gajniak@stuba.sk)

Abstract. This paper presents qualitative findings on the potential of selected visualization and data-driven technologies (AR/VR, BIM, AI) for sustainable Construction 4.0 development. Based on expert interview findings, the benefits and challenges of adopting these technologies were identified across the economic, environmental, and social dimensions of sustainability in Construction 4.0. Key benefits include improved team cooperation, cost and error reduction, time savings, and higher productivity. The main risks involve high investment costs, errors during adoption, and potential limitations to creativity.

Problem Statement. Sustainable Construction 4.0 represents a broad framework of emerging Innovations 4.0 in Construction, implemented to support sustainability in Construction sector. Prior studies highlight the integration of BIM with IoT, VR/AR, and AI to improve design, energy efficiency, and information management in the areas of construction monitoring, early warning, resource management, and a safety at work, with customer centric approach being a strategic focus of Sustainable Construction 4.0. Challenges remain in BIM–GIS, BIM–BEM, and BIM–3D printing integration, as well as in addressing environmental and social impacts, such as e-waste or labour substitution.

Research Objective. The study aimed to assess the potential of BIM and related technologies to support economic, environmental, and social sustainability in Construction 4.0, based on expert interviews with 12 Slovak professionals from business and academia.

Research Results. Experts emphasized energy savings for heating and cooling, leading to better building design, simulation of energy consumption and establishment of material requirements for low-energy buildings. Economic benefits were identified in lower error rates, reduced project risks, reduced delays, collision avoidance, improved logistics, and more accurate estimates of planned costs. time savings, increased productivity and efficiency through avoidance of mistakes and rapid data delivery. Social benefits included enhanced cooperation, including over long distances emergence of new professions and job positions, time savings. quick data delivery enabling better understanding, commenting, communication, and feedback, flexibility and possibility to make changes during projects, as well as creation of new positions such as BIM manager or “super-engineer”. Challenges were pointed out in case of technical limits, as well as lack of process compatibility and detail management, risk of errors when introducing new

processes, and necessity of technology investment. Challenges covered also risk of errors when introducing processes, possible perceived limitation of personal creativity, reluctance to adapt to innovations, fear of the unknown and expected loss of job positions, affecting both manual and mid-level qualification roles.

Conclusions. Empirical findings confirm that BIM, AR/VR, and AI can support sustainable Construction 4.0 across economic, environmental, and social dimensions. Key benefits lie in cooperation, efficiency, and productivity, while challenges include costs, skills training, integration issues, and user acceptance. Awareness of both opportunities and risks is essential for managers and technologists to enable sustainable innovation and evidence-based adoption of Innovations 4.0 in the construction sector.

Acknowledgements. The publication was written within the scope and financial support of the research project VEGA no. 2/0013/24 “Acceptance and use of Innovations 4.0 in relation to cognitive gains and load in the context of sustainable development goals”.

References

1. Arashpour M. et al. Computer vision for anatomical analysis of equipment in civil infrastructure projects: Theorizing the development of regression-based deep neural networks. *Automation in Construction*. 2022, vol. 137, p. 104193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104193> (date of access: 10.09.2025).
2. Bastos Porsani G. et al. Interoperability between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Model (BEM). *Applied Sciences*. 2021, vol. 11 (5), p. 2167. URL: <https://doi.org/10.3390/app11052167> (date of access: 9.09.2025).
3. Darko A. et al. Building information modeling (BIM)-based modular integrated construction risk management – Critical survey and future needs. *Computers in Industry*. 2020, vol. 123, p. 103327. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103327> (date of access: 10.09.2025).
4. Kozlovskaya M., Klosova D. and Strukova Z. Impact of Industry 4.0 Platform on the Formation of Construction 4.0 Concept : a Literature Review. *Sustainability*. 2021, vol. 13, p. 2683. URL: <https://doi.org/10.3390/su13052683> (date of access: 11.09.2025).
5. Mohammed B.H. et al. Internet of Things-Building Information Modeling Integration: Attacks, Challenges, and Countermeasures. *IEEE Access*. 2022, vol. 10, pp. 74508–74522. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3190357> (date of access: 11.09.2025).
6. Shahin-Moghadam M., Natephra W. and Motamedi A. BIM- and IoT-based virtual reality tool for real-time thermal comfort assessment in building enclosures. *Building and Environment*. 2021, vol. 15, p. 107905. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107905> (date of access: 9.09.2025).
7. Statsenko L. et al. Construction 4.0 technologies and applications: a systematic literature review of trends and potential areas for development. *Construction Innovation*. 2022, vol. 23 (3), pp. 1471–1475. URL: <https://doi.org/10.1108/CI-07-2021-0135> (date of access: 9.09.2025).
8. Wang K. and Guo, F. Towards Sustainable Development through the Perspective of Construction 4.0 : Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Buildings*. 2022, vol. 12 (10), p. 1708. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12101708> (date of access: 9.09.2025).
9. Xu M. et al. Smart construction sites : a promising approach to improving on-site HSE management performance. *Journal of Building Engineering*. 2022, vol. 49, p. 104007. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104007> (date of access: 9.09.2025).
10. Yevu S.K., Yu A.T.W. and Darko A. Digitalization of construction supply chain and procurement in the built environment : Emerging technologies and opportunities for sustainable processes. *Journal of Cleaner Production*. 2021, vol. 322 (6), p. 129093. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129093> (date of access: 9.09.2025).

UDC 69.034.92-024.5:[721-026.52]

THE IMPACT OF LOW-EMISSIVITY POSITIONING ON OVERHEATING IN BUILDINGS WITH GLAZED FACADE DURING SUMMER PERIOD

Rabenseifer Roman¹, Dr Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Adamec Ľubomír², Mahas Nataliia³

Department of Building Construction, Faculty of Civil Engineering,

¹⁻³Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

¹roman.rabenseifer@stuba.sk

Abstract. Energy efficiency and indoor comfort are central challenges in contemporary building design. Transparent building envelopes, while architecturally attractive and functionally important, often represent the weakest link in terms of thermal performance. In summer, glazed facades are particularly prone to overheating, which can compromise occupant comfort and increase cooling demand. Low-emissivity (low-e) coatings, widely used since the late 20th century, are designed to reduce radiative heat transfer and improve energy efficiency. Although extensive research has been carried out on glazing performance [1–5], the outcomes are typically expressed in technical parameters such as g-value, solar radiation transmission, or selectivity factor. These indicators, while precise, are not easily visualized by architects and clients in terms of their impact on indoor comfort. Dynamic simulation tools make it possible to translate these technical data into comprehensible effects on overheating, which motivated the present study.

Purpose of the Study. The aim of this study is to evaluate the effect of low-emissivity coating positioning within triple glazing on the risk of overheating in a west-oriented glazed facade under extreme summer conditions in Bratislava. The research seeks to clarify whether the placement of the coating alone can significantly reduce indoor overheating, and to provide guidance for the design of glazed facades in climates where cooling is not always available.

Research Results. The simulations were carried out using the dynamic program Voltra (Physibel), which allows for variable boundary conditions. First, a “black cube” model was used to determine the day of maximum thermal stress for Bratislava, corresponding to July 24. Based on this, a simplified reference room (5 m depth, 3 m height) with a fully glazed west facade was modeled (Fig. 1). Five glazing variants were compared:

1. Triple glazing without low-e coating.
2. Coating on the innermost pane (interior side).
3. Coating shifted one layer outward.
4. Coating placed on the middle pane closer to the exterior.
5. Coating on the outermost pane facing the cavity.

Boundary conditions were identical across all variants. Three sensing nodes were defined: (i) interior glazing surface, (ii) floor near the facade, and (iii) floor at the back of the room. In addition to 3 selected nodes, the resulting data involve outdoor and indoor temperature values.

The results show that the presence and position of the low-e coating significantly affect surface and indoor air temperatures. In the base case without coating, the maximum indoor air temperature reached 30.2 °C, with glazing surface temperatures up to 44.9 °C. When the coating was applied to the innermost pane, the maximum indoor temperature decreased to 29.5 °C, and the glazing surface temperature dropped by 2.4 °C. Shifting the coating outward produced negligible additional benefits in variant 3. However, when the coating was placed on the middle pane toward the exterior (variant 4), overheating worsened, with indoor air temperature rising to 30.5 °C and glazing surface temperature exceeding 46 °C. Variant 5, with the coating on the outermost pane, showed slightly improved results compared to variant 4, but still inferior to the interior-side placement.

Overall, the study confirms that the most effective position for reducing overheating is on the innermost pane, directly facing the indoor environment. Nevertheless, the reduction of 0.7 °C in indoor air temperature is modest and insufficient to eliminate the need for cooling systems in highly glazed, west-oriented spaces.

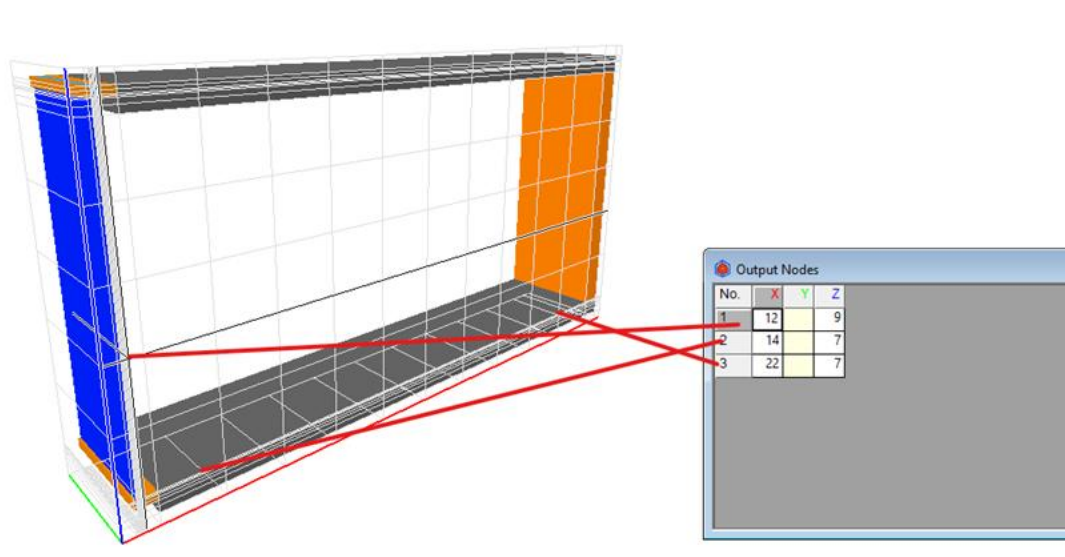


Fig. 1. Room model created using Voltra software

Conclusions. Low-emissivity coatings remain a key technology for improving the thermal performance of glazed facades. Their positioning within the glazing unit influences overheating risk, with the best results achieved when the coating is applied to the innermost pane. However, the effect is limited in magnitude, and coatings alone cannot prevent overheating in non-air-conditioned spaces. For effective mitigation, low-e glazing should be combined with additional strategies such as external shading, optimized solar heat gain coefficients, and night ventilation. Future research should focus on multi-criteria optimization of glazing systems, balancing winter heat retention with summer overheating control.

Acknowledgments. This article was made possible thanks to VEGA research grant no. 1/0322/23 of the Scientific Grant Agency of the Slovak Ministry of Education, Science, Research and Youth and the Slovak Academy of Sciences. Dr. Nataliia Mahas was funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under project No. 09I03-03-V01-00036.

References

1. Amirkhani A., Sodagar B., Mills G. And Swan W. Impact of Low-E Window Films on Energy Consumption and Occupant Comfort in Hotels. *Energies*. 2019, vol. 12 (19), p. 3704. URL: <https://doi.org/10.3390/en12193704>
2. Jelle B.P. Low-emissivity materials for building applications: A state-of-the-art review and future research perspectives. *Energy and Buildings*. 2015, vol. 96, pp. 329–356. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.024>
3. Kuczyński T., Fedorczak-Cisak M. and Kosinski P. The effect of thermal mass, night ventilation and window parameters on summer overheating in residential buildings. *Energies*. 2021, vol. 14 (14), p. 4243. URL: <https://doi.org/10.3390/en14144243>
4. Sorooshnia S., Khoshbakht M. And Aghaie M. A novel approach for optimized design of low-E windows using energy and comfort criteria. *Building and Environment*. 2025, vol. 251, p. 111021. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.111021>
5. Venkiteswaran V.K., Zalejska-Jonsson A. and Lind H. Comparative study of passive methods for reducing cooling demand in residential buildings in tropical climates. *Energy Procedia*. 2017, vol. 132, pp. 861–866. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.708>

CONSERVATION OF BIODIVERSITY OF THE STEPPE ZONE OF DNIPROPETROVSK REGION

Riabinchuk Y.¹, Stud., **Merylova I.²**, Assoc. Prof., PhD of Arch.,
Shashkina N.³, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

¹⁻³*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹lizaveta.6909@gmail.com, ²merylova.irynd@pdaba.edu.ua,

³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Problem Statement. The steppe zone of Ukraine is the largest natural complex with a flat relief, a moderate continental climate, a lack of moisture and a predominance of herbaceous vegetation on chernozem soils. This is the largest natural zone of the country in terms of area, occupying about 40 % of the country's territory and playing a key role in maintaining biological diversity. Being part of the steppe zone, the Dnipropetrovsk region is characterized by a high ploughed territory and limited fragments of virgin steppes, which require protection and restoration.

At present, man is changing nature more and more: the transformation of landscapes and the increase in the consumption of natural resources has led to an improvement in living conditions, but is often accompanied by environmental degradation. Although species extinction has always been a natural phenomenon, the rate of extinction has accelerated dramatically as a result of human activities. According to CBD (Convention on Biological Diversity), human activity is triggering the largest extinction crisis since the natural disaster that wiped out the dinosaurs 65 million years ago. Scientists warn that if the average worldwide temperature rises by even one degree, several species will be brought to the verge of extinction [1].

According to the United Nations Environment Program, due to the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, ecosystems have been destroyed on the territory of at least 530 thousand hectares, including in 18 protected areas with a total area of 80 thousand hectares [2]. Unfortunately, Ukraine has never conducted an inventory of biodiversity and monitoring measures according to modern standards. Therefore, it is impossible to estimate the exact number of lost plants and animals, because even after the de-occupation, in the future it will not be possible to obtain information about what happened before the terrorist attack [3].

An environmental safety strategy is already being implemented in the Dnipropetrovsk region, but to solve systemic problems, it is necessary to create a specialized center that focuses on research, monitoring the state of biodiversity and developing effective measures for its restoration.

Research Objective. The objective of this study is to propose the concept of an object for the conservation of biodiversity of the steppe zone.

Research Results. The study examines the typology of such institutions, in particular, the Australian Plant Bank at Mount Annan, functioning as a Research Center, and the Écotron Ile-de-France Research Centre & Laboratory in Saint-Pierre-lès-Nemours, France, specializing in research on experimental and predictive ecology. These examples demonstrate the practical solutions of the organization and allow us to highlight the main approaches to the creation that were used in the design of the center in the Dnipropetrovsk region.

The purpose of creating the Biodiversity Conservation Center (Fig. 1) is to form a comprehensive spatial model for the conservation, restoration and promotion of ecosystems in the post-conflict period.

The facility is located in the Dnipropetrovsk region, near the city of Marganets. A small forest area adjoins the territory of the object, which defines the boundary of the territory of the center and serves as a complement to the steppe landscape. There are several small lakes nearby, separated from the site by a fairly steep terrain, due to which the territory acquires a pronounced landscape structure. The Center is located 3 km from the former Kakhovka reservoir, the opposite bank of which is located in the territory not controlled by Ukraine. After the dam break, the reservoir underwent significant environmental changes.

An area of 620 km² was flooded, affecting 333,000 hectares of protected areas and 11,294 hectares of forests. The morphology of the river changed, chemical pollution was caused and the habitat was destroyed. The PDNA (Post-Disaster Needs Assessment) estimates the loss of ecosystem services at more than US\$ 6.4 billion (58 % of all losses) due to impacts on protected areas and forests. Environmental restoration will require, among other things, demining, clean-up, surveying and assessment of contaminated areas. Some environmental impacts are irreversible and can have cascading effects in other sectors over decades [4].

The first contact with the space of the Biodiversity Conservation Center begins even before entering the territory - with the visual perception of the open area and the pavilion facing the road. It is this site that creates the initial idea of the entire object as a place closely related to the natural context. The space looks open, friendly, naturally integrated into the surrounding landscape. It is felt that this is not just a building, but a meeting point of the city and nature.

As the visitor approaches, several visual axes are formed in front of him. The left perspective is on the main building, which has a more static, centered image. The right visual axis is in the direction of the pavilion and further towards the lake, which is read as an important part of the spatial and semantic horizon.

The Main Building is the central and most capital object, located closer to the forest, plays the role of the “core” of the complex. The volume of the building consists of two parts: a plant bank and an administrative and laboratory block that unites the lobby. The center is engaged in the creation, restoration and conservation of biodiversity, there are warehouses, a seed science laboratory, a biotechnology laboratory, a cryopreservation laboratory and a genetic laboratory. The main activities are focused on ecosystem observation, data collection and analysis of materials. Concentrated work is prevalent here, which is carried out by scientists, technical staff and volunteer researchers.

Closed area is adjacent directly to the building, restricted for free access, forms a functional “courtyard” or service part that does not dominate the overall visual perception, but is important in the functional structure. Planting, reclamation and restoration of damaged ecosystems in this area are combined with constant monitoring of the state of restoration. Activity in this area combines outdoor work, teamwork and technical intervention. The main participants are ecologists, landscape specialists, volunteers and representatives of eco-services.

The Pavilion and landscaping are located on the other side of the road, open for visual inspection when approaching the object. This zone forms the first visual contact and is considered as a “showcase” or “invitation” to the object.

The Pavilion is the central entry point to the Center, where visitors receive basic information about the mission, areas of work and the structure of the space. The pavilion hosts lectures, presentations and screenings of educational films for students of schools and lyceums, students of natural sciences faculties, teachers, and professors. There is a permanent exhibition with information stands and collections of samples. The pavilion provides a concentration of theoretical material necessary for further perception of space.

Outdoor areas complement the functions of the pavilion due to practical interaction with the plant world. They are designed for applied pursuits, observations, research, and direct experience. Visitors can see live examples of preserved or rare species, get acquainted with cultivation and care methods, participate in interactive tasks, and conduct simple environmental experiments. The space contains visually expressive vertical elements – columns located both at the entrance to the main building and on the territory of the pavilion. These structures work as an architectural metaphor for the forest, echoing the verticals of the trees surrounding the area.



Fig. 1. The Biodiversity Conservation Center

Conclusions. Human activity and military destruction have accelerated the degradation of steppe ecosystems and the loss of species. Dnipropetrovsk region demonstrates the critical vulnerability of its natural territories. The proposed object follows modern world trends in the field of biodiversity conservation. This makes it possible to study changes in the ecosystems of the steppe zone and develop effective measures for their restoration.

References

1. Sustaining life on Earth : How the Convention on Biological Diversity promotes nature and human well-being. 2000, 20 p. URL: <https://cutt.ly/orNBEsYi> (date of access: 25.09.2025).
2. On approval of the Strategy for Environmental Security and Adaptation to Climate Change for the period up to 2030: Order of 20.10.2021 no. № 1363-p. URL: <https://cutt.ly/krNBD9kB> (date of access: 25.09.2025).
3. Destruction of the Kakhovka reservoir: consequences for the environment. Chernivtsi: Druk Art, 2025. 112 p. URL: <https://cutt.ly/ZrNj9UES> (date of access: 25.09.2025).
4. Post-disaster needs assessment : 2023 Kakhovka Dam Disaster, Ukraine, 2023, 102 p. URL: <https://cutt.ly/wrNj2S1W> (date of access: 23.09.2025).

UDC 625.7.8:620.9:005.591.6

INNOVATIONS AND FUTURE TRENDS IN CONCRETE ROAD CONSTRUCTION

Savytskyi Mykola¹, DSc., Prof., Radkevych Anatoliy², DSc., Prof.,
Savytskyi Oleksandr³, PhD., Shevchenko Tetyana⁴, PhD., Assoc. Prof.,
Tytiuk Anatolii⁵, PhD, Assoc. Prof.

¹⁻⁵*Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹sav15@ukr.net

Abstract. The article is devoted to summarizing innovative trends in concrete road construction. Data on the advantages and disadvantages of constructing such roads compared to asphalt concrete roads are provided.

Problem Statement. Asphalt and concrete are the two most common paving materials for building roads. Generally, an asphalt road costs 45 to 50 percent less than a concrete road [1]. Asphalt needs maintenance more frequently. Asphalt is less wear-resistant than concrete, so it is less durable [2]. An important advantage of asphalt road surfaces is that they can be made using industrial waste. Cutting rubber for road construction involves shredding and grinding waste tires into various sizes of crumb rubber or ground rubber for use in rubberized asphalt or as a geotechnical fill material [3]. Recycled plastics can be incorporated into asphalt mixtures to reduce waste, lower greenhouse gas emissions, and improve pavement performance, such as rutting and fatigue resistance [4]. Recycled glass can be used in asphalt mixtures, a material known as glassphalt, to replace a portion of the natural aggregates, providing environmental benefits by diverting glass from landfills and reducing the carbon footprint of road construction [5]. Concrete roads using smart concrete have much greater innovative potential compared to asphalt concrete roads [6].

Research Objective. This research aims to summarize smart concrete technologies in relation to highway construction.

Research Results. Smart concrete represent significant advancements in construction technology. Key points include:

Self-Sensing (Self-Monitoring) Capabilities: Smart concrete can monitor its own structural health. It does so by embedding sensors or conductive materials. This allows it to detect stress or damage in real-time. Strain, temperature, and moisture sensors provide real-time road health data; helps predict cracks and schedule maintenance. Extends lifespan by 20–30 years.

Self-Healing Mechanisms: Incorporating materials like superabsorbent polymers or specific bacteria enables the concrete to autonomously repair cracks, enhancing durability and reducing

maintenance needs. Uses bacteria (*Bacillus subtilis*) or microcapsules of healing agents to seal cracks automatically.

Electrotechnical Concretes for Deicing Concrete Pavements and Roads: heating concretes by electric current; self-heating concretes by absorbing electromagnetic waves.

Magnetisable concrete technology for electric vehicle charging. Magnetizable concrete enables inductive charging while driving, eliminating range anxiety and reducing dependency on charging stations. How Magnetizable Concrete Works? Key Technology Components Ferrite-Enhanced Concrete contains iron oxide (Fe_3O_4) nanoparticles or recycled steel fibers to improve magnetic permeability. Embedded Coils – Copper induction coils are laid under the concrete surface and connected to the power grid. On-Board Receiver (EV Side): EVs must have a compatible wireless charging pad (e. g., Qualcomm Halo, WiTricity).

Light-emitting concrete(self-luminousorglow-in-the-darkconcrete). Light-emitting concrete refers to two different materials: light-emitting concrete (LEC), which glows after absorbing light, and light-transmitting concrete (LTC), which allows light to pass through it. LEC incorporates luminescent powders (like titanium powder or sulfide powders) to absorb and re-emit light in the dark, providing self-illumination for decorative or safety applications.

High-Performance & Eco-Friendly Concrete: Ultra-High-Performance Concrete (UHPC) 2–3x stronger than traditional concrete, reducing thickness (saves material). Used in Germany’s autobahns and U.S. bridges. *Green Concrete*: Uses industrial waste (fly ash, slag) to cut CO emissions by 30–40 %.

Roller-Compacted Concrete (RCC): Cheaper & Faster, no rebar, minimal formwork – ideal for industrial zones & port roads; 50 % lower cost vs. traditional concrete. Already Used in: U.S. (logistics hubs), Canada (mining roads).

Precast Concrete Slabs. Factories produce slabs, then assemble on-site (5x faster than poured concrete). Used in Netherlands (A6 Highway) and Japan (earthquake-resistant roads).

3D-Printed Concrete Roads. Robotic arms print layers of concrete (trials in China, Dubai). Reduces labor costs and waste.

Conclusions. Asphalt vs concrete may be a difficult choice, and there is no perfect answer. It all depends on the budget, repair, durability, visual look, and climate. Concrete roads using smart concrete have much greater innovative potential compared to asphalt concrete roads. Concrete roads are not a full replacement for asphalt in Ukraine but a strategic tool for critical routes. With targeted investment, they could cover 10–15 % of major highways by 2035, cutting long-term costs and boosting resilience.

References

1. Asphalt vs Concrete Roads: Learn About the Difference. URL: <https://konecarbide.com/asphalt-vs-concrete-roads-learn-about-the-difference> (date of access: 15.09.2025).
2. Artur Onishchenko and Natalia Chyzhenko. Estimation of durability of cement concrete pavement of roads // Dorogi i mosti [Roads and bridges]. Kyiv, 2020, iss. 22, pp. 138–148. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.138>; URL: <http://dorogimosti.org.ua/en/ocinka-dovgovichnosti-cementobetonogo-pokrittya-avtomobilnyh-dorig> (date of access: 15.09.2025).
3. Seyed Naser Moghaddas Tafreshi and Amirhossein Norouzi. Application of waste rubber to reduce the settlement of road embankment. *Geomechanics and Engineering*. No. 9 (2), pp. 219–241, 2015. DOI:10.12989/gae.2015.9.2.219. URL: https://www.researchgate.net/publication/281393593_Application_of_waste_rubber_to_reduce_the_settlement_of_road_embankment (date of access: 15.09.2025).
4. Lingyun You, Zhengwu Long, Zhanping You, Dongdong Ge, Xu Yang, Fu Xu, Mohammad Hashemi and Aboelkasim Diab. Review of recycling waste plastics in asphalt paving materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. Vol. 9, iss. 5, 2022, pp. 742–764. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.07.002>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756422000812> (date of access: 15.09.2025).
5. Raed Abende. Effect of Waste Glass on Properties of Asphalt Concrete Mixtures. *Jordan Journal of Civil Engineering*. Vol. 11 (1), 2017. URL: <https://www.researchgate.net/>

[publication/325430398_Effect_of_Waste_Glass_on_Properties_of_Asphalt_Concrete_Mixtures](#)
(date of access: 15.09.2025).

6. Smart roads in Europe. URL: https://cinea.ec.europa.eu/featured-projects/smart-roads-europe_en (date of access: 15.09.2025).

UDC 72.012:658.626:659.127.8

COMPREHENSIVE ARCHITECTURAL AND ECONOMIC STRATEGY FOR THE RECONSTRUCTION OF THE BLOCK STREETS

Semenov Oleh¹, Student of Architecture, Diploma of specialist (bachelor of architecture),

Tovstik Tamara², Technologies Supervisor: Cand. of Arch., Assoc. Prof.,

Shashkina Nataliia³, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹workolegsemenovmail@gmail.com, ²tovstyk.tamara@pdaba.edu.ua,

³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

The purpose of the research is to study the modern approach and strategy for the reconstruction and revitalization of historical block streets buildings in large cities. To identify approaches to the formation of urban environments that are beneficial for the city environment and to model a concept based on the research.

Problem statement. In modern conditions of urban development, there is a growing interest in preserving historical heritage as an integral part of the cultural face of the city. Historical blocks are not only architectural objects, but also unique environments in which the formation of local identity, traditions, and social structure took place. Their reconstruction is becoming especially relevant in the context of globalization, urbanization, and modernization of urban space.

Research objective. Describe the modern approach to the reconstruction of historic block streets with taking into account the economical factor.

Research results. Firstly, the preservation and restoration of historical block streets is an important condition for supporting cultural heritage. Authentic architecture, narrow streets, and historical planning structure are all carriers of historical memory that form the uniqueness of the city. The reconstruction of such objects allows not only to save them from destruction, but also to adapt them to modern needs without losing authenticity. Secondly, the reconstruction of historical block streets has an important social component. It contributes to improving the quality of life of residents, improving infrastructure, and creating a comfortable environment. Renovated areas often become centers of public life, venues for cultural events, which contributes to the activation of social ties and the formation of an urban community. Thirdly, the economic relevance of reconstruction lies in stimulating the local economy. After restoration, historical b become attractive to investors, entrepreneurs, and tourists. The value of real estate increases, tourist infrastructure develops, and new jobs are created. Thus, the preservation of historical buildings ceases to be just a costly process and turns into a source of economic growth. In addition, the practice of reconstructing historical block streets is widely used in European countries, where the issue of cultural heritage protection is integrated into state policy. Successful examples of cities –such as Prague, Vienna, Tallinn, Lviv – demonstrate that combining modern functions with a historical context is possible and effective. Taking into account the above, the topic of reconstructing historical block streets is extremely relevant and requires in-depth analysis from the perspectives of architecture, urbanism, sociology, and economics. The study of modern approaches to reconstruction allows not only to comprehend the significance of historical buildings, but also to propose effective strategies for their integration into the modern urban environment. The city of Dnipro, despite its reputation as an industrial center, has significant historical and architectural potential. In the central part of the city, the block streets of the late 19th and early 20th centuries have been preserved, which were formed under the influence of European urban trends. For

example, Yavornytsky Street, Pushkin Avenue, Katerynoslavsky Boulevard and the Staromostova Square area are centers of historical buildings that have both cultural and aesthetic value. Unfortunately, a significant part of these objects is in poor condition or is even under threat of destruction. The reconstruction of these territories is necessary for several reasons. First, it will contribute to the preservation of the city's architectural heritage, which is an important part of its cultural identity. Secondly, the renovated historical block streets can become attractive for tourists, especially in the context of the development of domestic tourism in Ukraine. The creation of new public spaces (exhibition centers, museums, creative hubs, cafes) based on the reconstructed territories will also make the city more open and comfortable for residents. In addition, the reconstruction of historical block streets in Dnipro will contribute to economic growth: the attractiveness of the territories for investors will increase, the value of real estate will increase, and new jobs will appear. The city is already demonstrating positive examples – for example, the renovated Katerynoslavsky Boulevard, which has become an important public space, as well as attempts to reconstruct individual historical buildings in the central part of the city. Thus, taking into account the presence of historical buildings, their current condition and development potential, the reconstruction of historical block streets in the city of Dnipro is not only a relevant but also a strategically important topic that requires thorough research and a professional approach.

Conclusion. The paper considered the urgent problem of reconstruction of historical block streets of the central part of the city and as a result of the analysis, it can be concluded that this issue is very acute. The use of the latest methods and approaches in reconstruction expands the range of possible solutions and accelerates the achievement of results. Therefore, their adaptation and application can help make the city more competitive and comfortable for residents. Integration of optimal design methods for the city into the process of reconstruction of historical block streets can ensure effective adaptation of projects to modern requirements of society, increase the involvement of stakeholders and facilitate the search for investors.

References

1. ICOMOS Burr Charter.
2. Secretary of Interior's Standards for Reconstruction. Preservation Service of the United States National Park Service. April 2011. Archived from *the original* on January 1, 2010.
3. Macchio Melanie (12 May 2010). Venturi Scott Brown's Franklin Court Threatened. Cultural Landscape Foundation.
4. Mörsch. 1989.
5. Suomalaisjoukkoja oli Rovaniemellä vastassa kammottava näky. 1944. Palava helvetti ja tuomiopäivän kaaos. Ilta-Sanomat.
6. Maaß S. P. 584.
7. Daniel Buggert : Verteidigung der Baugeschichte gegen ihre Liebhaber. Archived 2010-01-15 at the Wayback Machine. In: *archimaera. Heft*. No. 2, 2009.

UDC 721:[693.22/.25-026.23

REINFORCEMENT STRATEGIES FOR BRICK MASONRY WITH MOISTURE-INDUCED DAMAGE : A REVIEW OF METHODS FOR EXTENDING THE LIFE CYCLE OF BUILDINGS

**Semko Oleksandr¹, Ilchenko Tetiana², Semko Volodymyr³,
Rabenseifer Roman⁴, Mahas Nataliia⁵**

^{1,2}*Department of Building and Civil Engineering, Educational and Research Institute
of Architecture, Civil Engineering and Land Management, National University
“Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine*

³*Department of Structural Engineering, Institute of Building Engineering, Faculty of Civil
and Transport Engineering, Poznan University of Technology, Poznan, Poland*

^{4,5}*Department of Building Construction, Faculty of Civil Engineering,
Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia*

⁵nataliia.mahas@stuba.sk

Introduction. Brick masonry is one of the most common types of structures in construction. Its durability largely depends on operating conditions, particularly the impact of moisture, temperature fluctuations, and mechanical loads. Moisture penetrating the masonry structure triggers a range of detrimental processes, including the formation of efflorescence, corrosion of metal elements, frost damage, erosion of mortar, and loss of load-bearing capacity.

Problem Statement. Damage to brick masonry [1] caused by moisture exposure varies in nature, ranging from surface discoloration and microcracks to deep erosion, swelling, detachment of fragments, and loss of structural integrity. Such defects are often accompanied by corrosion of reinforcement, deterioration of joints, and a reduction in thermal insulation properties. Standard repair measures, such as crack sealing or surface finishing, do not provide a long-term solution, particularly when the underlying causes of moisture ingress are not addressed [2]. At the same time, many buildings are subject to architectural constraints that complicate the application of conventional strengthening methods. Consequently, there is a need to apply effective strengthening methods that not only restore the functional properties of structures but also extend their service life [3–4].

The purpose of this study is to generalize and analyze strengthening methods for brick masonry damaged due to moisture exposure, taking into account their effectiveness, technological complexity, durability, and compliance with modern regulatory requirements. The work investigates practical solutions for restoring the load-bearing capacity, watertightness, and operational suitability of masonry structures, particularly in the context of extending the service life of buildings.

Research Results. In the process of analysis, the main groups of strengthening methods applied to restore the functional properties of brick masonry were identified:

Metallic, reinforced concrete, reinforced plaster, and masonry encasements. These provide comprehensive compression of the masonry, significantly increasing its load-bearing capacity. Metallic encasements are effective but require corrosion protection. Reinforced concrete encasements are more durable but more complex to implement. Reinforced plaster encasements are technologically accessible but less effective. Masonry encasements are an economical option that allows preservation of the building’s architectural form.

Composite materials – carbon fiber, glass fiber, and aramid. These materials offer high strength, low weight, corrosion resistance, and are well-suited for structures with architectural constraints. Their disadvantages include low vapor permeability, temperature sensitivity, and high cost. Pre-stressing composite strips enables an additional compressive effect on the masonry.

Crack injection is used to stabilize microcracks and prevent their propagation. Cement-colloid, polymer, and cement-sand mortars are employed. The method is effective only if the crack formation process is stabilized.

Metal plates and ties are used for localized strengthening of walls, particularly in the presence of settlement deformations. Volumetric compression of the building enables the creation of closed rigidity contours, which stabilize the structure.

Replacement of damaged elements is applied in cases of significant masonry deterioration. New elements are anchored to the preserved parts of the structure, ensuring their integrated performance.

Longitudinal reinforcement, installed externally or in chases, is anchored to the structure using various methods, such as concrete belts, keys, anchors, or ties. This method allows partial transfer of vertical loads to the reinforcement.

Flexible ties, brackets, and chemical anchors enable localized strengthening with minimal impact on the external appearance of the structure. These are particularly relevant for arches, vaults, and corner joints.

Conclusions. The strengthening of masonry structures damaged due to moisture exposure is a multifaceted process that requires a comprehensive approach. The most effective solutions are combined methods that integrate structural reinforcement with crack injection, restoration of waterproofing, and improved ventilation. Composite materials offer new opportunities, particularly for structures with architectural constraints, but require careful design. Masonry encasements and metal ties remain relevant due to their simplicity and accessibility. The choice of method should be

based on the results of technical assessments, calculations, and consideration of operating conditions. Rational strengthening extends the service life of a building, reduces environmental impact, and ensures its safe operation.

Acknowledgments. The authors would like to express their gratitude to COST Action CA21103 – Implementation of the Circular Economy in the Built Environment (CircularB). Volodymyr Semko was supported by Poznan University of Technology, grant number 0412/SBAD/0080. Roman Rabenseifer was supported by the research grant VEGA no. 1/0322/23 of the Scientific Grant Agency of the Slovak Ministry of Education, Science, Research and Youth and the Slovak Academy of Sciences. Nataliia Mahas was funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under project No. 09I03-03-V01-00036 and partly was supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Youth of the Slovak Republic (grant KEGA 046STU-4/2025).

References

1. DSTU 9273:2024. Guidelines for inspection of buildings and facilities for identification and evaluation of their technical condition. Mechanical resistance and stability. Kyiv : UkrNDNC, 2024.
2. DSTU B V.3.1-2:2016. Repair and reinforcement bearing and enclosing building structures and bases of buildings and constructions. Minregion of Ukraine : Kyiv, Ukraine, 2016.
3. Caruso M., Pinho R., Bianchi F., Cavalieri F. and Lemmo M.T. A Life Cycle Framework for the Identification of Optimal Building Renovation Strategies Considering Economic and Environmental Impacts. *Sustainability*. 2020, vol. 12, p. 10221. URL: <https://doi.org/10.3390/su122310221>
4. Freitas M.C.D., Tavares S.F., Bragança L. and Barbosa S. The Rehabilitation of Buildings from the Perspective of Circular Economy Principles. In: *Creating a Roadmap Towards Circularity in the Built Environment*. Bragança L., Cvetkovska M., Askar R. and Ungureanu V. (Eds.); Springer Tracts in Civil Engineering, Springer, Cham., 2024. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-45980-1_22

UDC 004.8:725

REVIEW OF AI-ENCHANCED TECHNOLOGIES FOR LOW-CARBON BUILDING DESIGN

Shekhorkina S. E.¹, Dr. Tech. Sc., Prof., **Varhin A. O.²**, Postgrad. Stud.

^{1,2}*ESI “Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies*

¹svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, ²andreivargin1@gmail.com

Problem Statement. The construction industry is one of the most important driving forces of the global economy, yet it is also a leading contributor to climate change. It is estimated that the construction sector accounts for a significant portion of global greenhouse gas emissions, including carbon dioxide (CO₂), both through the production of building materials and the energy consumption of buildings throughout their entire lifecycle. This problem is particularly relevant given the growth of the world's population and urbanization, which leads to a constant increase in the volume of construction. The uncontrolled growth of the construction industry's carbon footprint can have catastrophic consequences for the environment, economy, and social sphere, intensifying global warming, rising sea levels, and extreme weather events.

Research Objective. Reducing the carbon footprint in construction is of paramount importance for ensuring sustainable development. Sustainable development involves meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs, and the construction industry plays a key role in achieving this goal. The transition to low-carbon construction not only mitigates the effects of climate change but also promotes resource efficiency, energy savings, creates healthier and more comfortable living and working conditions,

and stimulates innovation and the development of new “green” technologies. Carbon emissions in the building lifecycle are a complex phenomenon that encompasses various stages, from design to operation and disposal of buildings.

Research Findings. In the construction industry, the greatest impact comes from the production of building materials (embodied carbon) and the operation of buildings (operational carbon).

The application of theoretical foundations of carbon footprint management, particularly the building lifecycle assessment (LCA) concept, is fundamental for accurately evaluating and identifying emission “hot spots”. LCA allows for the quantitative determination of environmental impact and is the basis for making informed decisions [3].

Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) act as powerful tools for optimizing design solutions, predicting energy consumption and carbon footprint at early stages, and for generative design.

Large Language Models (LLMs) provide access to vast knowledge, help generate ideas, and analyze technical documentation, improving informational support for designers.

Building Information Modeling (BIM) is a centralized platform for data collection, conducting energy simulations, optimizing materials, and tracking carbon throughout the entire lifecycle. Integrating BIM with AI and LCA significantly enhances the effectiveness of low-carbon design [4].

For embodied carbon, key measures include choosing low-carbon building materials (e.g., low-carbon cement, recycled steel, timber), optimizing structures to reduce material use, and actively applying circular economy principles (reusing and recycling materials) [1; 2].

During the construction phase, Lean Practices are important for minimizing waste and increasing efficiency, as well as optimizing logistics and using energy-efficient construction equipment [5].

To reduce operational carbon, the primary measures are building energy efficiency (passive design, quality thermal insulation) and the widespread use of renewable energy sources. Effective management is achieved through Building Management Systems (BMS), which optimize resource consumption in real-time [6].

Conclusions. Given the growing environmental challenges, the construction industry must continue to invest in research, innovation, and the implementation of sustainable practices. This will not only reduce its negative impact on the environment but also create more resilient, efficient, and comfortable buildings for future generations.

References

1. Amarasinghe I., Liu T., Stewart R. A. and Mostafa S. Paving the way for lowering embodied carbon emissions in the building and construction sector. *Journal of Cleaner Production*. 2024. DOI: 10.1007/s10098-024-03023-6; URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-024-03023-6>
2. Arogundade S., Dulaimi M. and Ajayi S. Holistic Review of Construction Process Carbon-Reduction Measures : a Systematic Literature Review Approach. *Buildings*. 2023. Vol. 13, no. 7. DOI: 10.3390/buildings13071780; URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/7/1780>
3. Labaran Y. H., Mathur V. S., Muhammad S. U. and Musa A. A. Carbon footprint management: a review of construction industry. *Cleaner Engineering and Technology*. 2022. Vol. 9. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100136; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266679082200367>
4. Płoszaj-Mazurek M. and Ryńska E. Artificial Intelligence and Digital Tools for Assisting Low-Carbon Architectural Design : Merging the Use of Machine Learning, Large Language Models, and Building Information Modeling for Life Cycle Assessment Tool Development. *Energies*. 2024, vol. 17, no. 12. DOI: 10.3390/en17122997; URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/12/2997>
5. Senjak M., Pesko I., Petrovic M. D. and Mučenski V. Reduction of carbon emissions in the construction industry using lean practices. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/372885609_REDUCTION_OF_CARBON_EMISSIONS_IN_THE_CONSTRUCTION_INDUSTRY_USING_LEAN_PRACTICES.

6. Sizirici B., Fseha Y., Cho C.-S., Yildiz I. and Byon Y.-J. A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation. *Materials*. 2021, vol. 14, no. 20. DOI: 10.3390/ma14206094; URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/20/6094>

UDC 691.116

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE-CLT COMPOSITE PANEL

Shekhorkina S.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., **Nikiforova T.²**, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Smirnov A.³, PhD., **Fedin V.⁴**, PhD Stud., **Kovtun-Horbachova T.⁵**, PhD, Assoc. Prof.

¹⁻⁵*ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”*

of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, ²nikiforova.tetiana@pdaba.edu.ua,

³smyrnov.anton@pdaba.edu.ua, ⁴fedin.vladyslav@pdaba.edu.ua, ⁵gorbacheva@pdaba.edu.ua

Problem Statement. At the present stage of construction industry development, there is a growing emphasis on environmentally oriented structural solutions, predominantly based on wood and wood-derived materials. Among the most promising directions is the application of cross-laminated timber (CLT) structures, which meet the contemporary requirements of sustainable development. In parallel, timber-concrete composites (TCC) are gaining increasing recognition, as they combine the ecological benefits of wood with the performance characteristics of concrete. However, the practical implementation of such systems remains challenged by a number of factors, underscoring the necessity for targeted investigations. The most critical issue is the incomplete compatibility of these materials. Within the contact zone, this incompatibility causes shear phenomena, which manifest as micro-displacements and localized deformations [1]. Further improvements should also focus on minimizing environmental impact.

The purpose of the Research. Within the framework of the study it is proposed to use recycled aggregate concrete (RAC) as the top layer TCC floor while the bottom layer is made of standard CLT-panel. Such an approach will reduce the total environmental impact of the structure since the RAC is known as low-carbon secondary source building material.

CLT represents a wood-based product composed of an odd number of layers bonded together in mutually perpendicular directions, typically ranging from three to nine. Due to the possibility of combining layers of different wood species or strength classes, CLT demonstrates considerable potential for enhancing its performance characteristics and already is widely applied in construction practice, particularly in multi-storey buildings [2–4].

The objective of this study is to experimentally investigate the performance of RAC-CLT panel under bending and to determine the effect of the RAC layer on the structural performance in comparison with a pure CLT panel. This objective is addressed through four-point bending tests conducted in accordance with the requirements of European standards.

Research Results. Two specimens were tested during the experiment: 1 – pure CLT panel; 2 – RAC-CLT panel. In both cases, the CLT panel consisted of three lamellae with a total height of 90 mm. RAC-CLT panel has additional 50 mm RAC layer with an Ø1 mm wire mesh. Connection between RAC and CLT was performed through L-shaped anchors glued in pre-drilled holes in timber.

As a result of the conducted tests, the ultimate load capacity was recorded, and the failure mode of the specimens was determined, as illustrated in Figure 1. The actual values of the ultimate load, along with their comparison to pure CLT panels without concrete, are presented in Table 1.

The bending load-bearing capacity of the specimens is determined by both the strength of the timber in the outer tensile layer and the strength of the RAC layer in the compressed zone. A failure pattern characteristic of CLT panels was observed: damage initiated along the annual growth rings of the timber in the lower layer, followed by rupture of the tensile fibers. Simultaneously, cracking was detected in the concrete within stress concentration zones, propagating transversely across the RAC layer. The most pronounced crack openings occurred in the vicinity of the connectors between

RAC and CLT. Partial delamination of the RAC layer from the CLT panel was also observed, reaching up to 2 mm.



Fig. 1. Failure pattern of RAC-CLT panel

Table 1

Results of bending tests of RAC-CLT and pure CLT panel specimens

No.	Specimen designation	Linear dimensions			Ultimate load, kN	Time to ultimate load, s
		Length, mm	Width, mm	Height, mm		
1.	CLT	2 000	600	90	45	320
2.	RAC-CLT	2 000	600	140	52	350

Conclusions. Within the scope of this study, a composite RAC-CLT panel comprising cross-laminated timber and recycled aggregate concrete layers was developed and tested. According to the results, the ultimate load of the RAC-CLT panel was 7 kN higher, corresponding to a 15 % improvement over the pure CLT panel.

References

1. Esmaeildoust S., Tomlinson D. and Chui Y. H. Performance of Timber-Concrete Composite (TCC) Systems Connected with Inclined Screws : a Literature Review. *Journal of Composites Science*. 2025, vol. 9, no. 1, p. 13. URL: <https://doi.org/10.3390/jcs9010013> (date of access: 27.09.2025).

2. Jayalath A., Navaratnam S., Ngo T., Mendis P.A., Hewson N. and Aye L. Life cycle performance of Cross Laminated Timber mid-rise residential buildings in Australia. *Energy and Buildings*. 2020, vol. 223, p. 110091. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110091> (date of access: 11.01.2025)

3. Shin B., Wi S. and Kim S. Assessing the environmental impact of using CLT-hybrid walls as a sustainable alternative in high-rise residential buildings. *Energy and Buildings*. 2023, vol. 294, p. 113228. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113228> (date of access: 11.01.2025).

4. Yin T., Song H., Wang Z., Li L., Zheng W., Ju Z., Gong Y. and Gong M. Long-term creep properties of hybrid CLT fabricated with lumber and OSB. *Industrial Crops and Products*. 2024, vol. 211, p. 118238. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118238> (access date: 11.01.2025).

UDC 620.1+ 620.197+621.867.2

STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF A DISTILLATION COLUMN SHELL AFTER AN INTERNAL FIRE INCIDENT

Sivý M.¹, PhD, Ing., Istenes I.², Ing.
ROEZ R&D

¹martin.sivy@roez.sk, ²igor.istenes@roez.sk

Problem Statement. The objective of this study was to assess the operability of a large chemical process column (approx. 30 m high, 5,500 mm outer diameter) following repeated internal fire incidents involving catalyst or residual product, which were extinguished by rapid water quenching. Subsequent inspection revealed a bulge in the middle section of the column, though the direct causal link between the fire/quenching and the deformation is uncertain.

The operator's critical requirement was to determine the fitness-for-service and evaluate the impact of the bulge on the residual stresses in a nearby longitudinal weld seam. The primary degradation mechanisms associated with the thermal transients (fire and rapid cooling) include a reduction in material strength and toughness, material hardening, grain growth, deterioration of corrosion resistance, plastic equipment deformation, and the introduction of residual stresses.

Research Aim. This paper presents the methodology and results of the fitness-for-service analysis, focusing on the localized damage and its implications for the long-term integrity and safe operation of the pressure vessel.

The primary objective of the computational analysis was to investigate the structural integrity of the column based on the presumed cause of the observed bulge. This goal was broken down into the following two specific aims:

1. Heat Flux Determination and Deformation Matching: To determine the transient heat flux on the inner surface of the column shell such that the calculated region of permanent plastic deformation, and the resulting maximum deformation, closely replicate the measured data.
2. Weld Integrity Assessment: Based on the computed permanent shell deformation, to evaluate the resulting stress state in the column's longitudinal welds.

The computational model, designed as a symmetric sector of the column, included all structural components critical for stiffness. The analysis utilized a non-linear material model with kinematic hardening, consistent with the guidelines provided in the ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section VIII, Division 2.

The problem was executed as a weakly coupled thermo-mechanical analysis. A transient thermal analysis was first performed to calculate the temperature distribution across the column sector during the fire event and the subsequent cooling process until thermal equalization was reached. The time-dependent deformations corresponding to the evolving temperature distribution were then obtained through a static structural analysis.

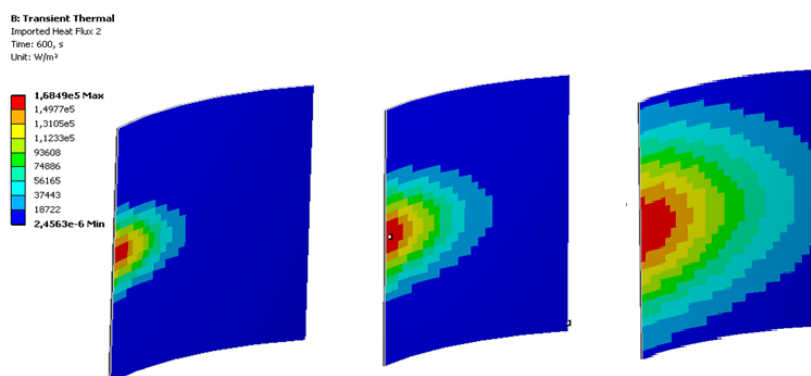


Fig. 1. Three variants of heat flux distribution at a constant maximum heat flux

Research Results. The fitness-for-service assessment was conducted using both computational modelling and material analysis, addressing five key degradation mechanisms.

The analysis concluded that the column meets requirements for continued operation under all assessed conditions (static, stability, and fatigue) and is resistant to brittle fracture.

Brittle Fracture Resistance: Material analysis (hardness and microstructure) showed no detrimental changes, and the high operating temperature makes brittle fracture highly improbable compared to the non-failure during the ambient temperature hydrostatic test.

Static and Stability Assessment: The column meets the requirements for static and stability loading. Conservative models were used, treating the fire-affected area as a stress-free opening.

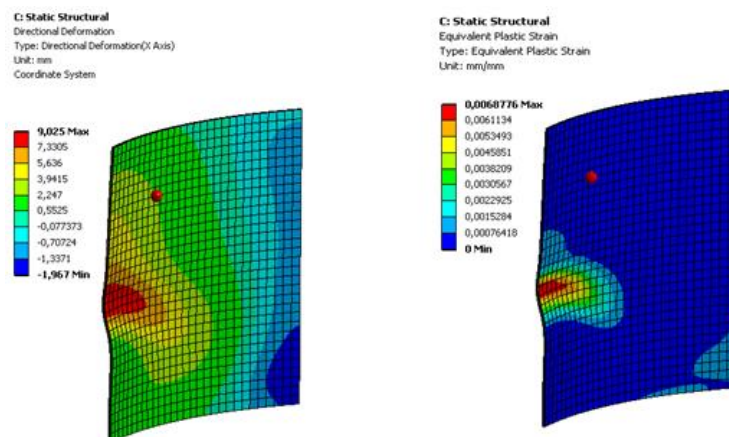


Fig. 2. Radial Deformation and Plastic Strain in the Column Sector After Thermal Stabilization

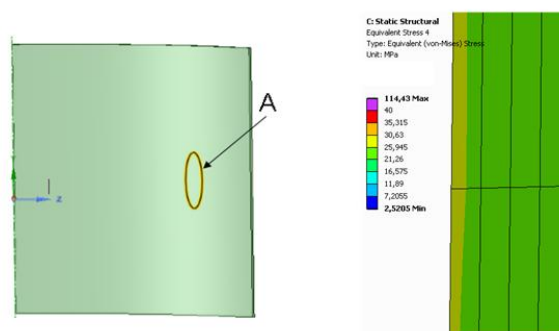


Fig. 3. Residual Stresses Across the Wall Thickness at the Designated Location Representing the Column's Vertical Weld (for a bulge deformation of just under).

Fatigue Assessment: The column meets the requirements for fatigue. This is supported by the non-cyclic nature of operation, assumed unchanged fatigue strength, and the insignificant level of calculated residual stress in the vertical weld area.

Creep Assessment: Not required, as the fire duration was minimal (tens of minutes).

Conclusions. The analysed equipment satisfies the requirements for the considered design and operational loading conditions. The results strongly suggest that the deformation is highly improbable without the action of an additional, unmodeled load. The calculations demonstrated an approximately linear relationship between the permanent plastic deformation and the resulting residual stress after cooling in the critical area. The residual stress resulting from the actual measured deformation is considered insignificant. This is primarily due to the very low tangential stress in the column shell caused by the low operational pressure. The resultant residual stress state is characterized as a pure tensile membrane stress with negligible bending components.

References

1. API 579-1/ASME FFS-1. Fitness-For-Service, The American Society of Mechanical Engineers, 2016.
2. ASME BPVC, Sec.VIII, Div.2. Rules for Construction of Pressure Vessels, Div. 2, Alternative Rules, 2015.
3. Peciar P., Fekete R. and Peciar M. Process Engineering II. STU Publ., 2016.

UDC 620.3:546.057

SYNTHESIS ROUTES TO $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ NANOCRYSTALS : A COMPARATIVE REVIEW

Solovei Denys¹, PhD Stud., **Volchuk Volodymyr**², Dr. Sc. (Tech.), Prof.
^{1,2}ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
 of the Ukrainian State University of Science and Technologies
¹solovei.denis@365.pdaba.edu.ua, ²volchuk.volodymyr@gmail.com

Problem Statement. $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ nanocrystals are promising for optoelectronics, photocatalysis, and photovoltaics due to tunable band gaps and size-dependent properties. However, achieving simultaneous control of composition (x), size and shape, crystallinity, and scalability remains challenging. Existing routes trade off precision, throughput, energy input, safety, and environmental impact, and clear guidance on method selection against application requirements is often fragmented.

Purpose of the Study. To review and comparatively analyze major synthesis routes for $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ nanocrystals – pyrolytic, combustion synthesis, solvothermal/hydrothermal, microwave-assisted, non-injection low-temperature, hot-injection, solution-phase (surfactant-/template-assisted), and low-temperature solid-state – highlighting mechanisms, conditions, advantages/limitations, typical morphologies, optical quality, scalability, safety, and environmental aspects, and outlining method-to-application mapping and gaps for future work [1–7].

Research Results. Pyrolytic (300–350 °C inert atmosphere): delivers homogeneously alloyed quantum dots with fine control over composition and morphology; ligand systems (e. g., oleic acid) enable band gap tuning via the sulfur-to-selenium ratio. Limitations: high energy input, purity demands, moderate scalability. Best when high optical quality and precise x -control are prioritized.

Combustion synthesis (self-propagating high-temperature synthesis, up to ~3 800 K): requires minimal external energy and affords excellent throughput; seconds-scale reactions suit bulk or large-batch production. Drawbacks include limited morphological control, safety risks, and challenging uniformity. Best for cost-sensitive scale-up and powdered catalysts; less suitable for shape-specific optoelectronic applications.

Solvothermal (autoclaves; e. g., dodecylamine): offers a rich morphology palette (rods, multipods) with high crystallinity and good control over alloying; trade-offs include longer reaction times and solvent toxicity. Well suited to morphology-driven devices (e. g., anisotropic emitters and photodetectors).

Hydrothermal (~170 °C, aqueous medium): an environmentally friendlier route to uniform wurtzite $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$; however, long reaction times and high-pressure autoclaves are required. Well suited to greener synthesis with stable morphology and moderate throughput.

Microwave-assisted (minutes; ~6–8 nm): rapid, energy-efficient production of uniform, highly crystalline quantum dots; industrial-scale upscaling and morphological diversification remain difficult. Ideal for fast screening and lab-scale batches of high-quality dots.

Non-injection, low-temperature (30–80 °C): simple, air-tolerant, and cost-effective, with tunable optical properties; reliance on N, N-dimethylformamide (DMF) and limited morphological control are key issues. Attractive for low-energy, benchtop preparation of quantum dots; improvements are needed in greener solvents and in morphology control.

Hot-injection (burst nucleation in a hot coordinating solvent): the gold standard for monodispersity and optical quality; requires specialized equipment and often toxic organometallic precursors. Preferred for high-performance optoelectronic quantum dots where a narrow full width at half maximum and bright photoluminescence are critical.

Solution-phase (surfactant-/template-assisted; < 200 °C): offers versatile control over rods, wires, and mesostructures at relatively low temperature; additional steps and the use of toxic

surfactants/solvents reduce simplicity. Suitable for shape-programmed architectures after process optimization.

Low-temperature solid-state (60–120 °C; grinding followed by mild heating): solvent-free, inexpensive, and scalable; sensitive to mixing and thermal profiles and offering only modest control over morphology. Promising for greener, bulk-scale production with minimal waste.

Conclusions. Each synthesis method offers unique advantages and challenges, from the scalability of combustion synthesis to the precision of hot-injection and solvothermal techniques. The choice of method depends on the desired application and material properties, as well as environmental and economic considerations. Future research should focus on optimizing these methods to enhance their efficiency, scalability, and sustainability for the production of $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ nanocrystals.

References

1. Swafford L.A. et al. Homogeneously alloyed $\text{CdS}_x\text{Se}_{(1-x)}$ nanocrystals : synthesis, characterization, and composition/size-dependent band gap. *Journal of the American Chemical Society*. 2006, vol. 128, no. 37, pp. 12299–12306. URL: <https://doi.org/10.1021/ja063939e> (date of access: 28.09.2025).
2. Merzhanov A.G. The chemistry of self-propagating high-temperature synthesis. *Journal of Materials Chemistry*. 2004, vol. 14, no. 12, p. 1779. URL: <https://doi.org/10.1039/b401358c> (date of access: 28.09.2025).
3. X. Wang et al. Shape-controlled synthesis of CdS nanostructures via a solvothermal method. *Crystal Growth & Design*. 2010. Vol. 10, no. 12, pp. 5312–5318. URL: <https://doi.org/10.1021/cg101166t> (date of access: 28.09.2025).
4. Y. Ding et al. Free inert-gas-protection, low-temperature, non-injection synthesis of CdS and doped quantum dots for efficient white light-emitting diodes. *Journal of Materials Chemistry*. 2017, vol. 5, no. 13, pp. 3276–3282. URL: <https://doi.org/10.1039/c7tc00207f> (date of access: 28.09.2025).
5. de Mello Donegá C., Liljeroth P. and Vanmaekelbergh D. Physicochemical evaluation of the hot-injection method, a synthesis route for monodisperse nanocrystals. *Small*. 2005, vol. 1, no. 12, pp. 1152–1162. URL: <https://doi.org/10.1002/sml.200500239> (date of access: 28.09.2025).
6. Zhu Y. and Qian Y. Solution-phase synthesis of nanomaterials at low temperature. *Science in China Series G : Physics, Mechanics and Astronomy*. 2009, vol. 52, no. 1, pp. 13–20. URL: <https://doi.org/10.1007/s11433-009-0009-1> (date of access: 28.09.2025).
7. J. Liu et al. Low-temperature solid-state synthesis and optical properties of CdS – ZnS and ZnS – CdS alloy nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*. 2011, vol. 509, no. 39, pp. 9428–9433. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2011.07.002> (date of access: 28.09.2025).

UDC 711.4:72.01

QUANTITATIVE CRITERIA FOR ASSESSING THE QUALITY OF PUBLIC SPACE

Sosnova Nadiya¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., Shvets Iryna², Sen. Lect.¹Lviv Polytechnic National University,²ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologiesnadiia.s.sosnova@lpnu.ua, i.a.shvets@ust.edu.ua

Problem Statement. The consideration of public space as an object of urban development is based on its regulation within various structural units of a city. In normative documents, the concept of “public space” is not defined as an independent object of urban design but is rather mentioned as a component of urban structural elements. According to the State Building Code of Ukraine DBN B.2.2-12:2019 “Planning and Development of Territories”, the proportion of land allocated for public functions in the city’s main public center may occupy from 60 % to 70 % of the area. In public centers of everyday and periodic use, it is recommended to allocate 15–20 % of the territory for public functions. However, detailed quantitative indicators are lacking. In contrast, requirements for street space in European countries and the United States are clearly defined. For instance, according to New York City zoning regulations, streets cannot be used for commercial purposes exceeding one-third of their width so as not to obstruct pedestrian movement [1].

Under these circumstances, it is appropriate to compare the restrictions and requirements for the formation of public spaces in Ukraine with international standards and identify possible harmonization.

Purpose: to identify the criteria for assessing public spaces and to establish baseline indicators for evaluating the effectiveness of their use.

Methods. The research combines comparative quantitative analysis with spatial-analytical GIS methods to determine the intensity of spatial use. Based on OpenStreetMap data, the study identifies indicators characterizing the dynamics of the urban area for the years 2010, 2014, 2020 and 2024.

Additionally, a comparative review of international standards and recommendations regarding public space planning is conducted.

Results. Assuming that the efficiency of public space functioning can be defined as the ratio between the maintenance costs of urban areas and the realized functions within them [2], the hypothesis was put forward that interblock spaces of multi-apartment housing from the second half of the 20th century represent areas of low efficiency.

The study was conducted in the Sykhiv district of Lviv – the city’s largest residential area, which, according to the Main Statistical Office of the Lviv Region, had a population of 150,343 as of 2021.

A comparison of three indicators – built-up area, road surface area, and green space area – made it possible to determine the dynamics and nature of spatial changes in the residential district.

According to GIS analysis, the built-up area of the study region amounted to 574,940 m² in 2010, 582,470 m² in 2014, 593,831 m² in 2020, and 606,957 m² in 2024. Thus, over 14 years, the built-up area increased by 32,017 m², which represents a 0.7 % growth.

The area of road surfaces also increased, which is logical given that new developments require new transport infrastructure. In 2010, the road surface area amounted to 883,600 m²; in 2014 – 898,700 m²; in 2020 – 936,400 m²; and in 2024 – 955,400 m², showing a 1.7 % increase over 14 years.

In contrast, green spaces of the Sykhiv district decreased from 702,247 m² in 2010, to 694,717 m² in 2014, 683,356 m² in 2020, and to 670,018 m² in 2024, representing a reduction of 0.8 % or 32,229 m² over the 14-year period.

This indicates an increased intensity of urban land use – specifically, the expansion of built-up and infrastructural areas at the expense of green spaces (Fig. 1). Considering global urban design trends, including the requirement that at least 4.2 % of the territory should be shaded and that 20 %

of interbuilding space should be covered with ground-level greenery [3], the densification of development in the Sykhiv district occurred without regard for ecological principles.

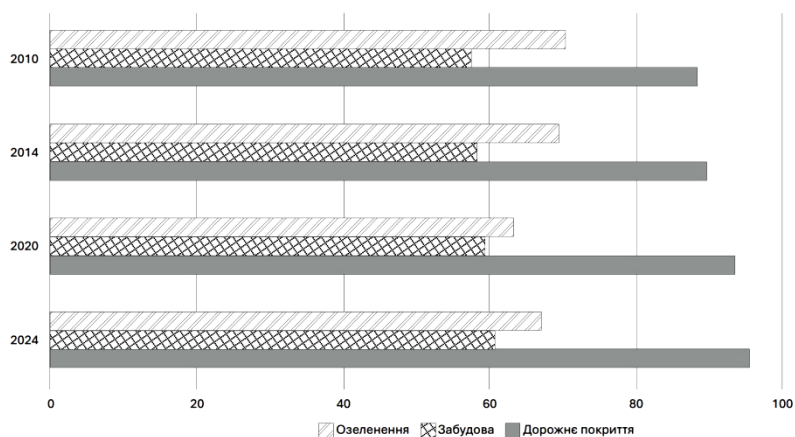


Fig. 1. Analysis of the dynamics of built-up areas, green spaces, and road coverage in the Sykhiv district of Lviv for 2010, 2014, 2020, and 2024 (based on Google Maps data)

Conclusions. Based on the performed calculations and a comparative analysis of regulatory frameworks for public spaces, it has been established that urban development projects require substantiated quantitative indicators reflecting the share of public space within their implementation. An indicator that comprehensively reflects the ecological outcome of further infill development in interblock territories can be the ratio of green space area to the total area of the territory.

References

1. The Official Website of the City of New York, 2025. URL: <https://www.nyc.gov/main>
2. Tymoshchuk M., Shyshkovskiy S., Kolinko N., Scvortsov D. and Luchko H. Forecast Modelling of Socio Economic Development Under Social and Economic Transformations. In: Štarchoň P., Fedushko S., Gubíniová K. (eds). Data-Centric Business and Applications. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2024, vol 208, Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-59131-0_19
3. Kayden J. S. Privately Owned Public Space : The New York City Experience. New York (N.Y.). The New York City Department of City Planning, and the Municipal Art Society of New York. New York : John Wiley & Sons, 2000.

UDC 631.67:528.8:528.9:004.9

INTEGRATION OF MULTISPECTRAL AND HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING WITH IOT AND GIS FOR INTELLIGENT IRRIGATION MANAGEMENT

Sultanli Feyruz¹, Huseynov Elnur², Sultanli Ismayil¹, Sultanova Nargiz³

¹Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey,

²Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey,

³Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

³sultanovan82@yahoo.com

Abstract. Recent advances in multispectral and hyperspectral imaging platforms, coupled with Internet of Things (IoT) sensor networks and Geographic Information Systems (GIS), are transforming irrigation practices from reactive to predictive and precision-oriented approaches. This study explores how satellite-based radiometric indices, UAV hyperspectral sensing, and in-situ IoT calibration can be integrated into unified GIS-based decision support systems for sustainable water resource management. Field applications in Azerbaijani irrigated zones demonstrate the potential of

this architecture to enhance water-use efficiency, detect early crop stress, and enable precision irrigation scheduling.

Problem Statement. Agricultural water resources in Azerbaijan, as in many other semi-arid regions of the world, are currently under intensifying pressure caused by multiple interrelated factors such as climate variability, limited hydrological reserves, and widespread reliance on outdated and inefficient irrigation practices. Azerbaijan’s agricultural sector is one of the most water-dependent components of the national economy, and fluctuations in precipitation regimes, rising evapotranspiration rates, and recurrent droughts have made water scarcity a central challenge for sustainable food production. In particular, river flow reductions, groundwater overexploitation, and uneven spatial distribution of water resources exacerbate the vulnerability of farming communities that rely heavily on irrigation for crop survival and productivity [1]. These constraints are further aggravated by competing demands from urbanization, industrial development, and energy production, thereby placing additional strain on already scarce water reserves [2].

Traditional irrigation control methods, which predominantly rely on reactive responses to visible stress symptoms such as leaf wilting, chlorosis, or yield decline, are inherently limited in their effectiveness. Such approaches are often delayed, subjective, and localized, leading to over-irrigation in some areas and under-irrigation in others, thereby reducing overall water use efficiency. This inefficiency not only accelerates soil salinization and nutrient leaching but also diminishes long-term soil fertility and threatens the resilience of agro-ecosystems. Moreover, traditional methods cannot adequately address the complex interactions between soil heterogeneity, crop physiological variability, and rapidly shifting climatic conditions. As a result, water mismanagement persists, increasing production risks and reducing the economic viability of agriculture in water-scarce environments like Azerbaijan.

In this context, there is an urgent and growing need for advanced, technology-driven monitoring and management systems that are capable of providing early, accurate, and scalable assessments of crop water demand and stress dynamics across heterogeneous landscapes. Emerging approaches that integrate remote sensing, geographic information systems (GIS), and artificial intelligence-based predictive models offer significant potential to revolutionize irrigation management by enabling near-real-time decision-making at both farm and regional scales. These systems can detect subtle physiological changes in crops long before visible stress symptoms emerge, thereby facilitating proactive water allocation and minimizing yield losses. Furthermore, scalable monitoring frameworks allow the assessment of large and diverse agricultural landscapes, ensuring that irrigation scheduling is aligned with actual crop requirements rather than generalized estimates. By harnessing such innovations, Azerbaijan could not only enhance water-use efficiency and crop productivity but also strengthen its resilience to climate change, support food security, and contribute to the long-term sustainability of its agricultural sector.

Research Objective. The primary objective of this research is to design and evaluate an integrated precision irrigation management system that combines multispectral and hyperspectral remote sensing platforms for detecting crop health and stress, ground-based IoT sensor networks for continuous monitoring of soil, water, and microclimatic conditions, and GIS-based analytical frameworks for spatial modeling, machine learning-driven predictions, and decision support. The study further aims to develop a scalable methodological framework that can be adapted to the diverse agro-ecological conditions of Azerbaijan.

Research Results. Remote sensing integration with Sentinel-2, Landsat 8/9, and MODIS datasets will be successfully applied for vegetation and water index calculations (NDVI, NDWI, NDRE, LST), thereby supporting both fine-scale and regional monitoring of agricultural water resources. The incorporation of ECOSTRESS thermal data will enhance the estimation of crop water stress indices, allowing for more precise detection of spatiotemporal stress dynamics under Azerbaijani field conditions. Hyperspectral UAV applications, particularly UAV-mounted spectrometers, will provide centimeter-scale spatial resolution and are expected to enable the early identification of sub-visual stress indicators in irrigated fields. Such high-resolution monitoring will significantly improve the capacity for timely interventions, reducing risks of water mismanagement and yield loss. In parallel, IoT-based calibration systems, including ground-deployed soil moisture probes, flow meters, and microclimatic sensors, will transmit real-time data through LPWAN and

cellular networks. These sensors will serve as in-situ calibration benchmarks for remote sensing indices and are projected to improve regression model accuracy, creating a robust feedback loop between field measurements and satellite-based monitoring. A GIS-driven decision support framework will integrate data pipelines from satellites, UAVs, and IoT sensors, transforming them into spatially explicit irrigation prescriptions. Within this framework, machine learning models will facilitate predictive scheduling, enabling variable-rate irrigation strategies that will optimize water-use efficiency and mitigate risks associated with drought or over-irrigation. Finally, the system will demonstrate high scalability and adaptability by leveraging open-access platforms (ESA Copernicus, USGS EarthExplorer, FAO WaPOR) alongside high-resolution commercial imagery (e.g., PlanetScope). This multi-scale adaptability will allow the approach to be applied under diverse resource conditions, ensuring both cost-effective adoption for smallholder farms and advanced optimization for large-scale agricultural enterprises.

Conclusions. As a result, the combined deployment of remote sensing, UAV hyperspectral imaging, IoT calibration, and GIS-based decision support will provide a comprehensive, forward-looking solution for sustainable irrigation management in Azerbaijan, ultimately enhancing agricultural resilience and long-term food security.

References

1. Jain S., Bhujel S., Shrivastava U., Mohapatra A. and Mishra G. Advancements in drone technology for fruit crop management : a comprehensive review. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023, vol. 13, no. 11, pp. 4367–4378.
2. Karunathilake E.M.B.M., Le A.T., Heo S., Chung Y.S. and Mansoor S. The path to smart farming : innovations and opportunities in precision agriculture. *Agriculture*. 2023, vol. 13, no. 8, p. 1593.

UDC 711.4

HISTORICAL AND ARCHITECTURAL FACTORS IN THE FORMATION OF DNIPRO CITY IDENTITY

Todorova Anastasiia¹, Master of Arch., **Shvets Iryna**², Architecture, Master of Arch.,
Shashkina Natalya³, Cand. of Philol. Sc., Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹anastasiatodorova13@gmail.com, ²irynashvets19@gmail.com, ³shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua

Abstract. This study examines and highlights key factors that shape the historical, architectural, and local identity of the city of Dnipro.

Problem Statement. Problem statement. The identity of the city of Dnipro is a multi-layered process that reflects its historical transformations: from pre-imperial to Soviet industrial center and to a modern city. Identity is expressed through architectural heritage, as well as everyday practices and cultural narratives. Globalization, chaotic development and loss of the historical environment increase the risks of blurring local identity. For residents, markers of the urban landscape are both old buildings of Katerynoslav, Soviet modernist ensembles, and industrial symbols such as bridges, factories and the embankment. At the same time, different images coexist: the city as a center of the space industry, which is now outdated, or as a regional business center. Dnipro’s past is diverse: it includes heroic milestones of foundation and growth, achievements of the Soviet period, as well as traumatic experiences such as destruction during World War II, repression, the closed status of the city during Soviet times and forced renaming. Modern globalization and urban transformations further exacerbate the erosion of local identity, especially in the historic core [1; 2].

Purpose of the Study. The purpose is to identify the key factors shaping the historical, architectural, and local identity of Dnipro.

Research Results. The study confirms that identity functions as a communicative code transmitting the uniqueness of the city. Its carriers include not only architectural landmarks but also

everyday urban environments, planning structures, cultural narratives, and the practices of residents. The most visible symbol of identity is the city’s natural relief – the river, steppes, and hills.

Key findings:

- Dnipro’s identity emerges as a dynamic combination of architectural forms, symbolic narratives, and lived practices.
- Historical and architectural heritage includes monuments, quarters, streets, and other spatial structures that form cultural memory and a sense of continuity [1].
- Public spaces of the historical center are major sites of interaction, but their role is often weakened by commercialization, chaotic privatization, and transport dominance, which reduce their sociocultural potential [2; 4].
- A significant factor in preserving identity is the integration of architecture with the natural environment. Landscape is a fundamental element of the city’s identity. The synthesis of landscape and architecture enhances the character of the environment and underlines its uniqueness [3].
- Positive examples of revitalization prove that combining traditional forms with new scenarios of space use creates an environment that both preserves heritage and meets contemporary challenges.

Conclusions. The historical and architectural identity of Dnipro is not a static category but a process in which tradition and modernity interact and enrich each other. Effective management requires heritage preservation, development of public spaces, integration of landscape and architectural solutions, and active community participation. The combination of cultural memory and innovative approaches will enable the sustainable identity of Dnipro in the future.

References

1. Yasynskyi M., Pohranychna I. and Stupivtsev A. Dnipro City in Ukraine, Stages of Its Historical-Architectural Development. *Theory and Practice of Design*. 2022. DOI: 10.32782/2415-8151.2022.26.15 (date of access: 29.09.2025).
2. Merylova I.O. and Rechyts O.A. Perspectives of the public space development in the historical part of Dnipro, Ukraine. *Przestrzeń i Forma*. Vol. 45, 2021. DOI:10.21005/pif.2021.45.C-06 (date of access: 29.09.2025).
3. Kashchenko T., Akhaimova A., Homon O., et al. Synthesis of Landscape and Architecture as a Means of Expressing National Identity. *Landscape Architecture and Art*. Vol. 19, 2021. DOI: 10.22616/j.landarchart.2021.19.03 (date of access: 29.09.2025).
4. Kynytska Y.S. Components of the historical city environment in determining its architectural identity, based on the example of Dnipro. *Naukovyi Visnyk Budivnytstva (Scientific Bulletin of Construction)*. Vol. 87, no. 1, 2017, pp. 14–21 (date of access: 29.09.2025).

UDC 51:[72:711.4:7.012:7.02

MATHEMATICS AS A CREATIVE FORCE IN ARCHITECTURE, URBAN PLANNING, DESIGN AND FINE ARTS

Ždímalová Mária, Assoc. Prof.

Diploma associate professor of applied mathematics,
Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia, (STU in Bratislava, Slovakia)
mzdimalova@gmail.com, maria.zdimalova@stuba.sk

Abstract. Mathematics has always been at the heart of human creativity, shaping how we design and experience the spaces around us. The relationship between mathematics and disciplines such as architecture, urban planning, design, and fine arts is both historical and ongoing, revealing that artistic beauty often emerges from mathematical order. Far from being confined to numbers and formulas, mathematics provides tools, frameworks, and principles that guide the creation of structures and artworks that are not only visually compelling but also structurally sound and functionally efficient.

Research Objectives. The aim of this study is to explore and highlight the interdisciplinary connections between mathematics and the creative fields of architecture, urban planning, design, and fine arts. The objectives include: To analyze the historical and contemporary role of mathematics in architectural forms, urban spatial planning, and artistic composition. To demonstrate how mathematical concepts such as geometry, proportion, optimization, graph theory, and computational modeling influence design processes. To examine the impact of mathematical tools on structural stability, functional efficiency, aesthetics, and innovation in creative disciplines. To show how mathematics enhances problem-solving and decision-making in the planning and shaping of both physical and visual environments.

Research Results. The analysis reveals that mathematics serves as a unifying foundation across these disciplines:

- In architecture, mathematical ratios like the Golden Ratio, geometric patterns in Gothic cathedrals, and modern computational geometry enable aesthetically pleasing, stable, and innovative structures.

- Urban planning relies on graph theory, optimization, and GIS-based models to organize land use, design efficient transportation systems, and predict urban dynamics for sustainable growth.

- In design, mathematics drives ergonomic proportions, algorithmic pattern generation, and material optimization through parametric and computational tools.

- Fine arts use geometry, linear perspective, tessellations, fractals, and color theory to achieve spatial harmony, depth, and creative complexity. The study highlights that mathematical approaches not only enhance aesthetic outcomes but also improve functionality, efficiency, and sustainability across these creative fields.

The analysis reveals that mathematics serves as a unifying foundation across these disciplines: with the practical application of geometrical objects – such as polygons, geometric solids, and fractals – which have historically shaped artistic and spatial forms.

- **Architectural geometry:** Architectural structures often rely on polygons and polyhedral as their fundamental building blocks. Triangles, being the most stable polygon, are widely used in truss and roof structures to provide rigidity and distribute loads efficiently. Squares and hexagons are frequently applied in tiling, paving, and window designs.
- **Urban Planning and Polygons in Spatial Analyses:** Urban planners utilize polygonal tessellations to model land parcels, zoning boundaries, and transportation grids. Voronoi diagrams, derived from polygonal subdivisions, are applied in Spatial Analyses.
- **Voronoi diagrams,** derived from polygonal subdivisions, are applied in determining service regions for hospitals, schools, and emergency response. Tessellated polygonal models also underpin simulations of pedestrian movement, crowd density, and optimal placement of public utilities.
- **Geometrical Concepts in Design:** Designers across fields – industrial, fashion, and interior – often incorporate **polygonal and solid-based shapes** to create both functional and visually compelling objects. Digital tools use **geometric transformations** (rotation, scaling, reflection) to develop modular components.
- **Fractals in Art and Architecture:** A notable result of integrating mathematics into creative practices is the application of **fractal geometry**. Fractals, characterized by self-similar patterns at different scales, appear in natural forms like ferns, snowflakes, and coastlines, inspiring biomimetic designs. In architecture, fractals can be seen in traditional Hindu temples, Islamic mosques, and Gothic cathedrals.
- **Fine Arts and geometric Harmonies:** Throughout history, **geometric solids and polygons** have shaped visual compositions. Renaissance artists, employing linear perspective, used pyramidal structures to organize depth on a two-dimensional canvas. Islamic art demonstrates a mastery of polygonal tiling.

Conclusion. Mathematics acts as a bridge between functionality and beauty, uniting logic with creativity. It equips architects to construct innovative buildings, enables urban planners to create resilient and efficient cities, empowers designers to optimize form and usability, and enriches artists' ability to express harmony and complexity. This interdisciplinary synergy demonstrates that mathematics is not merely a technical tool but a creative force that transforms how humanity shapes

the built environment and visual arts. The ongoing integration of mathematical principles promises further advancements in sustainable design, aesthetic innovation, and interdisciplinary collaboration.

References

1. Ždímalová M. Patterns. In: Lecture Notes and Systems, Book Chapter, 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63702-6_24
2. Grünbaum B. and Shephard G.C. Tilings and patterns, In: Dover Books and Mathematics, 2nd edition., ISBN -100486469816, 720 p.

Acknowledgement. Mária Ždímalová was funded and thanks by the Slovak National Research grant Vega 1/0036/23 of the Grant Agency of The Ministry of Education and Slovak Academy of Science.

UDC 72.012:658.626:659.127.8

ARCHITECTURAL DESIGN OF COMMERCIAL SPACE AS A VISUAL-SENSORY STRATEGY FOR BRAND FORMATION

Zhaldak Myroslav, Architect, Project Manager

Diploma of Specialist (Master of Architecture), Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Previous affiliations: Stolitsa Group, 2017–2019; PartnerConstruction, 2019–2020; Smyk, 2015–2018; Arricano, 2011–2014

Miroslav.zhaldak@gmail.com

Abstract. This study examines architectural design solutions for commercial spaces as a key tool in branding, shaping the emotional experience of customers. Drawing on examples from international companies, it demonstrates that the integration of spatial and sensory elements enhances brand recognition and distinctiveness.

Problem Statement. The concept of commercial space has evolved beyond its narrow interpretation as a site of transactional activity and has transformed into a powerful instrument for building brand identity. Whereas classical design solutions traditionally focused on technical parameters, contemporary research increasingly highlights the importance of sensory strategies capable of fostering emotional connections with consumers. In this context, scholars such as A. Luthra, S. Dixit, A. Singh, S. Garg, and S. Khattar consider sensory storytelling to be an effective tool for constructing brand narratives [1]. The transdisciplinary nature of architectural solutions is emphasized by A. M. Salama and M. P. Patil [2], while researchers B. Torgay and G. Mutlu Tunca explore the visual expression of corporate identity within office environments [3]. D. Zha et al. argue that sensory experience generates deeper associations with the brand [4], and F. Ma and C. Kim show how the integration of scents, sounds, and materials into café design increases consumer engagement [5]. The development of high-tech sensory systems for personalizing space has been studied by Q. Liu et al. [6]. Meanwhile, R. Aruchunan et al. stress the role of interactive stimuli in developing sensory skills in children [7]. The impact of spatial transformation on user behavior is analyzed by R. Jóźwik [8]. In contrast, S. Ji and P.-S. Lin examine the role of visual communication in maintaining brand recognition [9], while researchers Z. Chen et al. investigate the formation of brand impressions in urban environments and the potential for their adaptation to commercial spaces [10].

Research Objective. The objective of this study is to identify architectural solutions in commercial spaces as a component of the visual-sensory strategy for brand formation.

Research Results. The architectural design of commercial space is viewed as an element of branding strategies that functions not only as a tool of visual identification but also as a complex sensory practice aimed at shaping customers' emotional experiences. Visual, acoustic, tactile, olfactory, and gustatory elements create immersive brand engagement and generate lasting associations. Examples from international companies illustrate various approaches to spatial and

sensory design. Apple, for instance, creates stores as transparent and open structures with minimalist finishes and natural lighting, emphasizing innovation and accessibility. Nike uses dynamic elements, vivid colors, and installations that convey the energy of sport. In contrast, IKEA constructs an interactive customer journey by combining spatial and sensory solutions with a gastronomic experience. Starbucks focuses on the concept of a “third place” between home and work, employing warm lighting, natural materials, and the brand’s signature coffee aroma. Gucci and Louis Vuitton emphasize exclusivity through the use of high-end materials, theatrical lighting, and curated product displays. Lush builds its customer experience through multisensory engagement involving color, scent, and tactile interaction, while Muji focuses on simplicity, functionality, and minimalism.

Architectural branding may be either bold or restrained, yet in both cases it contributes to the creation of a recognizable identity. In general, architectural strategies in commercial spaces serve a dual function: they ensure environmental functionality and rational spatial organization while simultaneously acting as a tool for emotional branding. The most effective concepts are those that integrate multiple sensory channels at once, generating a synergistic effect and forming subconscious associations with the brand.

Conclusions. Architectural design solutions for commercial spaces serve as a key branding tool by shaping the emotional experience of customers. The use of spatial and sensory elements enhances brand recognition and distinctiveness. A range of strategies, from minimalist to multisensory approaches, effectively contribute to the formation of a unique brand identity. The most impactful concepts are those that integrate multiple sensory channels simultaneously.

References

1. Luthra A., Dixit S., Singh A., Garg S. and Khattar S. Sensory storytelling : crafting brand narratives through sight, sound, smell, touch, and taste. In: *Sensible Selling Through Sensory Neuromarketing*. 2024, pp. 230–253. URL: <https://www.igi-global.com/chapter/sensory-storytelling/353593> (date of access: 24.08.2025).
2. Salama A.M. and Patil M.P. Unpacking Transdisciplinary Research Scenarios in Architecture and Urbanism. *Encyclopedia*. 2024, vol. 4, no. 1, pp. 352–378. URL: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4010025> (date of access: 27.08.2025).
3. Torgay B. and Mutlu Tunca G. Visual expressions of corporate identity in the office spaces. *Online Journal of Art & Design*. 2023, vol. 11, no. 2. URL: <https://www.academia.edu/download/104486894/11216.pdf> (date of access: 24.08.2025).
4. D. Zha et al. Experiencing the sense of the brand: the mining, processing and application of brand data through sensory brand experiences. *Qualitative Market Research : International Journal*. 2022, vol. 25, no. 2, pp. 205–232. URL: <https://doi.org/10.1108/qmr-09-2021-0118> (date of access: 27.08.2025).
5. Ma F. and Kim C. Exploring coffee shop environment design through the lens of user's five-sensory experience. *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*. 2024, pp. 543–554. URL: <http://apjcriweb.org/content/vol10no2/42.pdf> (date of access: 24.08.2025).
6. Q. Liu et al. All-in-one metal-oxide heterojunction artificial synapses for visual sensory and neuromorphic computing systems. *Nano Energy*. 2022, vol. 97, pp. 107171. URL: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2022.107171> (date of access: 27.08.2025).
7. Aruchunan R., Roslan M.F. and Mustapha S. Development of Mobile Game-Based Learning to Improve Visual Sensory Development for Young Children. *2023 IEEE 11th Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)*. Malacca, Malaysia, 16 December 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/icspc59664.2023.10420347> (date of access: 27.08.2025).
8. Józwick R. Architectural and urban changes in a residential environment – implications for design science. *Sustainability*. 2024, vol. 16, no. 10. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/10/3987> (date of access: 24.08.2025).
9. Ji S. and Lin P.-S. Aesthetics of Sustainability : Research on the Design Strategies for Emotionally Durable Visual Communication Design. *Sustainability*. 2022, vol. 14, no. 8, p. 4649. URL: <https://doi.org/10.3390/su14084649> (date of access: 27.08.2025).

10. Z. Chen et al. Walking the hidden city: the role of citywalk in shaping destination branding experience. *Tourism Recreation Research*. 2024, pp. 1–16. URL: <https://doi.org/10.1080/02508281.2024.2401717> (date of access: 27.08.2025).

УДК 811.327.3:94(4). (14)

МОВНА ПОЛІТИКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ЙОГО ЦІЛЕЙ ТА ЦІННОСТЕЙ

Бабенко В. А.¹, канд. іст. наук, доц., Чернікова М. І.², студ.
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
¹babenko.valentyna@pdaba.edu.ua, ²marina05082008chernikoya@gmail.com

Постановка проблеми. На шляху України до інтеграції в ЄС, особливо під час розпочатої на території нашої країни повномасштабної війни, надзвичайно важливим для нашої держави постало питання мови, ідентичність якої повністю заперечує країна-агресор – Росія. Кожен народ має право спілкуватися своєю мовою. Тож, модель побудови ідеального суспільства, яку здавна намагалося знайти людство, було втілено в основні цінності Європейського Союзу серед яких: демократія, свобода вибору, рівність, повага до людської гідності, верховенство права. Мовна політика ЄС, як невід’ємна частина його цілей та цінностей, що базується у першу чергу на повазі до культурної різноманітності й взаємній повазі та інтеграції громадян у рамках європейської спільноти, передбачає збереження та захист мовного розмаїття та корелюється з девізом ЄС «Єдність у різноманітті».

Мета дослідження. Дослідити мовну політику ЄС на основі його цілей та цінностей в контексті вступу України до ЄС, розглянути проблему багатомовності та шляхи її ефективного вирішення задля використання в контексті національної безпеки української держави.

Результати дослідження. Дослідженням мовної політики Європейського Союзу займалися такі автори як: Косович О. В., Чернякова А. В., Радишевська О. Р., Явір В. А. та інші автори [1; 3; 5; 6]. Основним засадам мовної політики ЄС та перспективам її розвитку присвячено наукову статтю Косович О. В. [1]. Загоруйко Л. О. досліджує питання офіційної інституціоналізації рідних мов мігрантів у країнах Західної Європи [2]. Привертає увагу наукова розвідка Чернякової А. В., що аналізує Європейську інтеграцію, зокрема перспективи України в Євроінтеграційному процесі, щодо прийняття цінностей і цілей ЄС, питання реформ університетської освіти в Україні [5]. Тарасенко О. Л. вивчає досвід Європейського Союзу щодо мовної політики в багатомовному суспільстві [4]. Тож, наявні чисельні наукові публікації, присвячені різним аспектам мовної політики ЄС. Однак, в контексті вступу України до ЄС надзвичайно важливим є впровадження мовної політики на основі цінностей Європейського Союзу. Цю наукову проблему на часі розглядати і в контексті національної безпеки держави. Тому розгляд цієї проблеми наразі залишається актуальним та потребує подальших досліджень.

Протягом сторіч мова відіграє особливу роль в культурі, історії та політиці будь-якої держави, стаючи мірилом ціннісних уявлень народу та одночасно викликом для внутрішньої політики, за умови наявності багатомовності. На слушну думку Тарасенко О. Л., одним з викликів для Європейського Союзу, для його цілей та цінностей, стала його мовна різноманітність: «У суспільствах, де співіснують дві й більше мов, мовна політика виступає неодмінним складником внутрішньополітичного життя. Адже, з одного боку, ситуація багатомовності вимагає регулювання мовних процесів, регламентування статусів мов та сфер їхнього функціонування, забезпечення гарантій збереження мов та дотримання прав їхніх носіїв – тобто державної політики. З іншого боку, співіснування мов пов’язане з питаннями ідентичності (групової та індивідуальної), настановами та уявленнями щодо мов, втратою та набуттям мов, а також потребою захисту своїх прав носіями різних мов, а отже і представництва цих інтересів

певними особами чи організаціями – усі ці питання стають важливим компонентом політичного життя суспільства» [4, с. 104].

Мовна політика Європейського Союзу напружувалась багатьма консультаціями та документами до початку 2000 р. на основі багатьох різних моделей мовної політики: «У робочому документі «Мовний режим: додаткові варіанти», <...> запропоновано сім різних мовних концепцій (від монолінгвізму до повного мультилінгвізму) [1, с. 56]. Ці концепції пропонують можливість вибрати оптимальну та найбільш придатну для ЄС мовну політику, але такий великий вибір також спричиняє нові проблеми, а деякі концепції навіть теоретично незастосовні в рамках політики ЄС. У 2005 р. комісією з мультилінгвізму ухвалено «Нову рамкову стратегію мультилінгвізму», що стала першим офіційним документом, ухваленим цією комісією. Прагнучи зберегти мовне розмаїття через рівноправність мов, їх гармонійне співіснування, Європейський Союз заклав в основу своєї мовної політики «мультилінгвізм», як політику рівності мов у суспільстві, який охоплює соціальну, культурну, економічну і освітню сфери [1, с. 55–57]. Політика мультилінгвізму переслідує чотири основні цілі, що ґрунтуються на базових цінностях Європейського Союзу: «...заохочення вивчення мов і мовного розмаїття в суспільстві; сприяння формуванню здорової багатомовної економіки; надання громадянам доступу до законодавства, процедур та інформації ЄС їхньою рідною мовою; забезпечення свободи пересування та міграції в рамках ЄС» [1, с. 57].

Висновки. Як бачимо, політика «мультилінгвізму» сприяє тому, що офіційна мова кожної країни є офіційною мовою ЄС. Інституційна система ЄС працює на засадах багатомовності, забезпечуючи комунікацію різними мовами. Правові гарантії для захисту прав мовних меншин та підтримка регіональних мов сприяє збереженню мовного різноманіття, що допомагає зберегти усвідомлення національної приналежності кожній людині. Мовна політика сприяє взаєморозумінню між різними культурами та народами, що є основою для європейської інтеграції та єдності. Таким чином, мовна політика ЄС є невід'ємною частиною його цінностей, що базуються на повазі до культурної різноманітності, взаємній повазі та інтеграції громадян у рамках європейської спільноти.

Список використаних джерел

1. Косович О. В. Мовна політика держав – лідерів Європейського Союзу та перспективи її розвитку. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія : Філологія. Журналістика, Спецвипуск*. 2022. 55 с. URL: <http://www.philol.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/spec>
2. Загоруйко Л. О., Гут Н. В. Мовна інтеграція мігрантів : на прикладі країн Західної Європи. *Вісник КНЛУ. Серія : Педагогіка та психологія*. Вип. 32. 2020. 86 с. URL: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/13110/1>
3. Радишевська О. Р. Особливості підготовки перекладачів в умовах набуття Україною статусу кандидата на членство в Європейському Союзі : погляд юриста-практика. *Полтавський інститут економіки і права Університету «Україна»*. 2020. 89 с. URL: <https://pl.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10>
4. Тарасенко О. Л. Мовна політика у багатомовному суспільстві : досвід Європейського Союзу. *Економіка та держава*. 2010. № 9. С. 104–106. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/9_2010/33.pdf
5. Чернякова А. В. Європейські цінності у навчанні іноземних студентів у контексті інтеграції в європейський освітній простір. *Актуальні питання гуманітарних наук*. Вип. 56, т. 3. 2022. С. 236–239. URL: https://www.aphn-journal.in.ua/archive/56_2022/part_3
6. Явір В. А. Удосконалення політико-правового забезпечення захисту прав національних меншин як вимога євроінтеграції України. *Науковий журнал «Політикус»*. Спецвипуск. 2022. 143 с. URL: <https://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/165421>

УДК 624.04:533.6:004.942

РОЗРАХУНОК БУДІВЛІ НА ВПЛИВ ПОВІТРЯНОЇ УДАРНОЇ ХВИЛІ

Барабаш М. С.¹, докт. техн. наук, проф., Ромашкіна М. А.², канд. техн. наук

ТОВ «ЛІРА САІР»

¹bmari.lira@gmail.com, ²romashkina.liraland@gmail.com

Постановка проблеми. Розрахунок впливу повітряної ударної хвилі на будівлі є надзвичайно важливим завданням для нашої країни, яка перебуває в умовах воєнних дій. Такий розрахунок дає можливість виявити вразливі ділянки конструкцій та завчасно вжити заходів щодо їхнього підсилення. Це дозволяє зменшити ризики руйнувань споруд та врятувати життя людей.

Однією з ключових задач проблеми вибухонебезпеки є визначення навантажень на будівельні та вибухостійкі конструкції. Складність завдання зумовлена нестаціонарним характером вибухових процесів і необхідністю врахування динамічних особливостей, зокрема складної ударно-хвильової взаємодії повітряної ударної хвилі з конструкціями.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення параметрів повітряної ударної хвилі та розроблення підходів до їх застосування у розрахунках будівельних конструкцій із використанням сучасних програмних комплексів (LIRA-FEM, LIRA-CAD) відповідно до міжнародних нормативів (UFC 3-340-02).

Результати дослідження. Повітряна ударна хвиля, що утворюється внаслідок вибуху, залежно від типу (наземний чи повітряний), має свої особливості поширення. При повітряному вибуху ударна хвиля поширюється сферично від епіцентру вибуху, а в наземному вибуху хвиля відбивається від поверхні землі, утворюючи підсилений фронт – так звану відбиту хвилю, яка може мати більшу амплітуду тиску порівняно з первинною хвилею. З моменту прибуття фронту ударної хвилі до конструкції тиск різко зростає до максимального значення P_g . Після цього тиск поступово знижується до атмосферного рівня P_0 , а при деяких сценаріях може падати й нижче атмосферного, утворюючи фазу розрідження.

У програмних комплексах LIRA-FEM та LIRA-CAD розроблено спеціальні алгоритми, що автоматизують розрахунок інтенсивності вибухового навантаження та його прикладання до елементів конструкцій. Розрахунок надлишкового тиску виконується відповідно до вимог UFC 3-340-02: Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions [1; 2]. Методика базується на визначенні масштабованої відстані, з урахуванням маси вибухової речовини у тротиловому еквіваленті та відстані від епіцентру вибуху до об'єкта. В LIRA-CAD цей алгоритм інтегрований у систему «Генератор» (рис. 1), що працює на основі параметричного моделювання та візуального програмування за допомогою нодів [3; 4].

За допомогою LIRA-CAD можна виконати розрахунок параметрів вибухового навантаження на конструкцію відповідно до методики UFC 3-340-02. Для цього задаються основні вихідні дані: маса вибухової речовини в тротиловому еквіваленті, відстань від епіцентру вибуху до конструкції та тип вибуху (наземний або повітряний). На основі цих параметрів визначається масштабована відстань (Z), за якою з графіків наведених в UFC 3-340-02 визначаються основні характеристики повітряної ударної хвилі: пік надлишкового тиску фронту хвилі, тривалість позитивної та негативної фази та імпульс надлишкового тиску. Для відбитої хвилі додатково розраховується коефіцієнт відбиття, що залежить від кута падіння хвилі на поверхню конструкції. Це дозволяє визначити значення відбитого надлишкового тиску та відповідного імпульсу тиску, які прикладаються до конструктивних елементів.

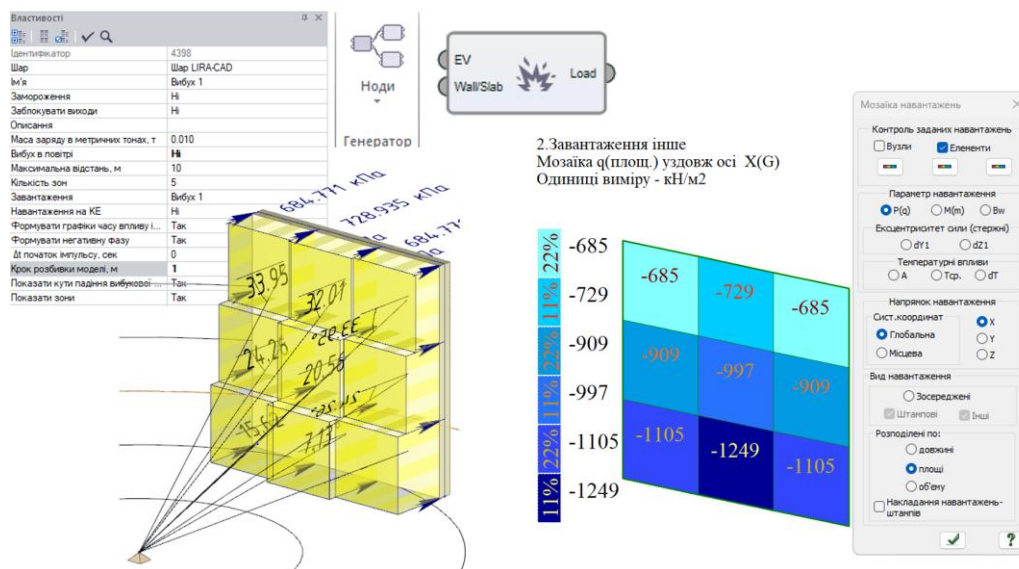


Рис. 1. Формування вибухового навантаження за допомогою нода «Вибух»

У LIRA-CAD розраховані значення надлишкового тиску прикладаються або як статичне навантаження, що враховує пікові значення тиску, або як динамічне, якщо активовано параметр формування графіків імпульсу, що дозволяє моделювати зміну навантаження в часі.

Модуль «Динаміка у часі» LIRA-FEM дає змогу виконувати нелінійний динамічний розрахунок із застосуванням методу прямого інтегрування рівнянь руху. Це дозволяє моделювати різні сценарії впливу вибухових навантажень в рамках однієї моделі, враховуючи ефекти демпфування за допомогою коефіцієнтів Релея.

Висновки. 1. Розрахунок впливу повітряної ударної хвилі є критично важливим для проектування та підсилення будівель в умовах вибухонебезпеки.

2. Методика UFC 3-340-02 у поєднанні з програмними комплексами LIRA-FEM та LIRA-CAD дозволяє виконувати як статичні, так і динамічні аналізи з високим рівнем деталізації.

3. Застосування параметричного моделювання в LIRA-CAD та нелінійного динамічного аналізу в LIRA-FEM забезпечує визначення потенційно небезпечних зон та формує основу для створення вибухостійких споруд.

4. Отримані результати можуть використовуватися при проектуванні захисних споруд, об'єктів критичної інфраструктури та у сфері цивільного захисту населення.

Список використаних джерел

1. USA Department of Defense (DoD). Unified facilities criteria (UFC). 3-340-02: Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. 2008.
2. Ramon Gilsanz, Ronald Hamburger, Darrell Barker, Joseph L. Smith, Ahmad Rahimian, AISC Design Guide 26: *Design of Blast Resistant Structures*, AISC. 2013.
3. Барабаш М. С., Костира Н. О., Максименко В. П. Modeling of Building Structures Resistance to Collapse Failure from Explosive Impact Advances in Science and Technology. 2024.Vol. 156. Pp. 65–74. URL: <https://doi.org/10.4028/p-CSaY06>

УДК 624.012

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ АНГАРУ ДЛЯ ЛІТАКІВ ПРИ ЗАКРИТИЧНИХ ВПЛИВАХ В LIRA-FEM

Бармін І., аспір.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»barmin499@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах сучасних військових конфліктів і локальних воєн особливо актуальним є питання захисту винищувачів на аеропортах їх базування. Аеродроми є стратегічно важливими об'єктами, оскільки вони використовуються для бойових вильотів, матеріально-технічного забезпечення та технічного обслуговування літаків. Однак вони також є однією з головних цілей противника, оскільки їх знищення може серйозно вплинути на боєздатність авіації.

Сучасна військова техніка дозволяє наносити удари по авіабазах з великих відстаней, що ускладнює захист авіабаз. Однією з найбільших проблем є те, що вартість атаки на аеродром може бути набагато нижчою за потенційну шкоду стороні, яку атакують. Розглядалися різні типи укриттів для авіаційної техніки, припасів і особового складу: залізобетонні арочні загородження, підземні аеродроми. Проаналізовано міжнародний досвід використання укриттів, зокрема те, що такі укриття, як американське ESAP та британське EFASS, мають характеристики мобільності, високої ефективності та стійкості до повітряного нападу.

У доповіді розглядається типова конструкція арочного укриття (рис. 1), яка складається з напіварочної конструкції та залізобетонних ребер, заповнених ґрунтом для укриття. Захисні конструкції можуть мати різні типи металевих дверей: Ролетні – має такі дефекти, як скручування троса і знос; навісний – більш сучасне рішення, яке забезпечує більшу довговічність і захист.

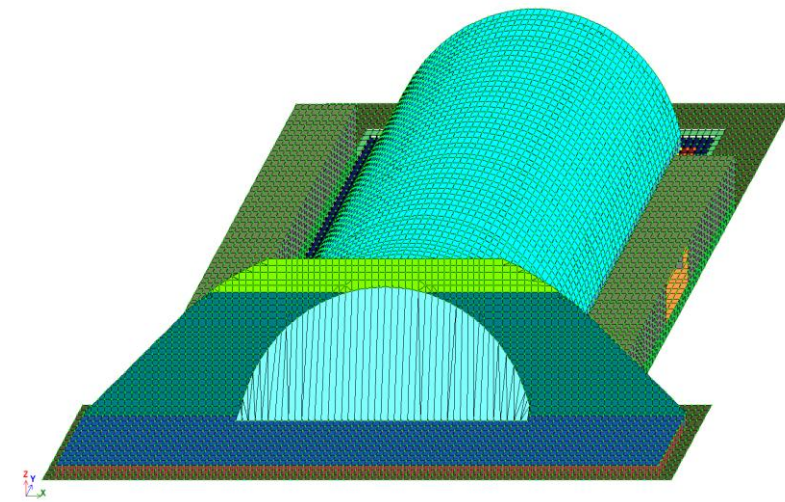


Рис. 1. Тривимірний загальний вид ангару та допоміжних споруд

Розрізняють три основних випадки граничних станів конструкції: стан 1а – конструкція не має залишкових деформацій і залишається працездатною; стан 1б – може виникнути серйозне пошкодження, яке потребує ремонту або часткової заміни; стан 1в – часткове або повне руйнування, яке не призведе до руйнування всієї конструкції, але вимагатиме реконструкції. Математичний аналіз на основі: визначення згинальних моментів, аналізу отворів пластикових петель. Розрахунки захисних конструкцій проводили в програмному комплексі ЛІРА-FEM (ЛІРА-САПР) з використанням методу граничного стану моделей залізобетону та сталевих арматур. Структуру захисної конструкції детально проаналізовано в програмному комплексі ЛІРА-FEM (ЛІРА-САПР). Змодельовано вплив вибухової хвилі на будівлі та проведено розрахунки для панелей покриття площею до 80 м² при ударному навантаженні.

Висновки. Запропонована методика розрахунку та моделювання дозволяє більш точно оцінити стійкість конструкцій ангарів до вибухових навантажень. Отримані висновки можуть бути використані для розробки ефективних захисних споруд, здатних протистояти сучасним загрозам у військовій сфері. Проведено комплексний аналіз конструкції захисту бойової авіації з урахуванням її конструктивних характеристик, методів розрахунку динамічного навантаження та впливу вибухової хвилі. Проаналізовано характеристики та міжнародний досвід різних типів укриттів, таких як залізобетонні аркові конструкції, ангари швидкого монтажу, підземні бази військово-повітряних сил.

Чисельне моделювання поведінки конструкції під впливом критичних навантажень стало важливим аспектом досліджень. Встановлено, що основним фактором, що визначає довговічність будівлі, є її здатність протистояти пластичним деформаціям і перерозподілу сил. Математичні моделі можуть визначити ключові параметри конструкції та оцінити її стійкість до прогресуючого руйнування в умовах удару вибуху. Розрахунки, проведені в програмному комплексі ЛІРА-FEM (ЛІРА-САПР), підтвердили, що врахування нелінійних властивостей матеріалу та фізичних процесів у конструкції дозволяє точніше прогнозувати поведінку конструкції при аварійному навантаженні. Особливу увагу ми приділили аналізу плит перекриття та їх здатності протистояти ударам на площах до 80 квадратних метрів, що має вирішальне значення для збереження цілісності конструкції.

Отримані висновки можуть бути використані при проектуванні нових захисних споруд військової авіації, а також при модернізації існуючих ангарних конструкцій. Застосування сучасних інженерних технологій дозволяє істотно підвищити рівень безпеки стратегічних цілей і забезпечити ефективний захист авіації від ударів противника. Результати досліджень є актуальними для оборонної галузі та можуть бути використані для подальших науково-практичних розробок у галузі безпеки будівництва та військового машинобудування.

Список використаних джерел

1. Барабаш М. С., Костира Н. О., Максименко В. П., Бармін І. В. Моделювання динамічних навантажень вибухового типу в задачах дослідження міцності будівельних конструкцій з використанням ПК ЛІРА-САПР. *Наука та будівництво*. 2023. Т. 38, № 4. С. 20–27.
2. Барабаш М. С., Городецький О. С. Дослідження стійкості конструкцій будівель та споруд до прогресуючого руйнування при аварійних впливах. *Нові технології в будівництві*. 2010. № 2 (20). С. 19–23.
3. Kinney G. F., Graham K. J. Springer-Verlag Explosive Shocks in the Air. Second edition. Berlin, 1985. 269 p. DM134.

УДК 624.014 + 536.21

РОЗРАХУНОК СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ В LIRA-FEM

Башинський О. В., доктор філософії

ТОВ «ЛІРА САПР»

alex.bashinsky97@gmail.com

Постановка проблеми. Під час пожеж у будівлях та спорудах, де несучими елементами є сталеві згинальні конструкції (наприклад, балки чи ферми), відбувається їх інтенсивна деформація та втрата несучої здатності вже протягом перших 15 хвилин з моменту займання. Конструкції з незахищеної сталі руйнуються значно швидше за залізобетонні, що призводить до серйозних матеріальних збитків та суттєво підвищує ризики для людей, які перебувають у будівлі.

Мета дослідження. Аналітичні методики оцінки та розрахунку вогнестійкості сталевих конструкцій, зокрема метод визначення критичної температури елемента залежно

від діючих зусиль, дають змогу оперативно встановити межу вогнестійкості окремого стержневого елемента. Однак такі підходи мають низку обмежень, адже не враховують тепловіддачу, нерівномірність нагрівання елементів та застосування вогнезахисних матеріалів. Подальше вдосконалення чисельно-аналітичних методів дозволить врахувати ці важливі фактори під час оцінки вогнестійкості сталевих конструкцій.

Результати дослідження. Відповідно до аналітичної методики визначення вогнестійкості сталевих конструкцій, розрахунок виконується у два етапи: теплотехнічний та статичний міцнісний.

Теплотехнічний розрахунок дає можливість визначити швидкість та особливості зміни температурного поля в межах конструкції. Наприклад, балку можна моделювати як у площинній, так і в просторовій постановці задачі.

Плоска постановка задачі передбачає створення скінченно-елементної моделі поперечного перерізу конструкції, що дає змогу визначити зміну температури по його висоті. Такий підхід є важливим для оцінки межі вогнестійкості балок та плит перекриття. Результати аналізу вогнестійкості балок у плоскій постановці наведені в попередніх дослідженнях [1–3].

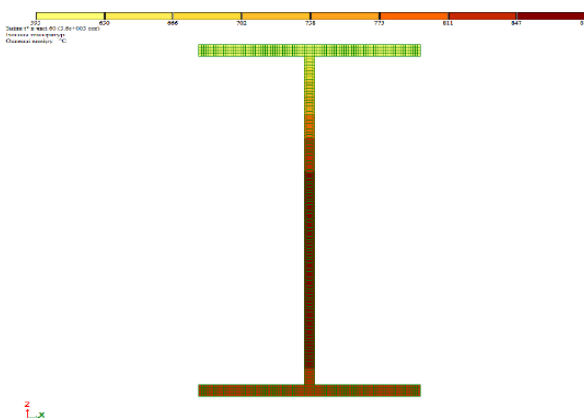


Рис. 1. Результати теплотехнічного розрахунку

Теплотехнічний розрахунок базується на розв'язанні задачі нестационарної теплопровідності. У програмному комплексі ЛІРА-САПР (LIRA-FEM) таке завдання реалізується методом скінченних елементів і за своєю суттю подібне до розрахунків міцності, виконуваних нелінійним динамічним методом.

Результатом проведення теплотехнічного аналізу є визначення температурних полів по висоті поперечного перерізу конструкції у різні, заздалегідь задані моменти часу розвитку пожежі. Приклад отриманих результатів у плоскій постановці наведено на рисунку 1.

За підсумками теплотехнічного розрахунку необхідно обрати часові інтервали пожежі та зафіксувати максимальне або середнє значення температури по висоті поперечного перерізу.

Міцнісний статичний розрахунок виконується як окрема задача. Він являє собою класичний розрахунок на міцність, проте з урахуванням результатів теплотехнічного аналізу шляхом зниження міцнісних характеристик поперечних перерізів відповідно до вибраних часових відміток пожежі.

Приклад результатів такого розрахунку в LIRA-FEM для однієї часової відмітки наведено на рисунку 2. Вони відображають величини прогинів в балках та ступінь використання поперечного перерізу за першою групою граничних станів.

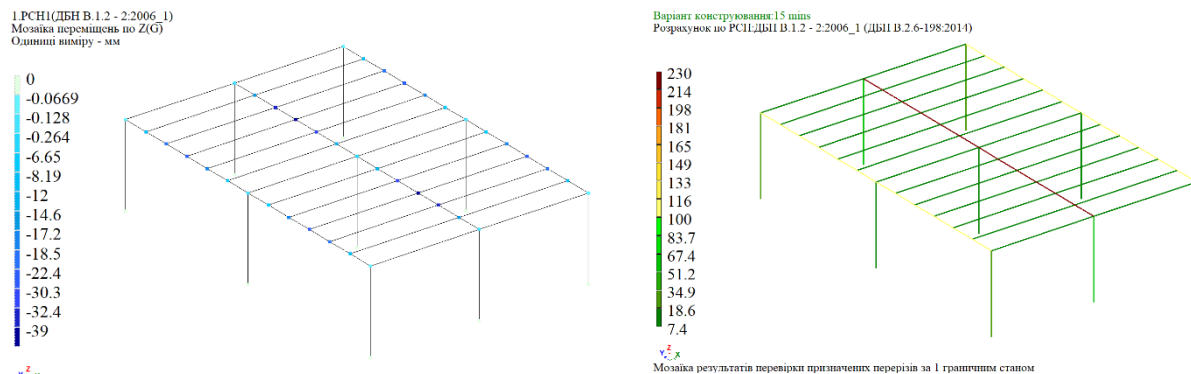


Рис. 2. Результати міцнісного розрахунку

Висновки. Запропонована чисельно-аналітична методика визначення межі вогнестійкості сталевих балок є ефективним і достатньо точним інженерним інструментом для розв’язання задач, пов’язаних із вогнестійкістю сталевих згинальних елементів. Варто підкреслити, що цей підхід може бути адаптований і для інших типів конструкцій, зокрема залізобетонних.

Список використаних джерел

1. Bilyk S., Bashynska O., Bashynskiy O. Determination of changes in thermal stress state of steel beams in LIRA-SAPR software. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2022. № 108. С. 189–202.
2. Башинський О. В., Башинська О. Ю. Аналіз напружено-деформованого стану вогнезахищеної сталеві балки перекриття. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. № 12. С. 126–138.
3. Башинський О. В. Оцінка несучої здатності сталеві балки перекриття в умовах високих температурних впливів. *Наука та будівництво*. 2024. Т. 39, № 1. 2024. С. 72–78.

УДК 72.03:69.032:004.9

ДИЗАЙН І МАТЕРІАЛИ : 3D ПРИНТИНГ ТА ЕСТЕТИКА У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Бережна А. Р.¹, магістр, Ярова Т. П.², докт. техн. наук, доц.,
Сопільняк А. М.³, канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹annberezghna6@gmail.com, ²yarova.tetyana@pdaba.edu.ua, ³sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасне будівництво переживає швидкі зміни завдяки появі новітніх матеріалів і технологій. Традиційні підходи обмежують архітекторів у створенні складних конструкцій, тоді як інноваційні методи, зокрема 3D-друк, дозволяють поєднувати естетику та функціональність, відкриваючи нові горизонти для дизайну [2; 3]. Однією з проблем є адаптація нових матеріалів до кліматичних і технологічних умов, а також нормативне регулювання процесу будівництва (рис. 1).

Мета дослідження. Проаналізувати сучасний стан і перспективи розвитку технології 3D-друку у будівельній галузі; визначити, які матеріали і методи використовуються, та як інтегрувати дизайн із технологіями для досягнення естетичної та функціональної цінності будівель.

Результати дослідження. 3D-друк будівельних конструкцій дозволяє швидко зводити індивідуальні елементи складної форми, економити матеріали й трудові ресурси. Завдяки цьому методів архітектори можуть реалізовувати нестандартні дизайнерські рішення, які раніше були технічно або економічно недоцільними (рис. 3).



Рис. 1. Схема матеріалів для 3D-будівництва

Матеріали для 3D-друку: бетонні суміші з добавками, геополімери, гіпс, цемент, композити з промислових відходів [1; 4]. Вони покращують теплоізоляцію та конструктивні властивості будівель і зменшують екологічний вплив.

Технологія екструзії дозволяє друкувати несучі елементи (стіни, перегородки), інфраструктурні деталі, інтер'єрні форми, прототипи житлових будинків (рис. 2). Основні переваги: швидкість будівництва, зменшення витрат матеріалів, можливість адаптації до індивідуальних проєктів.



Рис. 2. Приклад 3D-друку будівельної конструкції



Рис. 3. Будівля, створена з використанням технології 3D-друку

У світі 3D прінтинг застосовують для житлових і громадських будівель, а в Україні стартапи впроваджують його у приватне та комерційне будівництво. Основні бар'єри: висока вартість, відсутність нормативів, логістика та нестача кваліфікованих кадрів.

Висновки. Інноваційні технології, зокрема 3D-друк, трансформують підходи до архітектурного дизайну, поєднуючи естетику та ефективність. Використання таких рішень дозволяє економити ресурси, підвищує екологічність будівництва та дає свободу творчості.

Подальший розвиток потребує нормативного регулювання, інвестицій у дослідження матеріалів і підготовку фахівців.

Список використаних джерел

1. Згалат-Лозинська Л. О., Згалат-Лозинський О. Б. Розвиток та впровадження інноваційних технологій 3D-друку у будівництві. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. Т. 31 (70), № 5. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344822499_rozvitok_ta_vprovadzenna_innovacijnih_tehnologij_3d-druku_u_budivnictvi
2. Перспективи розвитку 3D-будівництва та його вплив на навколишнє середовище. Research Gate. URL: https://www.researchgate.net/publication/371569975_perspektivi_rozvitku_3d_budivnictva_ta_jogo_vpliv_na_navkolisne_seredovise
3. Комішев Д. Г., Белятинський А. Інноваційні технології в будівництві : 3d-друк будівель, мобільні програми та штучний інтелект. URL: https://www.researchgate.net/publication/381094006_innovative_technologies_in_construction_3d_printing_of_buildings_mobile_programs_and_artificial_intelligence
4. Konoplianyk Oleksandr, Sopilnyak Artem, Sirenok Kyrylo, Sereda Svitlana and Yarova Tetyana. Constituent components of 3D printing in construction : Mixture, reinforcement and their main characteristics. *International Scientific and Practical Conference Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle (ICSBT 2024) : E3S Web of Conferences*. Vol. 534. P. 01009. Dnipro, Ukraine, February 20–21, 2024. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401009>; https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/64/e3sconf_icsbt2024_01009/e3sconf_icsbt2024_01009.html

УДК 504.75:528.9:631.67

МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ

Бегічев С. В.¹, канд. техн. наук, доц., Склярів Н. Ю.², студ.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹sergey_begichev@ua.fm, ²djek123robin@gmail.com

Постановка проблеми. Одним із пріоритетів Держгеокадастру є охорона земельного фонду України [1]. Моніторинг використання земель земельних ділянок об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) передбачає контроль за дотриманням режиму їх використання, який встановлюється для збереження природних комплексів, та включає перевірку законності дій, а також виявлення порушень для притягнення винних до відповідальності відповідно до законодавства України про природно-заповідний фонд. Аналіз існуючих теоретичних підходів щодо визначення моніторингу земель об'єктів природно-заповідного фонду показав їх розрізненість та відсутність єдиних положень.

Результати дослідження. Моніторинг на землях природно-заповідного фонду повинен здійснюватися не рідше ніж раз на рік. Для проведення робіт з моніторингу земель використовують ГІС-технології і геоінформаційне забезпечення та формується сучасна база даних об'єктів і земель природно-заповідного фонду. Моніторинг об'єктів природно-заповідного фонду потрібен для вивчення природних процесів, спостереження за їх змінами, складання екологічного прогнозу, розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення ефективності використання земель, побудови систем охорони і відновлення природних ресурсів, живої біоти, флори і фауни, біоценозів та особливо цінних об'єктів, що потрібно для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Сучасний моніторинг спрямований на своєчасне реагування на процеси, що виникають у системі використання земель об'єктів природно-заповідного фонду. Тому для створення

моніторингової бази даних потрібно використовувати геодезичні дані територій, що визначені проєктами землеустрою.

Завдання моніторингу використання земель об'єктів природно-заповідного фонду передбачають [2] :

- спостереження за станом земель об'єктів природно-заповідного фонду, за фізичними, хімічними, біологічними впливами на них, за рівнем забруднення ґрунтів, атмосферного повітря, водних об'єктів, наслідками негативного впливу на об'єкти природно-заповідного фонду;

- узагальнення та інтегральну оцінку отриманої інформації про стан земель об'єктів природно-заповідного фонду;

- прогнозування змін стану навколишнього природного середовища та земель об'єктів природно-заповідного фонду з метою попередження його негативних екологічних наслідків;

- забезпечення інформацією про стан і зміни земель об'єктів природно-заповідного фонду зацікавлених організацій, землекористувачів і населення та ін.

Моніторинг об'єктів природно-заповідного фонду поділяється на наступні види:

- моніторинг земель екомережі – система спостереження за станом земельного фонду екомережі для своєчасного виявлення змін, їх оцінки, попередження та усунення наслідків негативних процесів;

- моніторинг лісових об'єктів природно-заповідного фонду – система спостережень, оцінки та прогнозу стану і динаміки лісового фонду об'єкту або декількох об'єктів природно-заповідного фонду;

- моніторинг водних об'єктів природно-заповідного фонду – система регулярних спостережень за гідрологічними, гідрогеологічними і гідргеохімічними показниками стану об'єктів природно-заповідного фонду, що забезпечує збір, передачу і обробку отриманої інформації з метою своєчасного виявлення негативних процесів, прогнозування їх розвитку, запобігання шкідливих наслідків і визначення ступеня ефективності здійснюваних водоохоронних заходів;

- моніторинг об'єктів тваринного світу екомережі – система регулярних спостережень за поширенням, чисельністю, фізичним станом об'єктів тваринного світу, структурою, якістю і площею середовища їх проживання та ін;

- моніторинг окремих об'єктів природно-заповідного фонду є складовими частинами системи державного, регіонального чи місцевого моніторингу об'єкта екомережі.

Висновки та перспективи. Таким чином, проведення природоохоронних заходів зі збереження та реалізації моніторингу використання земель об'єктів природно-заповідного фонду – це важливе завдання держави та місцевих органів влади. Їх здійснення потребує значних коштів, зусиль, пошуку нових рішень.

Значний обсяг завдань моніторингу можна вирішити геодезичними методами із застосуванням скануючих приладів та безпілотної техніки.

Список використаних джерел

1. Земельний кодекс України від 25 жовтня 2001 р. № 2768ІІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

2. В'яткін Р. С., В'яткін К. І. Теоретичні підходи щодо визначення моніторингу використання земель об'єктів природно-заповідного фонду. *Комунальне господарство міст*. 2020. Т. 4, вип. 157. С. 72–78. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/uk/article/view/5636/5555>

ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕРМОНАПРУЖЕНОСТІ РОБОЧОГО МІСЦЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПОСТУ

Беліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Стрежекуров Ю. Е.², аспір.,
Тодоров О. П.³, аспір., Харченко В. В.⁴

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹belikov@pdaba.edu.ua, ²strezhekurov.yuriy@365.pdaba.edu.ua,

³5232255@gmail.com, ⁴dniprondise@ukr.net

Постановка проблеми. Одним із основних технологічних процесів у будівництві є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються шкідливими виробничими факторами (несприятливими мікрокліматичними умовами), такими як локальне підвищення температура повітря робочого місця за рахунок дії випромінювання та високої температури електричної дуги та зварювального аерозолі, які, за певних умов, можуть призводити до погіршення працездатності або нещасним випадкам (тепловий удар) робочих зварювальних професій. Один із шляхів вирішення завдання оптимізації несприятливих мікрокліматичних умов праці зварювальників є дослідження закономірностей розподілу термонапруженості робочого місця працівників зварювального посту за допомогою системи розташування температурних датчиків та вимірювальних приладів.

Мета дослідження. Вибір та обґрунтування раціональної просторової схеми розташування в робочій зоні датчиків термоконтролю та неіонізованого випромінювання електродугового зварювання, яка здатна фіксувати локальні перегріву частин тіла працівника.

Результати дослідження. В роботі досліджувались умов праці на робочих місцях зварювального посту від одночасного інтенсивного теплового випромінювання основного та додаткових джерел: зварювальної дуги та технологічного обладнання; місця охолодження і зберігання виготовленої продукції з довгохвильовим випромінюванням. Попередній оціночний розподіл теплових полів виконано шляхом аналітичної оцінки.

Згідно розглянутих умов, на основі відомих значень відстані l , енергетичної освітленості E_0 та теплового потоку Q , можна визначити яскравість джерела випромінювання L і розміри джерел випромінювання S виходячи з положення взаємозв'язка теплових величин:

$$E = \frac{L}{2} \left(\frac{S}{\sqrt{l^2 + S^2}} \arctg \frac{b}{\sqrt{l^2 + S^2}} + \frac{b}{\sqrt{l^2 + S^2}} \arctg \frac{S}{\sqrt{l^2 + S^2}} \right),$$

де: E – енергетична освітленість; L – яскравість джерела випромінювання; l – відстань від джерела до робочого місця; S – розмір джерела випромінювання.

Яскравість джерела випромінювання приймається на відстані l , від найближчої точки до робітника. Інші значення параметрів характеристики джерела випромінювання приймалися у широкому діапазоні. На основі проведеного аналізу основних та вторинних джерел теплового випромінювання було взято до розрахунку лише статичні джерела що мають випромінювання постійно протягом робочої зміни кожного дня. На основі оціночних розрахунків отримано попередній розподіл теплових полів (рис. 1) який дає змогу обрати найбільш раціональні точки розташування датчиків термоконтролю.

Ризик виникнення теплового удару також залежить від спектрального розподілу енергії теплового випромінювання, що впливає на ступень його проникнення у біологічні тканини. Тому при визначенні раціональної схеми розташування датчиків термоконтролю та неіонізованого випромінювання враховувалось залежність спектральної густини потоку від площі випромінювання джерела та відстані до робітника за залежністю:

$$Q\lambda = f(S, L) = a \times T^{2,9363} S,$$

де a – імперичний коефіцієнт визначений під час дослідження та розрахунків $a = 9,5487 \cdot 10^{-11}$; T – температура джерела випромінювання; L – відстань від робітника до джерела випромінювання.

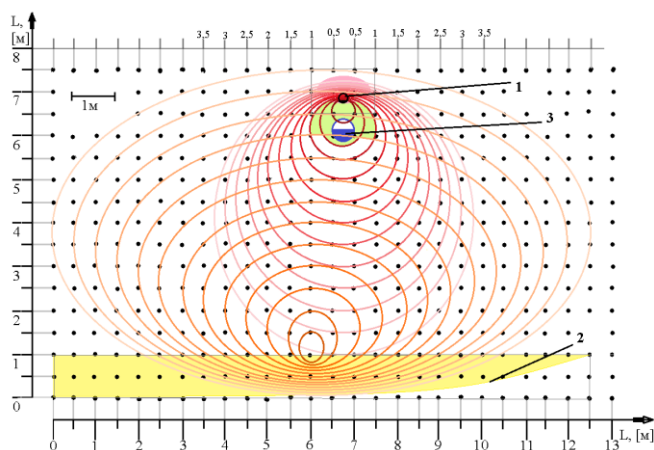


Рис. 1. Накладання теплових полів випромінювання на робочому місці «зварювальний пост» від основного джерела та вторинного джерела випромінювання визначені за допомогою розробленої нами методики та приладами:

1 – зварювальна дуга, 2 – місце складування готової продукції

Висновки. Запропоновані основні принципи розташування датчиків термоконтролю та неіонізованого випромінювання в робочій зоні працівника є обґрунтованими з точки зору повноти врахування всіх факторів, що впливають на терморегуляцію організму працівника і таким чином, дозволить отримати об’єктивну картину фактичного розподілу термонапруженості робочого місця зварювального посту.

Список використаних джерел

1. Биковський О. Г. Зварювання та різання кольорових металів: довідковий посіб. Київ : Основа, 2011. 389 с.
2. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.
3. Березуцький В. В., Хондак І. І., Березуцька Н. Л., Халіль В. В. Аналіз вентиляції при зварюванні з використанням електродів з основним типом покриття. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія : Технології в машинобудуванні. 2020. Вип. 1 (1). 2020. С. 48–53.
4. Левченко А. О. Властивості шкідливих речовин, що утворюються при зварюванні, та методи їх нейтралізації. *Вісник НТУ «КПІ»*. Серія : Гірництво. 2017. № 15. С. 138–147.
5. Колодій О. С. Охорона праці при виконанні робіт з електродугового зварювання. 2018. 16 с.
6. Дзюндзюк Б. В., Хондак І. І., Березуцька Н. Л. Вплив шкідливих факторів на психологію та фізіологію праці. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2011. № 24. С. 134–139.

УДК 620.92(075.8)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ ТА ДЕФІЦИТНИХ СИТУАЦІЯХ В СИСТЕМАХ ТГП З УРАХУВАННЯМ АКУМУЛЯЦІЇ ТЕПЛА НАГРІВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ, ВНУТРІШНІМИ ТА ЗОВНІШНІМИ ОГОРОДЖЕННЯМИ, ВРАХОВУЮЧИ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬ

Беліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Колесник І. О.², канд. техн. наук, доц.,
Смирнов Є. Д.³, аспір.

¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

belikov@pdaba.edu.ua, kolesnik.inna@pdaba.edu.ua, smirnov0800@icloud.com

Постановка проблеми. Сучасні серійні повнозбірні та блочні будівлі за типовими проектами відрізняються від традиційних меншою масою огорожувальних конструкцій і набагато більшою площею скління стінових огорож, що знижує їхню теплостійкість. В системах центрального опалення використовують різноманітні опалювальні прилади – чавунні радіатори, конвектори, сталеві штамповані радіатори, панелі опалення з вбудованими в будівельні огорожувальні конструкції трубчастими нагрівачами і т. д. Ці системи мають різну теплову інерційність і ремонтпридатність. Повнота врахування наведених факторів при проектуванні та експлуатації системи тепlopостачання будинків дає змогу успішного виконання покладених на неї задач.

Мета дослідження. Обґрунтування та розробка заходів для забезпечення і підтримання заданих теплових умов у приміщеннях будівель, яка базується на розрахунках нестационарного температурного режиму приміщень за різних режимів експлуатації. Практична цінність таких розрахунків залежить від правильного врахування природи явищ і процесів, які обумовлюють тепловий режим будівель [2–5].

Результати дослідження. Характерними показниками теплостійкості приміщень з періодичним впливом тепла є показники теплозасвоєння та теплопоглинання приміщень. При неперіодичних теплових впливах показником є коефіцієнт акумуляції теплоти будівлі, який визначається на основі проведених досліджень будівель [2; 3; 5].

Для проведення аналізу процесу теплообміну в момент охолодження огороження застосовуються умови задачі двостороннього охолодження однорідної стінки при зміні температури зовнішнього середовища з постійною рухомістю B , °C/год. Аналітичне розв'язання цієї задачі отримано в теорії теплопровідності. Встановлено, що незалежно від початкового розподілу температури всередині огорожі $t_0 = (x, 0)$, після закінчення граничного часу Z^* та початку процесу охолодження чи нагрівання, який визначається критерієм Фур'є $Fo \geq 0,16$, температура розосереджується за параболічним законом, має незмінні параметри та перетворюється на лінійну функцію часу [5].

Проведені дослідження дають змогу доповнити наші уявлення про закономірності зміни теплового режиму будівлі в умовах неперіодичного теплового впливу та встановити визначальні фактори цього процесу: показник β , який є співвідношенням значення середньої теплоємності (кДж/°C) і теплоємності (Вт/°C) приміщення; спосіб нагрівання, що впливає на значення v'_{01} ; тепла інерційність нагрівального приладу, що характеризується швидкістю m його охолодження або нагрівання [2; 5].

Для аналізу динаміки температури внутрішнього повітря при аварійному відключенні системи опалення були взяті будівлі типових серій:

- П-49, 9 поверхів, матеріал зовнішніх стін – цегла (товщина в 2 цегли);
- І-514, 9 поверхів, матеріал зовнішніх стін – керамзитобетон (товщина 0,4 м);
- К-7, 5 поверхів, матеріал зовнішніх стін – тришарова панель з ефективним утеплювачем.

Результати розрахунків охолодження внутрішнього повітря приміщення при аварійних та дефіцитних ситуаціях в системах ТГП з урахуванням акумуляції тепла нагрівальними приладами з теплоносієм, внутрішніми та зовнішніми огороженнями, враховуючи

архітектурно-конструктивні особливості будівель при заданих розрахункових температурах зовнішнього повітря для будівлі серії П-49 в залежності від розташування приміщень в будівлі коефіцієнт акумуляції тепла приміщень $\beta = 116$ год. – середнє розташування; $\beta = 81,8$ год. – кутове на проміжному поверсі; $\beta = 68,4$ год. – кутове на верхньому поверсі, представлені на рисунку 1.

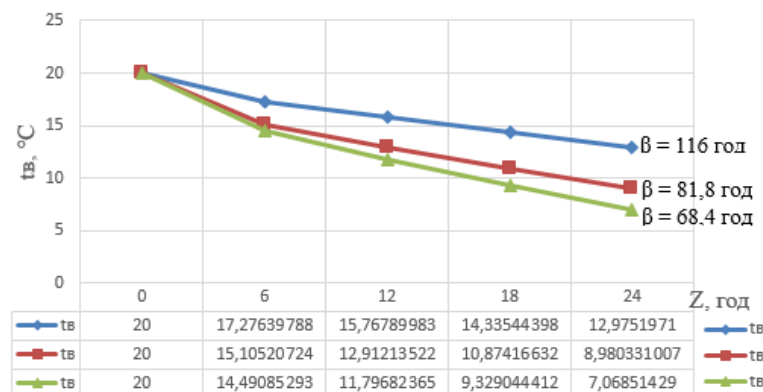


Рис. 1. Динаміка охолодження внутрішнього повітря приміщення будівлі серії П-49 після відключення системи опалення (опалювальний прилад – МС-140 (охолодження з теплоносієм), $m = 1,3 \text{ год}^{-1}$, розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{\text{з}} = -24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (холодна п'ятиденка для м. Дніпро)

Висновки. На процес охолодження приміщень при аварійних ситуаціях в системах ТГП впливають зовнішні і внутрішні фактори. Чим більше їх враховується, тим точніше прогнозування динаміки температури внутрішнього повітря. Охолодження приміщень повільніше відбувається в приміщенні з коефіцієнтом акумуляції тепла $\beta = 116$ год. з приладом системи опалення чавунний радіатор МС-140. При цьому температура внутрішнього повітря через 24 години з моменту аварії становить $12,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ за температури холодної п'ятиденки $-24 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Це є порушенням вимог [1], що не забезпечує нормальну життєдіяльність людини та роботу всіх інженерних систем.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021. 27 с.
2. Данилов М. П., Ветвицкий И. Л., Чесанов Л. Г., Колесник И. А. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «окружающая среда – здание – человек» (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты) : учеб. пособ. Днепропетровск : Полиграфист, 2005. 262 с.
3. Хоменко В. П., Фаренюк Г. Г. Довідник по теплозахисту будівель. Київ : Будівельник, 1986. 216 с.
4. Данилов М. П. Строительная теплофизика в задачах, примерах и рекомендациях. Днепропетровск : РИО ПГАСА, 2002. 215 с.
5. Кононович Ю. В. Тепловой режим зданий массовой застройки. Москва : Стройиздат, 1986. 158 с.

УДК 331.4:338.436

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД З УРАХУВАННЯМ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ В ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕННЯХ

Бєліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Коротасєв В. М.², канд. юр. наук,
Подкопаєв С. В.³, докт. техн. наук, проф., Харченко В. В.⁴, докт. техн. наук, проф.,
Тодоров О. П.⁵, асп.

^{1,5} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій,

^{2,4} Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,

³ Луцький національний технічний університет

¹ belikov@pdaba.edu.ua, ⁵ 5232255@ukr.net, ² exp-walter@ukr.net,

⁴ harchenko-76@ukr.net, ³ s.podkopaiev@lntu.edu.ua

Постановка проблеми. Однією з основних проблем є забезпечення безпеки експлуатації будівель і споруд при виникненні пожежі. Застосування традиційних конструктивних рішень і матеріалів у будівництві не дозволяє забезпечити пожежну безпеку внаслідок швидкого розповсюдження горіння і високого температурного впливу по приміщенням будівель. Тому розробка сучасних конструктивних рішень, захисних засобів та їх застосування є актуальною задачею.

Мета дослідження. Провести дослідження та розробити захисні засоби з урахуванням конструктивних рішень спрямованих на зниження пожежної небезпеки. Провести дослідно-промислові випробування та визначити вогнестійкість конструкції вікон А-ЕІ60 на відповідність безпеки експлуатації.

Результати дослідження. Аналіз проведених досліджень [1] свідчить, що при дії високих температур їх вплив та розповсюдження тісно пов'язане з присутністю на своєму шляху горючих матеріалів або конструктивних елементів панелей, перегородок, дверей, вікон, які не відповідають вимогам блокування розповсюдження пожежі внаслідок своїх фізичних та теплотехнічних характеристик. Тому виникла необхідність на основі аналізу сучасних конструктивних розробок запропонувати інженерне рішення, які б одночасно вирішувало двоєдине завдання: вогнезахисна конструкція і спосіб їх виготовлення.

На основі проведених досліджень були розроблені захисні склади, способи їх виготовлення та конструктивні рішення, що дозволили підвищити безпеку експлуатації будівель і споруд за рахунок відповідності вікон протипожежним вимогам. Для підтвердження отриманих результатів досліджень були проведені дослідно-промислові випробування вікон А-ЕІ60 [2] у «Науково-інженерному центрі випробувань виробів та матеріалів захисту».

Об'єкт випробування – зразки № 143/5 (зовнішня поверхня) та № 143/6 (внутрішня поверхня) вікна вогнестійкого моделі А-ЕІ60 (рис. 1) виробництва ТОВ «А-І-С-Т» (49000, м. Дніпро, вул. Байкальська, 9/21; код ЄДРПОУ 43060623).

Найменування об'єкта випробування: вікно протипожежне з алюмінієвих профілів системи «KMD 70» (ЦКФ), порожнини в перерізі профілів заповнені гранульованим термокомпенсуючим матеріалом «SF HS-3» (ТОВ «ПКФ А-І-С-Т», ТУ 5767-001-47384781-2015) із заповненням пожежостійким багатошаровим склом «STOPFIRE SF-60» (ТОВ «ПКФ А-І-С-Т»).

Опис зразків для випробування: зразок вікна габаритом 1500×1500 мм складається з каркасу з алюмінієвих профілів: обв'язка по периметру конструкції, один вертикальний та один горизонтальний імпости, що проходять через геометричний центр конструкції; світлопрозоре заповнення конструкції вікна виконано із багатошарового пожежостійкого скла «STOPFIRE SF-60» (ТОВ «ПКФ А-І-С-Т»). Каркас конструкції виконаний з алюмінієвих профілів системи «KMD 70» (ЦКФ). Внутрішні порожнини профілів заповнені гранульованим термокомпенсуючим матеріалом «SF HS-3» (ТОВ «ПКФ А-І-С-Т», ТУ 5767-001-47384781-2015). Монтажний зазор заповнений негорючим мінераловатним утеплювачем та оштукатурений з двох боків. Видимі (фронтальні) поверхні профілю коробки по обидва боки на 1/2 закриті укосами з цементно-піщаного розчину. Зразок випробували з боку штапиків профілів.

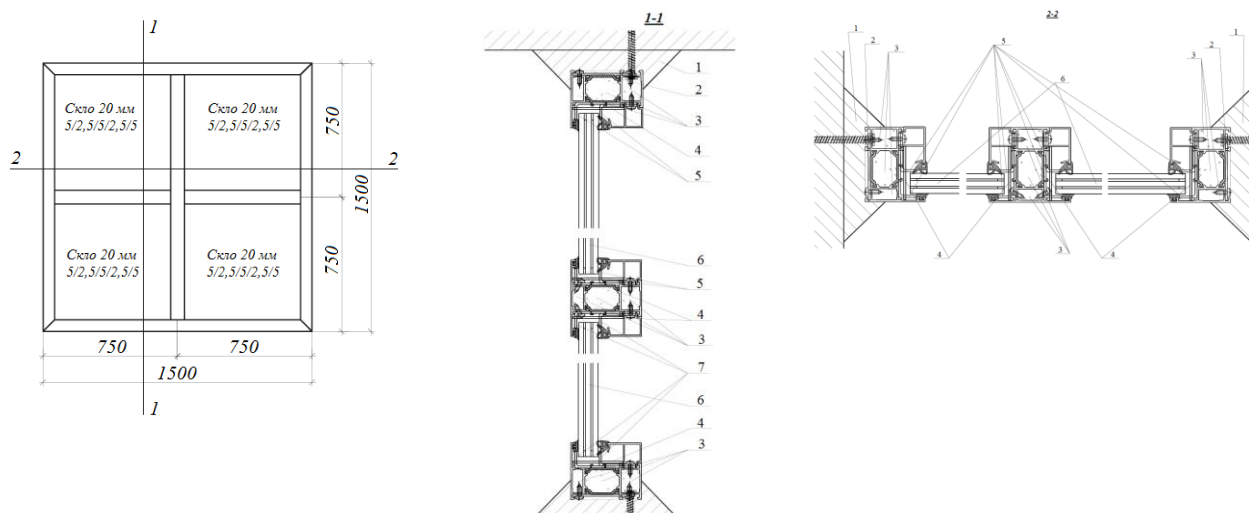


Рис. 1. Загальний вигляд, вертикальний та горизонтальний перерізи: 1 – цементно-піщаний розчин; 2 – підсилювач профілю сталевий (крок 500 мм); 3 – термокомпенсуюче заповнення «SF HS-3»; 4 – термоуцільнювальна стрічка; 5 – елемент кріплення скла (крок 400 мм); 6 – скло «STOPFIRE SF-60»; 7 – елемент кріплення непрозорого заповнення (крок 400 мм)

Випробування проводилися в умовах, що відповідають вимогам нормативних документів на методи випробувань та засоби вимірювальної техніки [3].

Висновки. Проведені випробування зразків № 143/5 та № 143/6 вікна вогнестійкого моделі А-ЕІ60 дозволили встановити таке:

- цілісність: протягом 61 хв випробування випробний зразок вікна вогнестійкого моделі А-ЕІ60 продовжував виконувати функцію розділювання:

а) без спричинення загоряння ватного тампону, який застосовувався згідно з п. 11.1 EN 1634-1;

б) без створення умов для проходження щупу, який застосовується згідно з п. 11.1 EN 1634-1;

с) без утворення стійкого горіння;

- теплоізолювальна здатність (п. 11.2 EN 1634-1): протягом 61 хв випробування зразок продовжував виконувати функцію розділювання і на його необігрівній поверхні:

а) зростання середньої температури більше, ніж на 140 °С порівняно з початковою середньою температурою не було зафіксовано (зростання середньої температури необігрівної поверхні зразка над початковою середньою температурою цієї поверхні становить 110,6 °С);

б) зростання температури в будь-якій точці більше, ніж на 180 °С від початкової середньої температури не було зафіксовано (зростання температури в довільній точці необігрівної поверхні зразка порівняно з початковою середньою температурою становить 119,8 °С).

Список використаних джерел

1. Беліков А. С., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. До питання підвищення безпеки експлуатації будівельних конструкцій при дії високих температур. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 6 (247–248). С. 37–45. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.37.445.

2. Тодоров О. П. Спосіб виготовлення вогнестійкої профільної конструкції : патент на корисну модель № 153606 від 26.07.23.

3. ДСТУ EN 1363-1:2023. Випробування на вогнестійкість. Ч. 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).

УДК 658.382:614.8:613.64:621.8.035:519.2:331.1

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ АДЕКВАТНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ

Бєліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Мацук З. М.², канд. техн. наук
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
belicov@pdaba.edu.ua, matsuk.zachar@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні методи ризикології безпеки страждають від суб'єктивності експертних оцінок, неврахування під час управління ризиками ймовірності позитивно-компенсаційного впливу заходів безпеки, станів динамічного балансу між загрозами та заходами, історичного досвіду, нормативних вимог. Принцип адекватності ймовірностей (надалі – Принцип) ліквідує ці недоліки. Як частина «Теорії взаємної відповідності ймовірностей», Принцип визначає рівень безпеки через співвідношення ймовірностей настання загроз (D) та ефективності заходів ($A_1...A_n$) [1]. Проблема полягає у необхідності нормалізації математичних моделей зазначеного співвідношення у інтервалі значень $[0, 1]$ та практичній адаптації Принципу для прогнозування ризиків у критичній інфраструктурі (АЕС, транспорт тощо), в тому числі в умовах невизначеності (війна, техногенні катастрофи тощо).

Мета дослідження. Метою є теоретичне обґрунтування та практичне застосування ризик-орієнтованого підходу із урахуванням Принципу для управління безпекою об'єктів критичної інфраструктури. Дослідження фокусується на ефекті взаємної компенсації контрдомінантних подій (загроз і заходів), їх балансі для вдосконалення процесів управління ризиками [1–2].

Результати дослідження. У природі події відбуваються без моделювання, прогнозування або порівняння, у сучасному розумінні зазначених процесів. Природа завжди протиставляє загрози адаптивним механізмам об'єктів і продовжує існувати далі, незалежно від того, зберіг конкретний об'єкт своє існування чи ні. На цьому засновано Принцип і підхід, що розглядаються. Зазначений підхід у ризикології безпеки є новим [1–2].

Принцип адекватності ймовірностей теоретично обґрунтовано як динамічний баланс контрдомінантних подій, що базується на природних закономірностях. Математичний апарат Принципу забезпечує оцінку безпеки з обмеженнями, усуваючи проблеми конвергенції. Синтезовано концептуальний модифікований метод моделювання та прогнозування ризиків, який отримав робочу назву Модульна Масштабована Динамічна Баєсова Мережа (MSDBN). Практичне застосування Принципу на транспортних системах дозволило знизити інтенсивність процесів зношування гребнів бандажів коліс колісних пар трамваїв та локомотивів на 220–500 % відповідно, з економічним ефектом на залізничному транспорті ≥ 768.9 тис. грн/рік, на одному локомотиві між заміною бандажів [3]. Перспективи запропонованого підходу включають можливість скорочення витрат на заходи «подолання тертя» на рівні держави від 2,4 % до 3,5 % ВВП. На об'єктах критичної інфраструктури Принцип, методом від зворотного (досвід ЧАЕС, АЕС «Фукусіма»), надає можливість прогнозування рівня безпеки об'єктів захисту у довготривалій перспективі, від 5 років і більше. Перспективи підходу включають підвищення рівня національної безпеки, оновлення стандартів безпеки (ДСТУ, ISO, МАГАТЕ) та інтеграцію усіх видів безпеки.

Короткий огляд порівняння методів оцінки ризиків наведено в таблиці 1.

Короткий огляд математичних характеристик Принципу наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Короткий огляд порівняння методів оцінки ризиків

Найменування методу	Рівень врахування динаміки (балансу ймовірностей)	Суб'єктивність оцінок	Застосування в критичних системах
FTA/ETA	Низький	Висока	Середнє
Монте-Карло	Середній	Середня	Високе
Байєсові мережі	Високий	Низька	Високе
MSDBN	Максимальний	Мінімальна	Оптимальне

Примітка: значення базуються на усереднених показниках та валідації.

Таблиця 2

Короткий огляд математичних характеристик принципу адекватності ймовірностей

Параметр	Формула	Обмеження	Застосування в ризиках
Рівень безпеки (S)	$S = D / (\sum A_n)$	$0 < S < 1; D \leq \sum A_n; 0 < D, A_n < 1$	Прогнозування балансу
Продуктивний баланс (B)	$B = \prod (D_i / A_n)$	Нормалізація для конвергенції	Аналіз множинних загроз
Інтегральний баланс (B_s)	$B_s = \sum (D / \sum A_n)$	$D > 0; \sum A_i \geq D$	Динамічна рівновага систем
Інтегральний баланс з урахуванням еквіваленту застосування заходів (B_{se})	$B_{se} = \sum (D / \sum 1+A_n)$	Нормалізація для конвергенції через 1 у знаменнику	В усіх випадках

Примітка: значення базуються на теоретичних моделях та валідації.

Висновки. Вперше, теоретично та практично обґрунтовано підхід до управління безпекою на основі Принципу адекватності ймовірностей як основи вдосконалення методології управління ризиками, включаючи встановлення залежності стану безпеки системи від співвідношення ймовірності настання загроз і ефективності запобіжних заходів, розробку відповідних математичних (зокрема динамічних) моделей і практичне впровадження методів прогнозування адекватності заходів ідентифікованим і прогнозованим загрозам.

Список використаних джерел

1. Matsuk Z. M. The concept of safety and energy resource efficiency in Ukraine's oil and gas industry. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2021. № 4. Pp. 46–57. URL: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.46.789>
2. Matsuk Z. M., Belikov A. S., Protsiv V. V., Severin V. S., Kharchenko V. S. Adequacy of measures to threats as one of the fundamental principles of safety riskology. *NTU “DP”*. 2024. Vol. 103. Pp. 99–107. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-5/099>
3. Ukrzaliznytsia. Protocol of the meeting of the section Production and Traction Management of the Scientific and Technical Council. 2021. № TsTsTech-01/19. [Meeting protocol]. URL: https://drive.google.com/file/d/1yAB5Cj5YqrDWe8Ae81pRY1Yf_sKTfxz5/view

УДК 622.834.5:69.059.22

ФІЛЬТРАЦІЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ СПОРУД

Беліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Слащова О. А.², канд. техн. наук, с. н. с.,
Дігтяр К. В.³, аспір., Харченко В. В.⁴, аспір.

^{1,3,4}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

²Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України

¹belikov@pdaba.edu.ua, ²slashchevayelena@gmail.com,

³degtyarkirill@gmail.com, ⁴charchenko-76@ukr.net

Постановка проблеми. Спектральний аналіз сигналів – один з потужних і широко застосовуваних інструментів наукових досліджень, автоматизованого моніторингу та контролю об'єктів в польових умовах, для стендових випробувань та автоматизованого контролю і керування технологічними процесами. Зокрема, спектральний аналіз віброакустичних сигналів є необхідним для автоматизованого контролю стійкості та оцінки пошкодженості споруд. Разом з тим методики автоматизованого моніторингу і контролю безпеки споруд потребують постійного вдосконалення та адаптування до конкретних умов та об'єктів [1]. Одним зі шляхів модернізації цифрових систем контролю є вибір необхідної частоти дискретизації аналогових сигналів та нормованих коефіцієнтів передатної функції з урахуванням структурних особливостей контролюваного об'єкта.

Мета роботи полягає у вдосконаленні методики фільтрації акустичних сигналів для автоматизації моніторингу і контролю безпеки споруд.

Основна частина. Для реалізації цифрових фільтрів в системах потокової обробки аналогових даних акустичних вимірювань необхідний правильний синтез нормованої передатної функції.

Нехай необхідна аналогова передатна функція $W(p)$ лінійної ланки (фільтра або регулятора n -го порядку) задана у наступному вигляді:

$$W(p) = \frac{k_0 + k_1 p + k_2 p^2 + \dots + k_i p^i + \dots + k_n p^n}{b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_i p^i + \dots + b_n p^n}, \quad (1)$$

де $p = j\omega$ – оператор перетворення Лапласа; $k_0, k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n$; $b_0, b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$ – коефіцієнти передатної функції лінійної ланки.

Відомо, що кутова частота ω визначається виразом $\omega = 2\pi f$, тобто $p = 2j\pi f$. Нормовану передатну функцію лінійної ланки запишемо через нормовану частоту:

$$\Omega = f / f_0, \quad (2)$$

де f – поточна частота сигналу; f_0 – резонансна частота ланки (або частота зрізу).

Із (2) маємо $f = \Omega f_0$, отже:

$$p = 2j\pi f = 2j\pi \Omega f_0 = j\Omega \omega_0, \quad (3)$$

де $\omega_0 = 2\pi f_0$.

Введемо нормовану комплексну частотну змінну:

$$P = j\Omega, \quad (4)$$

яка безпосередньо зв'язана з оператором Лапласа, у чому можна впевнитись, якщо співвіднести формули (3) і (4):

$$p = P \omega_0. \quad (5)$$

Підставимо (5) до формули передаточної функції лінійної ланки (1) і отримаємо нормовану передатну функцію:

$$W(p) = \frac{k_0 + k_1 P \omega_0 + k_2 (P \omega_0)^2 + \dots + k_i (P \omega_0)^i + \dots + k_n (P \omega_0)^n}{b_0 + b_1 (P \omega_0) + b_2 (P \omega_0)^2 + \dots + b_i (P \omega_0)^i + \dots + b_n (P \omega_0)^n}, \quad (6)$$

або

$$A(p) = \frac{d_0 + d_1 P + d_2 P^2 + \dots + d_i P^i + \dots + d_n P^n}{c_0 + c_1 P + c_2 P^2 + \dots + c_i P^i + \dots + c_n P^n}, \quad (7)$$

де $P = j\Omega$ – нормована комплексна частотна змінна; $d_0 = k_0$, $d_1 = k_1 \omega_0$, $d_2 = k_2 \omega_0^2, \dots$, $d_i = k_i \omega_0^i, \dots$, $d_n = k_n \omega_0^n$; $c_0 = b_0$, $c_1 = b_1 \omega_0$, $c_2 = b_2 \omega_0^2, \dots$, $c_i = b_i \omega_0^i, \dots$, $c_n = b_n \omega_0^n$ – коефіцієнти передатної функції лінійної ланки.

Схема фільтрації аналогового неперервного сигналу наведена на рисунку 1 (зеленим кольором позначена цифрова частина тракту).

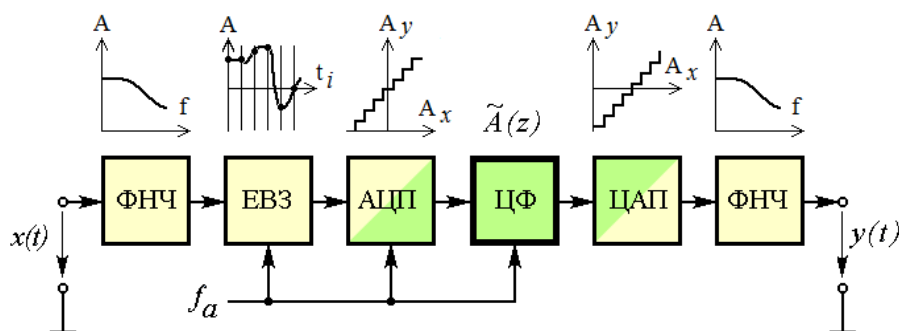


Рис. 1. Фільтрація аналогового неперервного сигналу для систем автоматизації моніторингу і контролю безпеки споруд

Частотний діапазон вхідного аналогового сигналу обмежується фільтром нижніх частот (ФНЧ). Елемент вибірки-зберігання (ЕВЗ) з інтервалом часу $T_a = 1/f_a$ фіксує поточне значення вхідного сигналу, яке перетворюється аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) у цифровий код $x(t_u = kT_a)$. На вході схеми цифрового фільтра (ЦФ) формується послідовність кодів, що відповідають поточним значенням вхідного аналогового сигналу і модифікуються з частотою вибірки f_a . Вихідна послідовність кодів перетворюється цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП) на неперервний сигнал, з якого в разі необхідності фільтром низьких частот вирізаються шуми квантування та зміни частоти дискретизації сигналу.

Висновок. Вдосконалена методика фільтрації аналогових акустичних сигналів для автоматизації моніторингу і контролю безпеки споруд.

Список використаних джерел

1. Yalanskyi O., Slashchova O., Byelikov O., Slashchov I., Barabanov S., Brizheniuk V. Automated vibroacoustic control and assessment of hazards occurrence risks during operation of buildings and structure. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2025. Vol. 1491. P. 012050. 11 p.

УДК 331.443:628.976:614.893

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ТОЧНОСТІ ЗОРОВОЇ РОБОТИ

Беліков А. С.¹, докт. техн. наук, проф., Соколов І. А.², докт. техн. наук, проф.,
Журбенко В. М.³, PhD, Шаломов В. А.⁴, канд. техн. наук, доц., Харченко В. В.⁵

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

⁵Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

¹belikov@pdaba.edu.ua, ²sokolov.igor@pdaba.edu.ua, ³zurbenko.valeriia@pdaba.edu.ua,

⁴shalomov.volodymyr@pdaba.edu.ua, ⁵harchenko-76@ukr.net

Постановка проблеми. Для забезпечення захисту населення і обладнання під час воєнних дій актуальним є зведення споруд подвійного призначення (СПП) із захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів, освітлювальні системи яких урахували складність зорових завдань, що виконуються у приміщенні [1]. Водночас, проведений аналіз показав, що як в світі так і в Україні недостатньо уваги приділяється питанню впливу світлового середовища на виконання різних видів робіт з високим напруженням зорових систем [2; 3] з урахуванням систем освітлення та архітектурно-планувальних рішень будівель та споруд.

Метою дослідження є підвищення рівня безпеки працівників, що виконують роботи високої зорової точності, за рахунок розробленої комплексної оцінки впливу параметрів світлового середовища на показники безпеки праці, працездатності та психофізіологічного стану працівників.

Результати дослідження. Оцінку роботи зорового аналізатора, особливо в його зв'язку з роботою інших систем людського організму, віднесено до класу складних досліджень. Урахування комплексного впливу світлового середовища на організм в цілому робить результати дослідження світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності з урахуванням впливу на безпеку праці, працездатність та фізіопсихологічний стан робітників найбільш достовірними [4; 5].

Для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природного та штучного освітлення як на безпеку праці та працездатність, так і на психофізіологічну діяльність, вперше запропоновано алгоритм покрокового циклу оцінки якості освітлення:

1. На 1 етапі проводиться дослідження параметрів світлового середовища, у приміщенні (або його проєкті) де виконуються (або мають виконуватись) приміщення, де мають виконуватись зорові роботи високої складності. Параметри фіксуються та порівнюються з діючими гігієнічними нормами.

2. На 2 етапі оцінюється вплив досліджених на етапі 1 середовища на безпеку праці, працездатність та зоровий комфорт робітників, що виконуватимуть у цьому приміщенні зорові роботи високої складності.

Вперше запропонована схема покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та фізіопсихологічного стану робітників з урахуванням впливу освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової точності з урахуванням систем освітлення та архітектурно-планувальних рішень будівель та споруд (рис. 1).

Загальна модель експерименту має три основні частини:

- технічна частина і її параметри (система візуалізації зображення);
- біологічна частина (організм людини, як приймач випромінювання);
- система реєстрації відгуку організму на візуальний вплив.

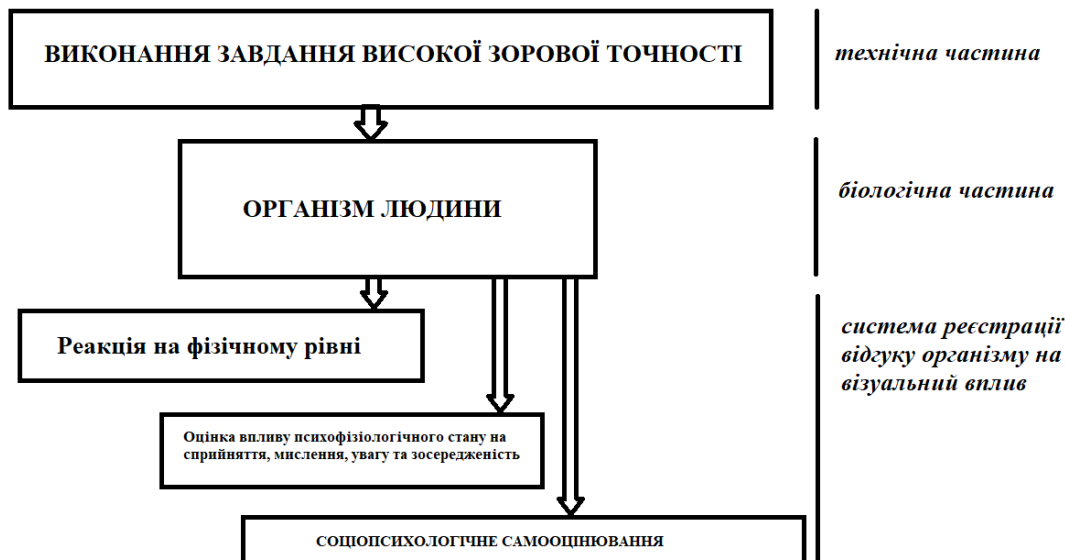


Рис. 1. Структурна схема другого етапу дослідження

Висновки. Вперше запропонована схема покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та фізіопсихологічного стану робітників з урахуванням впливу освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової точності з урахуванням систем освітлення та архітектурно-планувальних рішень будівель та споруд

Вперше запропонована структурна схема експериментальної установки яка дозволяє провести комплексну оцінку впливу світлового середовища на працівників, що виконують зорові роботи високої точності з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

На основі проведених досліджень та аналізу методик досліджень світлового середовища нами вперше розроблена комплексна методика, яка враховує оцінку впливу на безпеку, працездатність та психофізіологічний стан.

Список використаних джерел

1. Egorchenkov Volodymyr & Koval Lydia & Radomtsev Dmytro & Sergeychuk Oleg. Development of energy efficiency issues in DBN V.2.5-28:2018 «Natural and artificial lighting». *Energy-Efficiency in Civil Engineering and Architecture*. 2019. Pp. 7–19. DOI: 10.32347/2310-0516.2019.12.7-19.
2. Назренко В. І., Матіросова В. Г., Чередниченко І. М. та ін. Гігієнічні рекомендації щодо використання світлодіодних джерел світла для нормалізації умов праці у виробничих та офісних приміщеннях : методичні рекомендації. Київ, 2025. 17 с.
3. Nazarenko Vasia & Cherednichenko Inna & Nykyforuk Alexandr & Martirosova Violetta & Tikhonova Natalia & Beseda Olaxandra & Paliychuk Sergey. *Фізіолого-гігієнічна оцінка умов праці банківських працівників*. 2017. № 4 (53). С. 35–41.
4. Журбенко В. М., Шаломов В. А. Роль оцінки комплексної дії факторів світлового середовища на безпеку робочих місць. *Стародубовські читання–2023» : матер. XXIII Міжнар. наук.-практ. конф.* (19 квітня 2023 р., м. Дніпро). ПДАБА, 2023. С. 37–38.
5. Журбенко В. М., Саньков П. М. Комплексна оцінка візуальних якостей міського середовища як крок до його системної гармонізації. *Scientific foundations of solving engineering tasks and problems : collective monograph*. Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Hladyshev D., Babyak V., etc. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2021. Pp. 541–544. doi: 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II.

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ВЕНТИЛЬОВАНИХ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОПОРЯДЖЕННЯ ФАСАДІВ БУДИНКІВ

Білоконь А. І.¹, докт. техн. наук, проф., Кислиця Л. В.², канд. техн. наук, доц.,
Трошин М. Ю.³, ст. викл.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹belokon0604@gmail.com, ²lina_kalnysh@ukr.net, ³troshyn.mykhailo@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Україна вже кілька років зазнає руйнувань житлових будинків унаслідок військових дій від російської навали. Серед найбільш поширених пошкоджень – руйнування зовнішнього опорядження: облицювання, теплоізоляції, штукатурки та інших захисних шарів. Це призводить до втрати естетики, проникнення вологи, розвитку корозії та погіршення теплоізоляційних властивостей будівель. Тому швидке відновлення фасадів стає важливим завданням у відбудові. В умовах відбудови особливої актуальності набувають впровадження технологій, що забезпечують не лише якість і швидкість робіт, а й відповідність сучасним вимогам енергоефективності та ресурсозбереження. Системи зовнішнього опорядження виконують захисну й естетичну функції, знижуючи експлуатаційні витрати. У цьому контексті ключовим є обґрунтування енергоефективних технологій вентильованих фасадних систем з урахуванням собівартості, тривалості робіт, довговічності та екологічності використаних матеріалів.

Мета дослідження: визначити спосіб і оцінити рівень технологічності різних видів вентильованих систем зовнішнього вертикального опорядження фасадів будинків. Завданням є дослідження сучасних систем зовнішнього опорядження фасадів, проведення розрахункового експерименту на реальному об'єкті, визначення фактичних показників технологій та розробка алгоритму інтегральної оцінки їх технологічності з подальшим порівнянням..

Результати дослідження. Відповідно до тематики наукової роботи визначено основні напрямки досліджень [1; 2]. Проаналізовано та розраховано три варіанти оздоблення фасаду: облицювання із керамогранітних плит [3], фасади із HPL-панелей [4] та клінкерної плитки [5]. На основі розглянутих матеріалів облицювання було проведено розрахунки трудомісткості, тривалості робіт та вартості 1 м² вентильованих фасадів. Виявлено, що окремі технології показують кращі результати за одними критеріями, але поступаються за іншими. Це ускладнює вибір оптимального варіанту, роблячи його неоднозначним та залежним від суб'єктивних факторів. Для усунення такої проблеми доцільним автори вважають використання інтегральної оцінки ефективності через єдиний кількісний показник технологічності – бальний підхід [6].

Приклад інтегрованої оцінки технологічності систем оздоблення фасадів, якщо одні технології за деякими критеріями переважають, тоді як за іншими поступаються приведений в таблиці 1.

Таблиця 1

Алгоритм інтегрованої оцінки технологічності вентильованих фасадних систем

Показники	Мак бал	Од. вим.	Вид оздоблення	
			Керамограніт риштування і колиски	HPL-панелі стрілові автовежі
Тривалість		дні	75	72
Коефіцієнт			1,04	1,0
Розрахунок балів	50		52,0	50,0

Витрати праці		люд.-год.	5 780,6	5 163
Коефіцієнт			1,12	1,0
Розрахунок балів	20		22,46	20,0
Собівартість 1 м²		грн.	1 866,3	3 542,8
Коефіцієнт			1,0	1,9
Розрахунок балів	30		30	57
Сумарна оцінка	100	бали	124,5	127,0
Інтегрована відносна оцінка	251,5	відсоток %	49,5	50,5

Висновки. Викладене дослідження вирішує науково-прикладне завдання – визначення технологічності вентиляованих систем зовнішнього опорядження фасадів будинків. Отримані результати дають власникам проектів інструмент, практичної оцінки технологічності фасадів і допоможуть у виборі найбільш доцільного варіанту оздоблення будинків, спираючись на власні ресурси, ефективність і терміни завершення проектів.

Список використаних джерел

1. Recent Advances in Material Science for Facade Systems in Contemporary Architecture : an overview [Електронний ресурс]. URL: <https://www.sciepub.com/ajcea/abstract/12094> (дата звернення: 10.08.2025).
2. Dorozhko Y., Lohvynenko V., Berezovetska I., Kyslytsia L., Kapshuk O. Methods for building, rebuilding, and preserving historical structures. Edelweiss Applied Science and Technology. 2025. Vol. 9, № 2. Pp. 395–404. DOI: 10.55214/25768484.v9i2.4493. URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=cakWVT0AAAAJ&citation_for_view=cakWVT0AAAAJ:M3NEmzRMikIC (дата звернення: 10.08.2025).
3. Imola Tecnica. Glass, wood, stone or porcelain stoneware? Guide to choosing materials for ventilated facades [Електронний ресурс]. URL: <https://imolatecnica.it/en/news/glass-wood-stone-or-porcelain-stoneware-guide-to-choosing-materials-for-ventilated-facades/> (дата звернення: 10.08.2025).
4. ICDLI. HPL in the façade – considerations on the fire properties [Електронний ресурс]. URL: <https://www.icdli.com/news/leaflet-on-fire-behaviour-of-hpl-in-facades.html> (дата звернення: 10.08.2025).
5. Arquitectura Viva. Clinker facades [Електронний ресурс]. URL: <https://arquitecturaviva.com/articles/clinker-facades> (дата звернення: 10.08.2025).
6. Большаков В. И., Белоконов А. И., Левчинский Д. Л. Управление организациями с помощью проектов. Днепропетровск : ПГАСА, 2006. 252 с.

УДК 711.4:711.581-168

ПРИНЦИПИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЖИТЛОВИХ РАЙОНІВ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО)

Бондаренко О. І., ст. викл.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

bondarenko.olha@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Житлові райони є базовими структурно-планувальними елементами сельбищної території, що забезпечують проживання значної частини населення сучасних великих міст. У процесі їх формування, починаючи з середини ХХ століття, в Україні відбулися значні політичні, соціальні, економічні, технологічні, правові та екологічні зміни. Сучасні виклики вимагають переосмислення підходів до організації житлового

середовища великих міст країни з урахуванням нових стандартів якості, сталого розвитку та потреб мешканців

Мета дослідження. Визначення принципів трансформації житлових районів в контексті екологізації міського середовища з урахуванням сучасних урбаністичних тенденцій та практик на прикладі міста Дніпро.

У дослідженні використано комплексний підхід, що включає аналіз нормативно-правової бази, урбаністичних стратегій, прикладів реалізованих проєктів, існуючий стан житлових районів міста Дніпро, а також соціологічні аспекти оцінки якості житлового середовища.

Результати дослідження. Масштабне будівництво житлових районів в м. Дніпро, як і в інших великих містах України, почалося на початку 1960-х років і завершилось наприкінці 1980-х років. Житлові райони будувалися як на лівобережжі, так і на правобережжі міста Дніпро. Враховуючи географію розташування і характер інтеграції житлових районів в структурно-планувальний каркас міста Дніпро, їх можна об'єднати в чотири групи: прибережні і «материкові» житлові райони, побудовані на рівнинному рельєфі лівобережжя; прибережні і «материкові» житлові райони правобережжя, побудовані на складному рельєфі [1; 2; 4].

На сучасному етапі розвитку містобудування, трансформацію житлових районів великого міста обумовлюють наступні фактори: зміна соціально-економічної структури держави; активізація урбанізаційних процесів; погіршення екологічної ситуації; недоліки прогнозування соціально-економічного розвитку суспільства при проектуванні житлових районів; розбіг між теорією і практикою при проектуванні житлових районів; невідповідність проєкту при будівництві житлових районів; помилки проектування та не реалізовані ідеї автора; фізичний і моральний знос будівель та інфраструктури; низький рівень експлуатації житлових районів; конфлікт між «статичною формою» житлового району та соціально-містобудівними вимогами, які змінюються у часі і просторі.

Для комплексного аналізу сучасного стану житлових районів м. Дніпро були відібрані прибережні та материкові території правобережної і лівобережної частин міста. Оцінювання здійснювалося за ключовими критеріями відповідності сучасним вимогам організації житлових районів: соціально-функціональні параметри; структурно-функціональна та архітектурно-планувальна організація; рівень розвитку соціальної інфраструктури та забезпеченість об'єктами обслуговування населення; транспортна та інженерна інфраструктура; типологія і характеристика житлової забудови; озеленення та благоустрій територій, організація система зелених насаджень.

На підставі комплексного аналізу, виявлені основні проблеми, які характерні на сьогодні для житлових районів м. Дніпро: структурно-функціональна та архітектурно-планувальна організація житлових районів недосконала; центри обслуговування, як структурно-планувальний елемент, не сформовані; номенклатура об'єктів обслуговування не повна, відсутні фізкультурно-оздоровчі і спортивні споруди, заклади культури і мистецтва та об'єкти дозвілля; житлова забудова та інженерна інфраструктура потребує комплексної модернізації; високий рівень автомобілізації і транспортного навантаження на місцеву систему транспортних зв'язків; принцип поділу пішохідного і транспортного руху в житлових районах не реалізований; низький рівень озеленення і благоустрою територій.

Визначені принципи трансформації сучасних житлових районів, а саме: диференціація ступінів трансформації житлового району (локальна, обмежена, кардинальна); відповідності трансформації житлового району соціальним критеріям; мобільність (створення умов безбар'єрного міського середовища); адаптивність (врахування місцевих особливостей); гнучкість (відкритість до вдосконалення просторово-планувальної організації житлового району); екологічність (збереження, охорона, відтворення природних ресурсів, раціональне природокористування); технологічність; поліфункціональність; архітектурна ідентичність (створення унікального образу району).

Відповідно вище означеним принципам розроблений проєкт-концепція архітектурно-містобудівної трансформації житлового району «Перемога-1,2,3» (рис. 1).

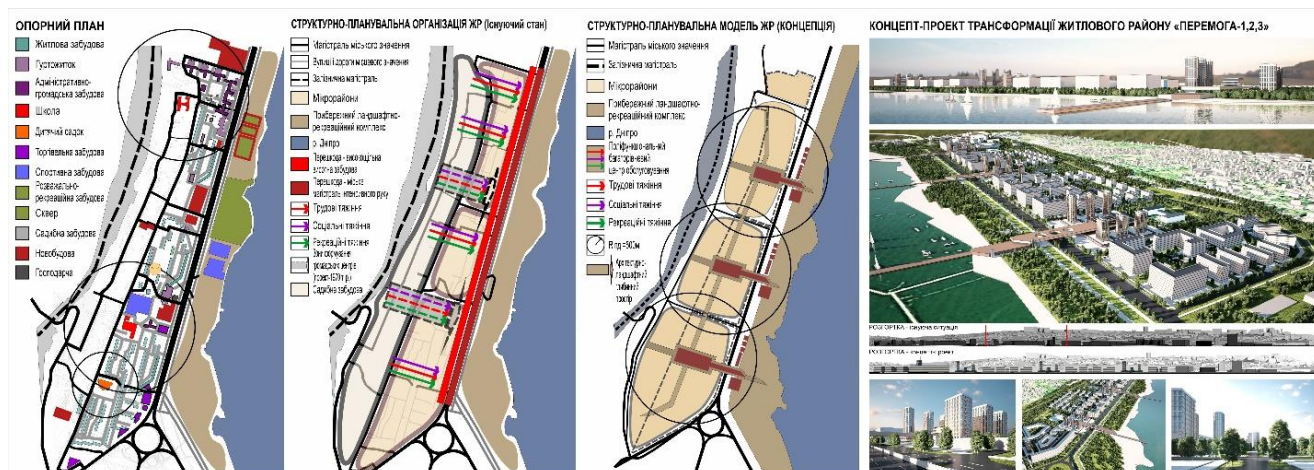


Рис. 1. Концепт-проект архітектурно-містобудівної трансформації житлового району «Перемога-1,2,3»

Висновки. Трансформація житлових районів є багатовимірним процесом, що охоплює архітектурні, містобудівні, соціальні, екологічні та економічні аспекти і передбачає комплексний підхід, де задачі модернізації спрямовані на розвиток гармонійного біопозитивного екологізованого міського середовища життєдіяльності людини сучасного великого міста.

Список використаних джерел

1. Генеральний план розвитку міста Дніпропетровська 2007 р. Київ : Діпромісто, 2007.
2. Містобудівний документ «Внесення змін до генерального плану розвитку м. Дніпро». Київ, 2019.
3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Київ, 2019. 177 с.
4. Бондаренко О. І., Тонкоголосий Є. В. Архітектурно-містобудівні аспекти трансформації житлового району сучасного великого міста на прикладі міста Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 4 (028). 2025. С. 46–59. DOI:10.30838/UJCEA.2312.270425.46.1176.
5. Бондаренко О. І. Особливості формування системи зелених насаджень сучасного великого міста на прикладі міста Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 4 (028). 2025. С. 33–45. DOI:10.30838/UJCEA.2312.270425.33.1175.

УДК 666.972

АКТИВАЦІЯ ЦЕМЕНТУ ТА БЕТОНУ З ТЕХНОГЕННОЮ СИРОВИНОЮ

Бондаренко С. В.¹, канд. техн. наук, доц., Дехта Т. М.², канд. техн. наук, доц.,

Дубов Т. М.³, канд. техн. наук, доц., Василенко С. В.⁴, асист.

^{1,2,4} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

³ Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

¹bondarenko.serhii@pdaba.edu.ua, ²dehta.tatyana75@pdaba.edu.ua,

⁴vasylenko.svitlana@pdaba.edu.ua, ³dubov.t.m@dsau.dp.ua

Постановка проблеми. Останнім часом існує тенденція виготовлення бетонних сумішей з урахуванням енерго- та ресурсозбереження і зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище за рахунок зниження вмісту в цементуючій системі енергоємного компонента – клінкеру. Для зниження енергоємності та зниження вмісту портландцементного клінкеру в цементуючій системі частіше за все використовують цементи з підвищеним вмістом шлаку, які активують різними способами. В цій праці наведено активацію цементу водною суспензією $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленої в переманіченому полі. Тому дослідження щодо

використання комплексної активації цементуючої системи, яка включає цемент, що містить 65 % клінкеру, розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, оброблений в змінному електромагнітному полі, що дозволяє підвищити фізико-механічні і експлуатаційні властивості бетону, є актуальними.

Мета дослідження. Активація процесів твердіння цементуючих систем електромагнітними полями дозволяє керувати процесом формування структури і властивостей цементного каменю та бетону [1–3]. Одним з найбільш ефективних способів інтенсифікування процесів гідратації та тверднення портландцементів є використання прискорювальних домішок. В основі їх дії лежить збільшення розчинності вихідного в'язучого та кінцевих продуктів його гідратації внаслідок зміни іонної сили розчину. Прискорювальні домішки знаходяться в розчині у вигляді іонів, діють на в'язуче на молекулярному рівні, тобто впливають на процес виникнення зародків, або на швидкість росту кристалів. Серед домішок-прискорювачів багато таких, які реагують з в'язучим з утворенням малорозчинних сполук. В результаті реакції обміну виділяється гідроксид кальцію у розчин і підвищується розчинність силікатних складових цементу, що призводить до утворення гелей гідроксидів лужних металів і кальцію.

Результати дослідження. Для підтвердження концепції підвищення міцності цементуючої системи і бетону, в результаті замішування розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ обробленого в змінному електромагнітному полі були проведені дослідження впливу активації цементу на міцність цементуючої системи. Результати досліджень приведені на рис. 1. Отримані результати свідчать про те, що цементуюча система, утворена замішуванням цементу розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленим в змінному електромагнітному полі, характеризується підвищеною міцністю. Так, міцність цементуючої системи, отриманої активацією розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленим в змінному електромагнітному полі у віці 28 діб збільшилась на 19,3 %, з 38,3 до 45,7 МПа [4].

Дослідження методами рентгенофазового і термічного аналізів фазового складу цементного каменю встановлено, що в цементному камені із цементу, затвореного розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленим в змінному електромагнітному полі, у великій кількості присутні гідросилікати кальцію і в меншій кількості $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в порівнянні з цементним каменем із цементу замішаного звичайною водою.

В ще більшій кількості гідросилікати кальцію і в меншій кількості $\text{Ca}(\text{OH})_2$ присутні в цементному камені із цементу затвореного розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ обробленому в електромагнітному полі.

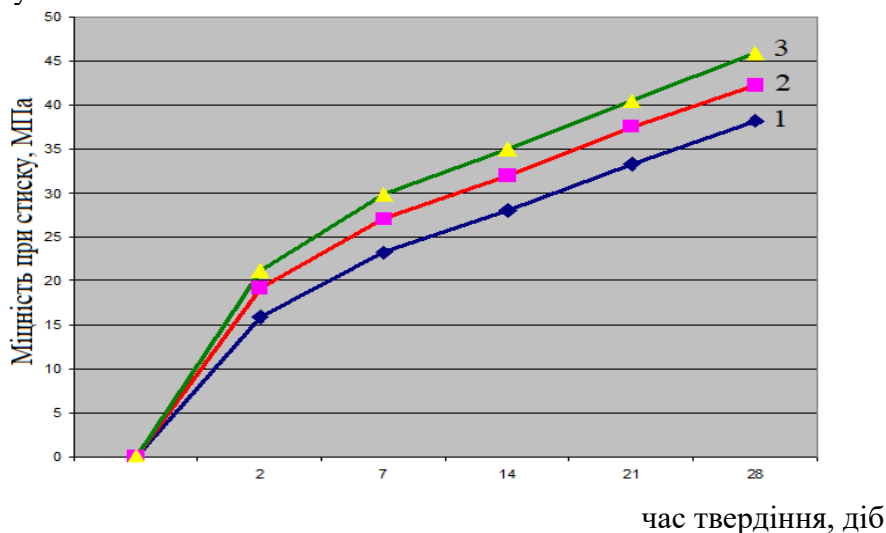


Рис. 1. Вплив активації цементуючої системи на її міцність залежно від часу твердіння: 1 – неактивована цементуюча система; 2 – цементуюча система, активована розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 3 – цементуюча система, яка містить розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$, оброблений в змінному електромагнітному полі

Застосування хімічних добавок в технології бетону дозволяє керувати кінетикою формування його структури і міцності, впливати на пористість і характеристику порового простору [5].

Висновки. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання бетонів з поліпшеними фізико-механічними властивостями, за рахунок затворення бетонної суміші розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленим в змінному електромагнітному полі. Ефект полягає в тому, що в коллоїдному розчині $\text{Ca}(\text{OH})_2$, обробленим в змінному електромагнітному полі, вода дисоціюється з утворенням йонів OH^- і H^+ , що інтенсифікують розчинення та диспергацію поверхні зерен цементу в одиниці об'єму цементуючої системи. Це призводить до підвищення вмісту новоутворень в одиниці об'єму матриці, а також кількості і площі контактів в твердій фазі, що підвищує міцність бетону. Після дослідження і аналізу було з'ясовано. Що виробництво бетону затвореного водним розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, активованим в змінному електромагнітному полі, не зовсім доцільне для малих підприємств, але дуже ефективне при масштабуванні і у найближчому майбутньому є дуже перспективним напрямком розвитку бетонівиробництва.

Список використаних джерел

1. Зайченко Л. Г. Дрібнозернисті цементні бетони, активовані в електромагнітному полі, що обертається : автореф. дис. канд. техн. наук зі спец. 05.23.05. Макіївка, 2007.
2. Рунова Р. Ф., Носовицький Ю. Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів : підруч. Київ : КНУБА, 2007. 250 с.
3. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б., Кочевих М. О., Гасан Ю. Г., Константиновський Б. Я., Ракша В. О. Будівельне матеріалознавство : підруч. Київ : «Видавництво Ліра-К», 2015. 624 с.
4. Шпирько М. В., Дубов Т. М. Дослідження впливу електромагнітної активації концентрованої цементної суспензії на властивості цементного каменю й бетону. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. № 2. 2020. С. 31–36.
5. Дворкін Л. А., Дворкін О. Л., Житковський В. В. Ефективність хімічних добавок до бетону. *Дні сучасного бетону*. Запоріжжя, 2012. С. 33–37.

УДК 004.94:519.86:69.003

ПОЄДНАННЯ ТЕОРІЇ ІГОР ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЄКТНОМУ УПРАВЛІННІ

Бородін М. О.¹, канд. техн. наук, доц., Лозова-Гнатюк В. В.², магістр

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹borodin.maksym@pdaba.edu.ua, ²leralozovaya8@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасних будівельних проєктах існує суперечність між інтересами замовника та підрядника: замовник прагне мінімізувати витрати та терміни реалізації, тоді як підрядник орієнтований на максимізацію прибутку, що часто супроводжується подовженням строків або підвищенням вартості. Традиційні методи календарного планування (сіткові моделі, графіки Ганта) не враховують поведінкові фактори та економічні стимули учасників, що призводить до конфліктів і ризиків у процесі реалізації.

Мета дослідження. Розробити ігрову модель взаємодії замовника та підрядника, яка інтегрує інструменти теорії ігор, BIM-технологій та штучного інтелекту для оптимізації контрактних умов і календарних планів у будівельних проєктах, з урахуванням ризиків і поведінкових стратегій сторін.

Результати дослідження. У проєктному управлінні теорія ігор застосовується для аналізу конфліктів, розподілу ресурсів, вибору оптимальних стратегій підрядників і замовників, формування тендерних умов або контрактних моделей. У контексті будівництва це допомагає формалізувати відносини «замовник–підрядник», особливо коли між ними виникає напруження щодо термінів, оплати або обсягів.

У запропонованій моделі взаємодії беруть участь два основних гравці. Це замовник (P_1) – сторона, що фінансує будівництво й зацікавлена у мінімізації загальних витрат та строків реалізації проєкту та підрядник (P_2) – виконавець будівельних робіт, метою якого є

отримання максимального прибутку, з потенційною мотивацією до розтягування робіт або підвищення вартості. Ці сторони мають асиметричні інтереси, що є характерним для реального ринку будівництва, де взаємна залежність сторін потребує узгодження стратегій та контрактних умов.

Нехай: T – тривалість проєкту (у днях); $C(T)$ – загальна вартість реалізації проєкту, яка залежить від тривалості; $B(T)$ – бонус за дострокове виконання (виплачується підряднику); $F(T)$ – штраф за затримку (виплачується замовником або стягується з підрядника); $R(T)$ – витрати підрядника на виконання робіт.

Функція виграшу замовника:

$$U1 = -C(T) - \alpha(T - T_0) - B(T) + F(T),$$

де α – коефіцієнт втрат від затримки (наприклад, недоотриманий прибуток).

Функція виграшу підрядника:

$$U2 = P(T) - R(T) + B(T) - F(T),$$

де $P(T)$ – сума контрактної оплати, що також може залежати від тривалості виконання.

Стратегія замовника полягає у виборі умов контракту: граничний термін виконання T_0 , система штрафів і бонусів $F(T)$, $B(T)$, рівень допустимих витрат. Стратегія підрядника – це вибір фактичної тривалості виконання робіт T , яка залежить від рівня ресурсів, організації процесів, тощо. Кожен гравець адаптує свою стратегію до дій іншого. Наприклад, підрядник може виконати роботу швидше при значному бонусі або затягнути терміни, якщо штрафи незначні.

У найпростішому варіанті модель може бути подана як двохгравцева гра з кінцевими стратегіями, де будується матриця виграшів при фіксованих варіантах T та умов контракту. Однак для реалістичнішої моделі застосовується гра в стилі Stackelberg, де один із гравців є лідером (наприклад, замовник), а інший – послідовником (підрядник). У цій моделі замовник встановлює умови контракту (T_0 , B , F), підрядник обирає оптимальну поведінку T , максимізуючи виграш, сторони досягають рівноваги Stackelberg, яка є розв'язком гри.

Час та витрати прямо впливають на виграш кожної сторони. Чим більша тривалість T , тим менше задоволення у замовника, але можливо більше вигоди для підрядника, якщо витрати знижуються. Бонуси стимулюють підрядника зменшувати T , але збільшують витрати замовника. Штрафи зменшують виграш підрядника при порушенні строків, одночасно компенсуючи втрати замовника. Таким чином, оптимізаційна задача сторін зводиться до пошуку рівноважних значень.

Для параметризації моделі використовуються BIM-модель, яка генерує дані про обсяги, ресурси, та послідовність робіт та AI-моделі, які прогнозують можливу тривалість T , вартість $C(T)$, ризики затримки, оптимальне розміщення ресурсів тощо.

Таким чином, цифрові технології дозволяють перейти від абстрактної теорії ігор до практичної цифрової реалізації контрактних стратегій.

Ігрова модель взаємодії замовника та підрядника дає змогу перейти від статичного календарного планування до динамічного, поведінково-чутливого управління, де враховуються не лише фізичні параметри проєкту, але й економічні інтереси сторін.

Ігровий підхід дозволяє заздалегідь прогнозувати можливі конфлікти на основі симуляції реакцій сторін; підбирати контрактні умови (бонуси, терміни, штрафи), які ведуть до рівноваги; адаптуватися до змін у середовищі (наприклад, коливання цін, затримки постачання). У поєднанні з BIM-технологіями, які забезпечують достовірну структуровану інформацію про об'єкт, та штучним інтелектом, що виконує аналітику, прогнозування і оптимізацію, ігрова модель набуває цифрової практичної реалізації.

Список використаних джерел

1. Serugga J. AI-Assisted Game Theory Approaches to Bid Pricing Under Uncertainty in Construction. *Applied Mathematics*. 2025. Vol. 5, № 2. P. 39. DOI: 10.3390/ appliedmath5020039.

2. Khan A. A., Doan D. H., Le T. H., Nguyen T. H., et al. Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects : a review. *Technologies*. 2024. Vol. 12, № 10. Article 185. DOI: 10.3390/technologies12100185.
3. Dorrah D. H., McCabe B. Integrated Agent-Based Simulation and Game Theory Decision Support Framework for Cash Flow and Payment Management in Construction Projects. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, № 1. P. 244. DOI: 10.3390/su16010244.
4. He Z., Wang Y.-H., Zhang J. Generative AIBIM : An Automatic and Intelligent Structural Design Pipeline Integrating BIM and Generative AI [Електронний ресурс]. *arXiv preprint*. 2023. № arXiv:2311.04052. URL: <https://arxiv.org/abs/2311.04052> (дата звернення: 2.09.2025).
5. Love P. E. D., Fang W., Matthews J. Explainable Artificial Intelligence : Precepts, Methods, and Opportunities for Research in Construction [Електронний ресурс]. *arXiv preprint*. 2022. № arXiv:2211.06579. URL: <https://arxiv.org/abs/2211.06579> (дата звернення: 2.09.2025).

УДК 69.059

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-СКАНУВАННЯ ТА BIM ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПЛАНУВАННЯ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

Брунеллі Р.¹, студ., Сопільняк А. М.², канд. техн. наук, доц.,
Юрченко Є. Л.³, канд. техн. наук, доц., Коваль О. О.⁴, канд. техн. наук, доц.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

²sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ³yel@pdaba.edu.ua, ⁴koval.olena@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В умовах повномасштабної війни та значних руйнувань інфраструктури, що спостерігаються в Україні, питання оперативного та точного обстеження пошкоджених будівель набуло національного значення [5]. Традиційні методи інвентаризації є тривалими, трудомісткими та схильними до помилок. Вони не дозволяють швидко та безпечно зібрати повну й об'єктивну інформацію, особливо у важкодоступних або небезпечних місцях [7]. Застосування інноваційних технологій, здатних забезпечити високу точність і швидкість збору даних, стає необхідною умовою для ефективного планування та реалізації широкомасштабних програм з відбудови.

Мета дослідження. Продемонструвати та проаналізувати ефективність застосування інтегрованого робочого процесу «Scan-to-BIM» для всебічної оцінки технічного стану пошкоджених будівель та планування їх відновлення.

Результати дослідження. Лазерне 3D-сканування – це метод швидкого та високоточного отримання цифрової моделі об'єкта у вигляді «хмари точок» – масиву мільйонів точок, що надає повну 3D-копію [2]. Ця технологія має значні переваги для обстеження, зокрема високу швидкість та точність, що дозволяє виявляти навіть найменші деформації. Це усуває «людський чинник», надаючи об'єктивні дані, та забезпечує можливість проводити вимірювання у «важкодоступних та небезпечних місцях» [7].

У дослідженні використано лазерний 3D-сканер Leica, який вирізняється високою точністю та продуктивністю. Інформаційне моделювання будівель (BIM) – це 3D-модель, а комплексний метод управління всім життєвим циклом будівлі, де кожен елемент є «інтелектуальним» об'єктом, що містить повну інформацію про себе [10]. Процес «Scan-to-BIM» дозволяє перетворити хмару точок в інтелектуальну BIM-модель, що є набагато ефективнішим, ніж традиційне ручне моделювання.

На практиці цей процес включає польові роботи (3D-сканування бомбосховища сканером Leica), камеральну обробку (зшивання сканів та очищення даних) та BIM-моделювання (імпорт хмари точок у програму Revit, де вона слугує основою для точного відтворення конструкцій). Створена BIM-модель дозволяє точно документувати пошкодження, кількісно визначати ступінь деформацій та розраховувати обсяги матеріалів для відновлення, що оптимізує кошторис та розподіл ресурсів [7].

Висновки. За результатами проведеного дослідження можна стверджувати, що поєднання 3D-сканування та BIM-моделювання є високоефективним підходом для оцінки стану пошкоджених будівель. Ця методологія дозволяє отримати точні, об'єктивні та комплексні дані, які є критично важливими для планування відновлювальних робіт, забезпечуючи при цьому безпеку фахівців, що працюють у складних умовах. Враховуючи масштаби руйнувань в Україні, пропонується розглядати цю методологію як основу для створення національного цифрового архіву зруйнованої інфраструктури та пам'яток культурної спадщини [5]. Використання 3D-сканування та BIM-моделювання є стратегічним напрямком, що забезпечує точність, прозорість та ефективність у процесі відбудови країни.

Список використаних джерел

1. 3D сканування будівельного майданчика є ключовим етапом, який забезпечує точність, якість та ефективність виконання будівельних робіт. URL: <https://3dscan.com.ua/uk/3d-skanirovanie-stroitelnoj-ploshhadki/>
2. 3D-сканування – це спосіб швидко та точно отримати цифрову модель будь-якого об'єкта. URL: <https://geobest.com.ua/lazerne-3d-skanuvannya/>
3. Пошкоджені російською армією об'єкти культурної спадщини в Україні документують за допомогою 3D-сканерів. URL: <https://babel.ua/news/80092-poshkodzhennya-ob-yektiv-kulturnoji-spadshchini-v-ukrajini-pochali-fiksuvati-za-dopomogoyu-3d-skaneriv>
4. Волонтери створили сайт Scan UA, що фіксує 3D-моделі пам'яток української спадщини. URL: <https://www.ukr.net/news/details/technologies/93978530.html>
5. Інформаційне моделювання на основі хмар точок. URL: <http://digitalconstruct.com.ua/ua/scan-to-bim/>
6. Дані хмарних точок можна перевіряти та відтворювати, що допомагає створювати 3D-моделі. URL: <https://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/download/2952/3476/>
7. 3D-сканування – це спосіб швидко та точно отримати цифрову модель будь-якого об'єкта. URL: <https://geobest.com.ua/lazerne-3d-skanuvannya/>
8. Він покликаний захистити культурну спадщину України на тлі військових дій. URL: <https://www.ukrainer.net/zberehty-tsyfrovu-spadshchynu/>
9. У Львові почали проєкт з оцифрування пам'яток модернізму. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/city-news/341599-pam-yatki-modernizmu-lvova-otsifruyut-za-dopomogoyu-3d-skanuvannya>
10. BIM and VDC Services. Інформаційне моделювання на основі хмар точок. URL: <http://digitalconstruct.com.ua/ua/scan-to-bim/>

УДК 697.328

ТЕРМО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ENGINEERING OPEN SPACE CONCEPTION

Брунько В. М., здобувач

Київський Національний університет будівництва та архітектури,

АТ «КиївЗНДІП», Україна

bvmkrem@gmail.com

Постановка проблеми. Енергоінтеграція є найбільш перспективною концепцією забезпечення енергоефективності будинків. Стандартно експлуатаційні витрати та показники енергоефективності будинку обчислювались для окремих інженерних систем: опалення, кондиціювання¹, вентиляція, гаряче водопостачання, газопостачання, водопостачання та водовідведення, освітлення та електропостачання. Всього 9 систем. ТКП дозволяє вирішити проблему дискретності по часу та потужності роботи цих систем, дискретності їх розрахунків і дискретності їх практичної реалізації шляхом їх інтеграції.

Мета дослідження. Розробити та обґрунтувати методологію проектування і експлуатації будівель, у якій інтеграція Термо-кліматичного потенціалу (TCP) та Engineering Open Space Conception (EOSC) забезпечує:

Оптимізацію енергоспоживання шляхом використання температуро ресурсів конструктивних елементів будівлі як акумулятора тепла й холоду. Зниження встановленої потужності інженерних систем завдяки можливості акумулювати та зсувати пікові теплові й холодкові навантаження. Скорочення капітальних і експлуатаційних витрат (CAPEX/OPEX) шляхом зменшення обсягів каналосемних систем і обладнання, а також інтеграції кліматичних функцій у несучі конструкції. Підвищення гнучкості планувальних рішень та реконфігурації завдяки відмові від жорстких схем традиційної HVAC-інфраструктури. Забезпечення стійкості та надійності будівель (збереження комфортних параметрів мікроклімату 24–72 години при знеструмленні). Формування науково-практичної бази для оновлення нормативів (DBN, ДСТУ, ISO 11855) щодо енергоефективного проектування будівель на основі СТСП/EOSC.

Результати дослідження. У роботі розкривається концепція визначення, проектування та практичної реалізації в будівництві такої характеристики будинків як термо-кліматичний потенціал (TCP – thermo climatic potential – інтегрованого показника, чие застосування є інноваційним способом підвищення енергоефективності об’єктів будь-якого призначення та забезпечення реалізації engineering open space conception (EOSC) – мінімізації числа інженерних комунікацій в планувальному просторі/об’ємі будівлі.

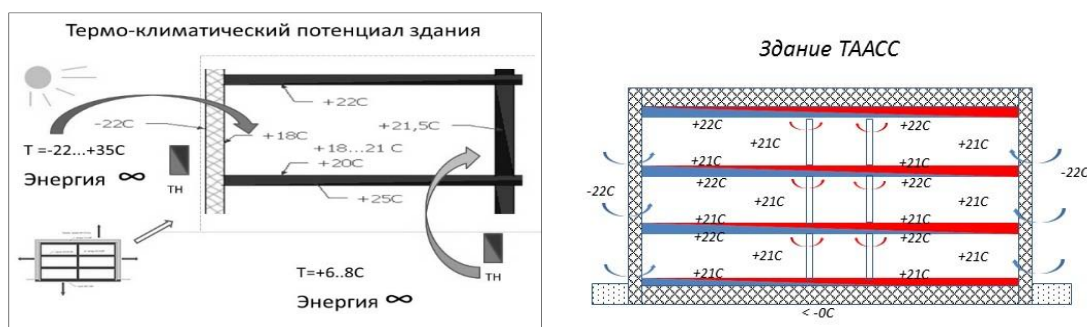


Рис. 1. Концепція термо-кліматичного потенціалу (ТКП) будинку та engineering open space conception

Запроваджено новий інтегральний показник – Термо-кліматичний потенціал (ТКП), який визначає здатність будівлі накопичувати, утримувати та віддавати тепло/холод у контрольованому режимі.

Доведено ефективність використання ТААБС (термоактивні акумулюючі адаптивні будівельні системи) як основи для формування ТКП: контроль температури плит фундаменту, перекриттів і покриття забезпечує оптимальні санітарно-гігієнічні умови при мінімальних енерговитратах.

Встановлено оптимальні величини ТКП: для індивідуальних будинків – 0,17–0,19 кВт·год/°С·м²; для багатоквартирних будинків – 0,20–0,22 кВт·год/°С·м².

Підтверджено практикою (24 реалізованих об’єкти, ~7 тис. м²), що такі показники ТКП дозволяють забезпечити енергоефективність без перевищення нормативних вимог до огорожувальних конструкцій та при використанні природної припливної і примусової витяжної вентиляції.

Енергетичні результати: встановлена потужність електропостачання на опалення/вентиляцію/охолодження – лише 1 кВт на 120–150 м² площі; середнє споживання електроенергії – 3,5 кВт·год/м² на місяць (опалювальний період) та 1,5 кВт·год/м² на місяць (період охолодження)

Висновки та перспективи. Концепція TCP та EOSC створює надійний інструмент для проектування будівель, що поєднують високу енергоефективність, можливість роботи з відновлюваними джерелами енергії та мінімальні витрати життєвого циклу.

Список використаних джерел

1. Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature.
2. EN 15377-1:2008. Heating systems in buildings. Design of embedded water based surface heating and cooling systems. Part 1: Determination of the design heating and cooling capacity.
3. EN 15459:2007. Energy performance of buildings. Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
4. DIN EN 12831 Bbl 1:2008. Heating systems in buildings. Method for calculation of the design heat load. National Annex NA.
5. ISO 11855 Building environment design. Embedded radiant heating and cooling systems. Parts 1–5.
6. Брунько В. М. Проектний менеджмент і цільові комплексні програми. *Комунальне господарство міст*. 2002. Вип. 38. С. 345–348.
7. Брунько В. М. Термо-кліматичний потенціал будинку. *Енергоінтеграція*. Київ : КНУБА, 2016. С. 46–53.
8. Брунько В. М. Переважаюча роль структури будівлі щодо її оболонки для забезпечення вимог зеленого будівництва. *Environmental Protection*. 2021. Київ : КНУБА, 2021. С. 26–29.

УДК 658:330.342.146(477)

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАГРОЗ ЕКОНОМІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Булєєв Ю. С., аспірант

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

bulieiev.yurii@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Повномасштабна агресія спричинила структурні розриви в економіці України, суттєво змінивши профіль загроз для підприємств і вимоги до систем управління економічною безпекою (ЕБП). У фазі відбудови зростає значущість системної ідентифікації та класифікації загроз як підґрунтя для ризик-менеджменту, пріоритезації інвестицій і вироблення політик стійкості. Оновлена класифікація має враховувати нові воєнно-повоєнні фактори (енергетичні, логістичні, кадрові, кіберризики, а також екологічні, соціальні та управлінські виклики – ESG), а також різну спроможність малого і середнього бізнесу та великих компаній до їх нейтралізації. Оцінка масштабів руйнувань у рамках міжнародної програми RDNA4 (Recovery and Reconstruction Needs Assessment – оцінка потреб відновлення та реконструкції) [1] свідчить, що профіль загроз у 2024–2025 рр. якісно відрізняється від довоєнного, а отже потребує методичного оновлення.

Мета дослідження – запропонувати прикладну класифікацію загроз ЕБП підприємств у повоєнний період для швидкої діагностики ризиків і проектування контрзаходів у стратегіях відновлення. Завдання: (1) синтезувати сучасні підходи до окреслення загроз ЕБП в умовах/після війни; (2) виокремити нові та підсилені загрози (енергетика, логістика, кадровий дефіцит, кібербезпека, ESG-виклики, мінна небезпека тощо); (3) проілюструвати класифікацію прикладами для будівельної галузі та МСП.

Результати дослідження. Наукові праці українських і міжнародних авторів підкреслюють, що у фазі відбудови ключовими стають комбіновані (гібридні) загрози, де фізичні руйнування та енергологістичні збої переплітаються з кадровими втратами, регуляторною невизначеністю та цифровими ризиками (кіберінциденти, витоки даних, залежність від зовнішніх хмарних платформ). Для МСП до цього додаються брак фінансування, обмежений доступ до ринків і нестача управлінських практик ризик-менеджменту [2]. Важливим аспектом у сучасних умовах є ризики цифрової трансформації

(ІТ) підприємств, яка поряд із можливостями інноваційного розвитку створює додатковий спектр загроз для економічної безпеки [3].

Запропоновано класифікацію, що поєднує шість ознак: джерело (внутрішні/зовнішні), часовий горизонт (операційні/тактичні/стратегічні), цифровий характер (цифрові/нецифрові/змішані), рівень виникнення (макро/мезо/мікро), профіль ризику (вірогідність/тяжкість), сфера ефекту (фінанси, операції та управління ланцюгами постачання (SCM), люди та HR, ІТ та дані, комплаєнс – дотримання стандартів і регуляторики, ринок/клієнти). Це дозволяє прив'язати загрозу до відповідальних функцій та матриці управління ризиками (стратегії: уникнути, зменшити, передати, прийняти).

Нові/підсилені загрози та їх специфіка:

– Мінна небезпека та пов'язані операційні ризики: збільшення витрат, затримки проєктів, зменшення доступності земель/майданчиків; у с/г та будівництві чинять істотний вплив на продуктивність і податкові надходження [4].

– Енергетичні та логістичні загрози: удари по енергетиці, здорожчання перевезень, нестабільність коридорів; для будівельних компаній – ризик зривів графіків і штрафних санкцій [5].

– Кадрово-компетентісні розриви: дефіцит кваліфікації працівників у виробництві / ІТ, потреба у перенавчанні з фокусом на цифрових процесах [2].

– Цифрові загрози: витоки даних, кібератаки, технологічна залежність від одного постачальника [6].

– репутаційні та фінансові втрати у випадку невиконання екологічних і соціальних вимог донорів та інвесторів [7].

Таблиця 1

Класифікаційна матриця загроз ЕБП у повоєнний період

Ознака	Категорія	Приклади загроз (повоєнний контекст)
Джерело	Зовнішні	Руйнування енергетичної інфраструктури; мінна небезпека; збої експортно-імпорتنих коридорів; волатильність валютного курсу і ставок; вимоги донорів/інвесторів [5]
	Внутрішні	Кадровий дефіцит і відтік талантів; зношеність основних фондів; слабкий внутрішній контроль; низька цифрова зрілість; технологічна залежність від одного постачальника
Часовий горизонт	Операційні	Перебої електропостачання та зв'язку; затримки у постачаннях; кіберінциденти [5]
	Стратегічні	Залежність від зовнішнього фінансування; зміна регуляторного середовища; репутаційні ризики через порушення ESG [5]
Сфера ефекту	Фінанси	Погіршення оборотності, кредитні обмеження, зростання вартості страхування та логістики
	Операції	Розриви ланцюгів, простої через відключення живлення
	Люди/HR	Втрата персоналу, посттравматичні розлади (PTSD-фактори), дефіцит навичок у сфері цифровізації
	ІТ/дані	Вразливості в ІТ, відсутність резервування, слабка система оперативного моніторингу кібербезпеки [6]
	Енергетика	Перебої в електропостачанні, відсутність автономних джерел енергії, недостатній розвиток відновлюваних джерел енергії

Застосування класифікації: контур управлінських рішень:

1. Швидкий скринінг ризиків за таблицею 1 із ранжуванням (вірогідність×тяжкість) і позначенням «цифровізації» загрози.
2. Прив'язка контрзаходів до функцій (фінанси/операції/ІТ/HR/комплаєнс) з відповідальними.
3. Фокус МСП: спрощені індикатори та «мінімально життєздатні» політики (резервування даних, базовий SOC-моніторинг, енерго- та логістичні плани безперервності, партнерство з кластерами / донорськими програмами).
4. Політика держави/громад: цільові програми розмінування та страхування, підтримка енергонезалежності бізнесу (відновлювальні джерела енергії/зберігачі енергії), логістичні хаби, акселерація цифрової зрілості МСП (податкові стимули, навчальні ініціативи).

Висновки. Запропонована багатовимірна класифікація забезпечує операційну спроможність для підприємств різних розмірів і галузей, дозволяючи поєднати «карти загроз» із матрицями відповідальності та планами безперервності. У фазі відбудови саме поєднання фізичних, організаційних і цифрових загроз формує «нову нормальність» для ЕБП; відтак інтеграція ризик-менеджменту, кіберстійкості та ESG-комплаєнсу має стати обов'язковим елементом корпоративних стратегій і державних програм підтримки бізнесу.

Список використаних джерел

1. Україна: швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення (RDNA4). Світовий банк, Уряд України, Європ. Союз, Організація Об'єднаних Націй; ред. А. Himmelfarb; дизайн С. Alameddine. Лютий, 2025. 200 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099052925103531065/pdf/P180174-93c8e8c1-83a2-487d-aaec-a8435f9db418.pdf> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Assessment of the Impact of the War on Micro-, Small-, and Medium-sized Enterprises in Ukraine. United Nations Development Programme in Ukraine; Centre for Economic Recovery, Advanter Group; in cooperation with Ministry of Economy of Ukraine. Kyiv : UNDP, 2024. 85 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-02/undp-ua-assessment-war-impact-enterprises-ukraine.pdf> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Фісуненко П. А., Булеєв Ю. С. Класифікація ризиків цифрової трансформації підприємств у контексті економічної безпеки. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. № 3 (18). С. 203–213. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.18-31>.
4. Harmash O. Landmines cost Ukraine \$11 bln in GDP each year, says report. Ed. W. Maclean. *Reuters*. 10.09.2024. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/landmines-cost-ukraine-11-bln-gdp-each-year-says-report-2024-09-10/> (дата звернення: 11.09.2025).
5. Оновлена оцінка потреб України на відновлення та відбудову : прес-реліз, 25 лютого 2025 р. World Bank Group [Електронний ресурс]. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> (дата звернення: 11.09.2025).
6. Ivanov M., Martseniuk L., Angelova M., Faifer S. Strategic Risk Management of Digital Transformation in the Economic Security of Industrial Enterprises. *Economics Ecology Socium*. 2025. Vol. 9, № 2. Pp. 124–141. URL: <https://doi.org/10.61954/2616-7107/2025.9.2-9>
7. Карпенко А., Лоза С. ESG-загрози економічній безпеці підприємств металургії. *Економічний аналіз*. 2025. Т. 35, № 1. С. 419–427. URL: <https://doi.org/10.35774/econa2025.01.419>

УДК 531.8

ПРИНЦИПИ РОБОТИ ГІРОСКОПІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ НА ОСНОВІ КАРДАНОВОГО ПІДВІСУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД

Буратинський А. П., канд. техн. наук, доц.

*ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»**Українського державного університету науки і технологій*buratynskiy.andrii@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Промислові споруди зазнають значних динамічних впливів від вітру, сейсмічних дій та технологічних вібрацій, що може спричинити резонансні коливання і загрожувати їхній безпеці та довговічності. Традиційні методи демпфування часто є недостатньо ефективними через спрощене моделювання та ігнорування гіроскопічних ефектів. Актуальною є розробка гіроскопічних гасників коливань на основі карданового підвісу, які забезпечать підвищену динамічну стійкість споруд. Основними викликами залишаються енергоспоживання, масо-габаритні параметри, нутаційні коливання та необхідність інтеграції з інтелектуальними системами керування.

Мета дослідження. Розглянути та обґрунтувати принципи роботи гіроскопічних гасників коливань на основі карданового підвісу та визначити можливості їх застосування для підвищення стійкості й надійності промислових споруд.

Результати дослідження. Робота гіроскопічних гасників ґрунтується на гіроскопічному ефекті, що відображає закон збереження кутового моменту. Основний елемент гіроскопа – ротор, який при високій швидкості обертання набуває значної інерції, зберігаючи орієнтацію осі у просторі за відсутності зовнішніх моментів. При їх дії ротор не відхиляється у напрямку збурення, а здійснює прецесію, створюючи гіроскопічний момент, що протидіє впливам. Ефективність цього моменту прямо залежить від величини кутового моменту ротора.

Кардановий підвіс забезпечує ротору кілька ступенів свободи. У триосьових системах він дозволяє зберігати стабільність положення осі в інерціальному просторі, що широко використовується в навігаційних приладах.

У промислових конструкціях гіроскопічні ефекти можуть зменшувати небажані коливання. Особливо значним є їх вплив на динаміку вітрових турбін. Ігнорування гіроскопічних моментів у попередніх моделях призводило до помилок у визначенні частот коливань. Сучасні підходи враховують ці моменти у вигляді нелінійних граничних умов для трьох основних напрямків руху (поздовжнього, поперечного та навколо вертикальної осі). Хоча вони є нелінійними, застосування лінеаризації дозволяє отримувати аналітичні рішення рівнянь руху башти, що моделюється як пружна балка. Врахування її жорсткості є критичним для точного визначення власних частот.

Перспективним напрямом є використання гіроскопічних гасників у висотних спорудах. Концепція «розумних» налаштованих демпферів (TMD) передбачає активне протидіяння землетрусам і вітровим коливанням. Використання алгоритмів машинного навчання дозволить системам аналізувати експериментальні дані та адаптивно оптимізувати процес демпфування, розширюючи діапазон їх ефективності.

У таких системах гіроскоп може мати керовану вісь обертання, що реалізується, наприклад, гідравлічними домкратами. Це дає можливість регулювати результуючий кутовий момент і забезпечувати активне балансування зовнішніх впливів за рахунок комбінації гіроскопів із маховиками змінної осі обертання.

Застосування гіроскопічних гасників коливань у промислових спорудах характеризується як суттєвими перевагами, так і певними труднощами, що обумовлює необхідність комплексного аналізу їх ефективності та обмежень. До переваг можна віднести наступне: гіроскопічний ефект підвищує стійкість конструкцій, створюючи опір зовнішнім збуренням. Такі системи забезпечують ефективне гасіння коливань у пасивному та активному режимах, змінюючи динамічні характеристики споруди. Інтеграція з інтелектуальними

системами керування дозволяє створювати адаптивні рішення, здатні швидко реагувати на зміну умов.

Основними проблемами залишаються високе енергоспоживання активних систем, складність моделювання з урахуванням пружних деформацій, значні маса та габарити класичних конструкцій. Додаткові труднощі створюють нутаційні коливання, а також похибки й дрейф параметрів, що потребують компенсаційних алгоритмів.

Висновок. Гіроскопічні гасники коливань на основі карданового підвісу є перспективним засобом підвищення динамічної стійкості промислових споруд. Використання нових аналітичних підходів, що враховують еластичність конструкцій, розширює можливості їхнього застосування, зокрема у вітрових турбінах. Концепція інтелектуальних демпферів відкриває шлях до створення самонавчальних адаптивних систем для висотних будівель. Разом з тим актуальними залишаються завдання оптимізації конструкцій, зниження енергоспоживання та точного моделювання. Інтеграція з інтелектуальними системами керування на основі сенсорного злиття та ШІ дозволить забезпечити підвищену надійність та довговічність критичної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Tuned mass dampers. GERB. URL: <https://www.gerb.com/wp-content/uploads/2022/10/GERB-Tuned-Mass-Dampers-EN-2022-09.pdf>
2. Ünker F., Çuvalcı O. Gyroscopic Vibration Damper for Building : Theoretical and Experimental Research. *Gazi journal of engineering sciences*. 2022. Vol. 8, iss. 3. Pp. 457–471.
3. Floris Matthijs van Ingen. Gyroscopic dampers in offshore wind turbines. *Delft*. 2024. 77 p.
4. Gyroscopic effects of the spinning rotor-blades assembly on dynamic response of offshore wind turbines. Hadi Pezeshki та ін. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*. 2024. Vol. 247.
5. Prithvi Raj Pedapati, Ramesh Kumar Chidambaram. A review on control momentum gyroscopic stabilization for intelligent balance assistance in electric two-wheeler. *Results in Engineering*. 2025. Pp. 1–24.
6. Soleymani M., Norouzi M. Active gyroscopic stabilizer to mitigate vibration in a multimegawatt wind turbine. *Wind Energy*. 2021. Vol. 24, iss. 7. Pp. 720–736.
7. Controllable outrigger damping system for high rise building with MR dampers. Zhihao Wang та ін. *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems*, San Diego, United States, 1 April, 2010.
8. Крылов А. Н. Собрание трудов академика А. Н. Крылова. VIII Механика. Ред. Н. И. Идельсон. Ленинград : Изд-во академии наук СССР, 1950. 357 с.

УДК 621.643.23:624.012.45.001.13

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕГШЕНОГО ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ З ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМИ ВСТАВКАМИ

Буцька О. Л.¹, канд. техн. наук, доц., Зінкевич О. Г.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹butska.olena@pdaba.edu.ua, ²zinkevych.oksana@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В сучасному будівництві особливої актуальності набуває питання зменшення власної ваги перекриття, що безпосередньо впливає на навантаження на несучі елементи та фундаменти будівель. Одним із перспективних напрямів є застосування полегшених збірно-монолітних плит з полістирольними вставками. Водночас постає

проблема визначення раціональних геометричних параметрів плити та армування, що дозволить досягти балансу між міцністю, деформативністю та економічною ефективністю. Недостатня кількість досліджень щодо комплексного аналізу цих факторів зумовлює потребу у подальшому розвитку визначення раціональних параметрів таких конструкцій.

Мета дослідження. В нинішньому будівництві особливої актуальності набувають завдання зниження матеріаломісткості конструкцій [1–3]. Одним з перспективних рішень є використання полегшених збірно-монолітних плит перекриття з полістирольними вставками, зі зменшеною власною вагою конструкцій до 20–25 % без суттєвих втрат несучої здатності [1; 4]. Разом з тим недостатньо досліджено питання раціонального вибору параметрів перекриття. Зарубіжні дослідження [5; 6] вказують на необхідність оптимізації вставок для досягнення раціональних характеристик підкреслюють доцільність застосування подібних рішень у реконструкції та новому будівництві. У цьому контексті метою даного дослідження є визначення раціональних параметрів полегшеного збірно-монолітного перекриття з полістирольними вставками шляхом комплексного аналізу їх впливу на напружено-деформований стан (НДС), матеріаломісткість та техніко-економічні показники.

Результати дослідження. У процесі чисельного моделювання розглянуто чотири варіанти збірно-монолітних перекриттів із полістирольними вставками, що відрізнялися загальною висотою плити (150 і 180 мм), товщиною бетонної полицки (50 і 65 мм) та класом бетону (C16/20 і C20/25).

Розрахунки НДС засвідчили, що максимальні вертикальні переміщення не перевищили допустимих значень навіть у випадку найменшої товщини полицки (50 мм) при використанні бетону класу C16/20. Найменші прогини зафіксовано у варіанті з висотою плити 180 мм і бетоном класу C20/25, що пояснюється підвищеною жорсткістю конструкції. Водночас, варіант із товщиною полицки 65 мм при загальній висоті 150 мм мав більші деформації внаслідок меншої жорсткості бетону.

Аналіз армування показав значну варіативність витрат сталі. Найбільші витрати спостерігалися у варіанті з висотою полицки 65 мм та класом бетону C20/25, де сумарна маса арматури перевищила 335 кг. У варіанті з висотою полицки 50 мм і бетоном C16/20 було досягнуто мінімального значення – близько 205 кг. Важливою є тенденція компенсації між армуванням різних елементів: збільшення витрат у балках-стінках дозволяє зменшити потребу в арматурі полицки та навпаки. Це підтверджує доцільність оптимізації не лише геометрії, а й схеми розподілу арматури.

Обсяги бетону також суттєво різнилися залежно від загальної висоти плити. Варіанти з висотою 150 мм потребували близько 1,7 м³ бетону на 100 м² перекриття, що на 20–25 % менше у порівнянні з плитами висотою 180 мм.

Найменш затратним виявився варіант із загальною висотою 150 мм, товщиною бетонної полицки 50 мм та бетоном класу C16/20. Найдорожчим виявився варіант із висотою 180 мм і полицкою 65 мм, що пояснюється більшим споживанням як арматури, так і бетону. Відносна різниця між найдешевшою та найдорожчою конструкцією становила 16,6 %, що підтверджує суттєвий вплив вибору параметрів на економічність рішення.

Таблиця 1

Техніко-економічне порівняння варіантів перекриття на 1м²

Характеристики	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Клас бетону	C20/25		C16/20	
Висота полицки плити, мм	65	50	65	50
Витрати арматури, кг/м ²	10,84	12,79	11,45	11,21
Витрати бетону, м ³ /м ²	0,315	0,24	0,315	0,24
Вартість арматури (грн)	346,7	409,2	366,6	358,06
Вартість бетону (грн)	946,3	720,4	883,2	720,4
Загальна вартість (тис. грн)	1293,0	1129,6	1249,8	1078,46

Висновки. Виконані дослідження підтвердили ефективність застосування полістирольних вставок у збірно-монолітних перекриттях, що забезпечує зменшення власної ваги до 25 % при збереженні нормативних показників міцності й деформативності. Оптимальними виявилися варіанти з висотою плити 150 мм і мінімальною товщиною бетонної полицки, які демонструють найкраще співвідношення матеріаломісткості, вартості та експлуатаційних властивостей.

Список використаних джерел

1. Мельник І. В., Сорохтей В. М., Кузик О. О. Монолітні плоскі залізобетонні перекриття з пінополістирольними вставками. *Вісник Львівського територіального відділення Академії будівництва України*. 2010. № 5/10 С. 146–153.
2. Бондар А. В., Загіка В. М. Сучасні технології збірно-монолітних перекриттів для реконструкції громадських будівель. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. № 2. С. 35–44.
3. Буцька О. Л., Зезюков Д. М., Махінко М. М., Зінкевич О. Г. Обґрунтування оптимального виду пустотоутворювача в монолітному плоскому перекритті. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 3. С. 3–18.
4. Буцька О. Л., Махінко М. М., Зезюков Д. М. Оптимізація параметрів полегшеного збірно-монолітного перекриття з полістирольними вставками. *Сучасне будівництво та архітектура*. Вип. 12. 2025. С. 43–50.
5. Al-Ahmed A.H.A., Ibrahim F.H., Allawi A.A., El-Zohairy A. Behavior of One-Way Reinforced Concrete Slabs with Polystyrene Embedded Arched Blocks. *Buildings*. 2022. № 12 (3). P. 331. MDPI.
6. Smith J., Johnson L., Wang X. Experimental Study on Reinforced Concrete Slabs with EPS Inserts under Flexural Loads. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 230. P. 117024.

УДК 330.322(477)

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КЛІМАТУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Вакулич М. М., канд. економ. наук, доц., докторант
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
yakulich_maria@ukr.net

Постановка проблеми. В умовах глобальної нестабільності та посилення геополітичних ризиків, Україні необхідно формувати власну стратегію економічного розвитку, яка б враховувала як зовнішні виклики, так і внутрішні можливості. Ключовим елементом такої стратегії має стати інвестиційна політика, спрямована на залучення як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій у пріоритетні сектори національної економіки. Першочерговим завданням є створення сприятливого інвестиційного клімату, що передбачає дерегуляцію економіки, зменшення адміністративного тиску на бізнес, забезпечення захисту прав власності та боротьбу з корупцією. Важливим є ефективний розвиток інфраструктури, зокрема транспортної та енергетичної, що сприятиме зниженню транзакційних витрат та підвищенню інвестиційної привабливості економіки країни. Успішна реалізація стратегії сталого економічного зростання України вимагає консолідації зусиль держави, бізнесу та громадянського суспільства, а також тісної співпраці з міжнародними партнерами. Важливим є забезпечення прозорості та підзвітності у прийнятті рішень, а також постійний моніторинг та оцінка ефективності впроваджених заходів державного рівня.

Мета дослідження. Як свідчить вітчизняна практика, розробка стратегій розвитку окремих видів і сфер діяльності не забезпечує їх збалансованості за ресурсами, часом та пріоритетами. Тому, необхідно розробити комплексний механізм державного регулювання інвестиційного клімату в економіці України, що є можливим крізь призму виокремлення концептуальних особливостей ефективного менеджменту інвестиційного клімату національної економіки. Стратегічне планування має охоплювати визначення чітких пріоритетів економічного розвитку, таких як розвиток високотехнологічних галузей, підтримка малого та середнього бізнесу, стимулювання інновацій та підвищення енергоефективності. Необхідною є розробка та впроваджувати механізми залучення приватного капіталу у реалізацію інфраструктурних проєктів, зокрема через механізми державно-приватного партнерства.

Результати дослідження. Наявність прогалин у розумінні всієї системи управління інвестиційним кліматом національної економіки призводить до фрагментарності та неефективності прийнятих рішень. Недостатня увага до мезорівня, який охоплює регіональні та галузеві аспекти, обмежує можливості формування цілісної стратегії залучення інвестицій. Адже саме на цьому рівні відбувається безпосередня взаємодія між національною економічною політикою та конкретними інвестиційними проєктами, що реалізуються на місцях. Дослідженням проблематики забезпечення ефективного управління інвестиційним кліматом економіки України опікувалось багато науковців [1–4], однак, відсутність врахування взаємозв'язку між макро-, мезо- та мікрорівнями управління інвестиційним кліматом призводить до розбалансування системи. Наприклад, сприятливі макроекономічні умови можуть бути нівельовані неефективною регіональною політикою або ж недоліками в регулюванні стану окремих секторів економіки. З метою створення дійсно ефективної системи управління інвестиційним кліматом необхідно подолати фрагментарний підхід та забезпечити комплексне, інтегроване бачення. Це потребує розробки чіткої ієрархії цілей та завдань на кожному з рівнів управління, а також налагодження ефективних механізмів координації між ними. Виокремлюємо п'ять основних рівнів управління інвестиційним кліматом у національній економіці, а саме: інвестиційний процес; інвестиційна сфера; інвестиційна привабливість; інвестиційний пріоритет; інвестиційна політика держави. Важливим є також врахування специфіки кожного рівня та розробка інструментів, адаптованих до їх потреб. На макрорівні ключовими є стабільність макроекономічної політики, прогнозованість регуляторного середовища та захист прав інвесторів. На мезорівні акцент має бути зроблено на стимулювання регіонального розвитку, підтримку пріоритетних, стратегічно важливих секторів економіки та створення сприятливих умов для реалізації інвестиційних проєктів та програм. Мікрорівень потребує спрощення процедур, забезпечення прозорості та надання консультативної підтримки інвесторам. Лише за умови комплексного підходу, що враховує всі рівні управління та їх взаємозв'язок, можна створити сприятливий стан інвестиційного клімату, який відтворюватиме особливості сучасного економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності України на світовій арені.

Висновки. Забезпечення ефективної державної інвестиційної політики вимагає комплексного підходу, який включає в себе не лише визначення пріоритетних сфер інвестиційної діяльності, а й створення сприятливого інвестиційного клімату. Важливим аспектом є зниження адміністративних бар'єрів, спрощення процедур отримання дозволів та ліцензій, а також забезпечення захисту прав інвесторів. Прозорість державної політики та прогнозованість регуляторного середовища є ключовими факторами для залучення як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій. З метою реалізації рішень щодо створення сприятливого інвестиційного клімату, держава повинна активно стимулювати інвестиційну діяльність за допомогою різноманітних інструментів. Реалізація державної інвестиційної політики неможлива без ефективної системи моніторингу та оцінки її результатів. Необхідно регулярно аналізувати динаміку інвестицій, їх вплив на економічне зростання та соціальний розвиток, а також виявляти проблемні аспекти та вносити необхідні корективи. Важливо забезпечити відкритість та прозорість інформації про державні інвестиційні програми та проєкти для громадськості.

Список використаних джерел

1. Дергач А. В., Кульганік О. М., Чернишова О. О. Розвиток інвестиційного клімату в Україні в умовах війни. *Інфраструктура ринку*. 2022. Вип. 68. С. 218–222.
2. Торбич Б. В., Волос М. В., Гарбуз М. О., Соколов А. В., Солодкий І. С., Якубець М. Р. Принципи покращення інвестиційного клімату в умовах воєнного стану. *Академічні візії*. 2024. Вип. 27. С. 1–7.
3. Вакулич М. М. Адженда концепції управління інвестиційним кліматом в економіці України : практичні рекомендації. *Український економічний часопис*. 2025. № 8. С. 13–17. URL: <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-8-2>
4. Шуплат О. М. Аспекти поліпшення інвестиційного клімату України в умовах євроінтеграції. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2022. № 1 (59). С. 129–137. URL: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2022.2\(60\).129-137](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2022.2(60).129-137)

УДК 669.017:519.21

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
СТАЛІ 20 ПІСЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ

Волчук В. М.¹, докт. техн. наук, проф., Котов М. А.², канд. техн. наук, доц.,
Казярян Д. С.³, аспір., Тимченко І. Є.⁴, аспір.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹volchuk.volodymur@gmail.com, ²38kotokoto38@gmail.com, ³kazaryan@gmail.com,
⁴timchenko@gmail.com

Постановка проблеми У сучасній металургії та матеріалознавстві актуальною проблемою є оптимізація механічних властивостей конструкційних сталей, таких як сталь 20, з метою підвищення їхньої надійності та довговічності в умовах експлуатації. Традиційні методи оцінки властивостей матеріалів вимагають великої кількості механічних випробувань, що є ресурсоемним і часозатратним процесом [1–3]. Застосування теорії фракталів для аналізу мікроструктури матеріалів дозволяє встановити кореляції між фрактальною розмірністю структурних складових та властивостями [4–7]. Це відкриває перспективи для мінімізації експериментальних випробувань і прогнозування властивостей на основі структурного аналізу. Дослідження фокусується на сталі 20, яка широко використовується в промисловості, з метою встановлення залежностей між фрактальними параметрами та механічними властивостями після термічної обробки.

Основна частина. Досліджувалася структура та властивості конструкційної вуглецевої якісної сталі 20 з наступним хімічним складом (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад сталі 20

Елемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Вміст, %	0.17–0.24	0.17–0.37	0.35–0.65	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Область застосування сталі 20 включає труби перегрівачів, колекторів і трубопроводів котлів високого тиску, листи для штампованих деталей, цементовані деталі для тривалої та дуже тривалої служби при температурах до 350 °С. Згідно зі стандартом СТ-ЦКБА 010-2004, критична температура крихкості становить 20 °С. Досліджувався прокат зі сталі 20 товщиною до 60 мм.

Для визначення фрактальної розмірності D феррито-перлітної структури сталі після нормалізації (температура нормалізації для сталі 20 становить 910 °С з охолодженням на повітрі) застосовувався клітинний метод Хаусдорфа (box-counting method): $D = \log(N)/\log(S)$,

де N – мінімальна кількість клітин розміром S , необхідних для покриття досліджуваної множини. Цей метод полягає в накладанні сітки з клітинами зменшеного розміру на зображення структури та підрахунку кількості клітин, що перетинають межі структурних складових. Фрактальна розмірність характеризує складність і нерівність поверхонь розділу фаз, дозволяючи кількісно оцінити мікроструктуру матеріалу. Результати експерименту наведені в таблиці 2.

Фрактальна розмірність перліту D_p позитивно впливає міцність: зі збільшенням D_p (тобто з підвищенням складності та нерівності меж перлітних зерен) межа міцності зростає (рис. 1, а), оскільки перліт є твердішою структурною складовою порівняно з феритом, і його фрактальна структура сприяє кращому розподілу напружень. Навпаки, фрактальна розмірність фериту D_f негативно корелює з межею плинності: зі збільшенням D_f , що описує складність феритної матриці, межа плинності зменшується (рис. 1, б) і його підвищена фрактальність може сприяти легшому поширенню деформацій.

Таблиця 2

Фрактальні розмірності структури та механічні властивості сталі 20 після нормалізації

D перліту	D фериту	Межа плинності, МПа	Межа міцності, МПа
1.92	1.62	270	430
1.87	1.66	265	425
1.81	1.69	262	420
1.80	1.72	260	410
1.85	1.70	255	400
1.79	1.73	250	395
1.72	1.76	245	392
1.76	1.77	240	390
1.75	1.79	235	385
1.72	1.79	230	380

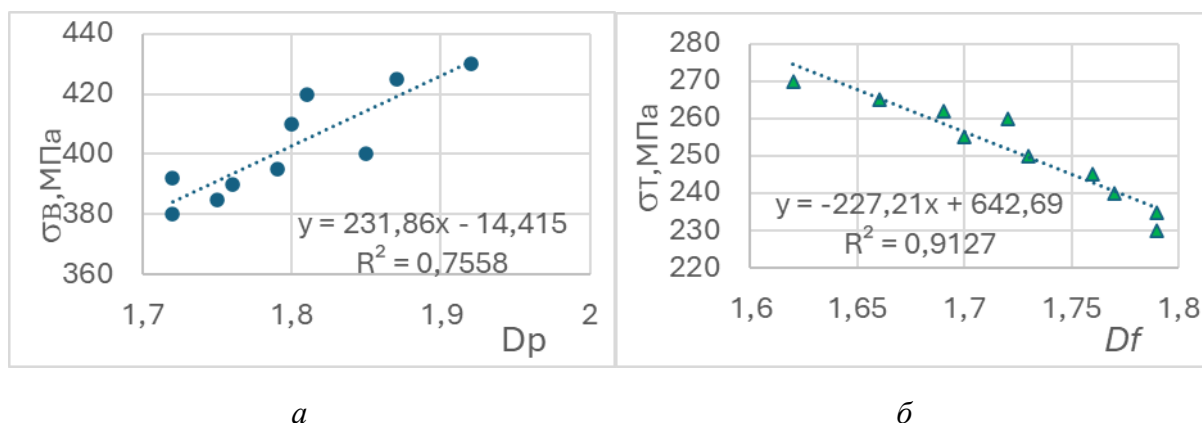


Рис. 1. Зв'язок фрактальної розмірності перліту D_p з межею міцності (а) та розмірності фериту D_f з межею плинності (б)

Висновки. Отримані результати свідчать про можливість застосування теорії фракталів для прогнозування механічних властивостей сталей на основі аналізу їхньої мікроструктури. Це дозволяє звести до мінімуму кількість механічних випробувань, замінюючи їх на швидкий фрактальний аналіз зображень структури. Перспективи включають розробку автоматизованих систем для оцінки властивостей матеріалів у промисловості, що підвищить ефективність виробництва та контроль їх якості.

Список використаних джерел

1. Volchuk V. M., Kotov M. A., Plakhtii Y. G., Tymoshenko O. A., Zinkevych O. H. Investigation of the influence of the heterogeneous structure of concrete on its strength. *Results in*

Material. 2025. Vol. 25. P. 100659. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2025.100659>

2. Mykola Kotov, Volodymyr Volchuk, Oleksandr Konoplianyk, Yevhen Plakhtii, Olena Rabich, Irina Meshcheriakova. Assessment of the Impact of Fractal Dimension of the Fracture Surface of Cement Mortar on its Strength. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 15.11.2023. URL: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312923>

3. Kotov M. A., Volchuk V. M., Zeziukov D.M., Pavlenko T. M. Application of 3D fractal modeling for predicting concrete strength characteristics. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2526. Pp. 020003. 2023. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0115758>

4. Volchuk V. M., Kotov M. A. Fractal express methods evaluation of a breaking stress of concrete. *Journal of Physics : Conference Series. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021)*. 2021. Vol. 1926. Pp. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1926/1/012023>

5. V. Volchuk, V. Bolshakov, M. Kotov, A. Konoplyanik, H. Chaikovska. Influence of the multifractal characteristics of a macrostructure on cement mortar strength. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2678. P. 020024. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0118682>

6. K.M. Vafaeva, N.I. Vatin, D.F. Karpov, V. Romanovski. Monitoring hybrid glass-basalt plastic pipes: a fractal approach to failure analysis, *Materials Research Express*. 2025. Vol. 12. P. 075307. URL: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/adf161>

7. Kotov M. A., Konoplianyk O. Y., Volchuk V. M., Plakhtii Y. G., Plakhtii A. O. Light Structurally Thermal Insulating Concrete with a Wide Range of Applications from Recycled Waste Polypropylene Container. *Adv. Transdiscipl. Eng.* 2023. Vol. 43. Pp. 515–521. URL: <https://doi.org/10.3233/ATDE230758>

УДК 711.11

ПОЛЯРИСИМИ ПІВНОЧІ І ГЕОТЕКТОНІКА В ІСТОРІЇ МІСТОБУДУВАННЯ

Воробйов В. В.¹, канд. арх., доц., **Шило О. С.²**, ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vivavo151151@gmail.com, ²olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Історія містобудування, що презентована у спеціальній літературі, сповнена помилок, пов'язаних із формоутворенням генеральних планів населених місць, включаючи їхню орієнтацію з боків світу [3]. Дослідники еволюції генеральних планів стародавніх міст не враховують багато чого: змін клімату (циклів М. Міланковича та багато інших циклів та закономірностей, що ведуть до того, що маса Землі перерозподіляється через такі природні явища, як зміни океанських течій або конвекція магми в глибинах планети; а також до інших змін ситуації на планеті Земля); змін властивостей атмосфери; зміни планетарної маси біоти; зміни напрямку земної осі; зміни процесів формоутворення орографії та гідрографії, а також дуже багато інших процесів, які в давнину були зовсім іншими. Наприклад, у сучасних дослідженнях «вважається», що орієнтація вулиць та будівель, пов'язана з напрямком на північ, що фіксується Полярною зіркою, була ніби завжди однією і тією ж. Насправді, з прецесії земної осі ролі Полярної зірки у різні епохи виступали зовсім інші зірки [1].

Одночасно зі зміщенням земної осі активувалися або згасали підйоми рельєфу на одних та його опускання на інших місцях. Тобто вимоги формоутворення генпланів міст, властиві на яскраво вираженому рельєфу, виявлялися пізніше на плоскій рівнині.

Тобто, не відповідали ситуації. Але ці незручні моменти не пояснювалися. Або вони замовчувалися. Як замовчувалася не відповідність орієнтації сіток генплану пізнішим напрямкам на Північний полюс. Невідповідності Полярисимам.

Немає зв'язку міст і з напрямком на Магнітні полюси, які також дрейфують в історії. Північний та магнітний полюси – різні явища. Причина такого пояснення проста:

архітектори, які писали ці книги, не знають законів зміни ендегенних та екзогенних процесів, не знають, як вони впливають на формоутворення та орієнтацію антропогенних генпланів міст.

Мета дослідження – розкрити роль Полярисим та неотектоніки у формоутворенні та орієнтації генеральних планів населених місць минулого.

Результати дослідження. Полярисима – видима із Землі зірка, що знаходиться приблизно на осі обертання Землі. Тобто, що знаходиться в Зеніті, якщо дивитися на неї з Північного або з Південного полюса.

Нині розробляються проекти поселень на Місяці, Марсі та інших планетах, кути нахилу осей яких інші. Тому їхні Полярисими інші. Що також враховується під час проектування.

Нині Полярною зіркою для Землі є Альфа Малої Ведмедиці. Вона – Полярисима Північного полюса Світу. Але небесні полюси постійно рухаються через прецесію земної осі. Повне коло прецесії осі Землі робить приблизно за 26 000 років.

Крім прецесії осі Землі в давнину враховувалась і нутація земної осі, що становила 18,6 років. Нею робилися корекції планування міст давнини.

У того ж Місяця на північному полюсі 36 Дракона є Південною Полярною зіркою. А у Венери – Дельта Золотої Риби. Це враховується країнами Космічного клубу при проектуванні поселень на цих планетах. У Марса на південному полюсі Полярисимою є Каппа Вірусів (віддалена на кілька градусів від південного полюса); на півночі Полярисимами є дві зірки Північного хреста – Садр і Денеб.

Попередньою Полярною зіркою Землі була зірка Кохаб (між 1700 до н. е. – 300 р. н. е.). Вона теж знаходиться у сузір'ї Малої Ведмедиці. А до неї цю місію близько 5000 років тому виконувала зірка Тубан (Альфа Дракона). Майбутньою полярною зіркою буде зірка Альраї – Гамма Цефея. Потім – зірка Альдемарін, теж із сузір'я Цефея.

Весь список Полярних зірок для Землі у тезах не наводиться, але він поетапно показує, куди під час місії чергової Полярисими було спрямовано орієнтацію поселень. Як відомо, з орієнтацією пов'язані всі базові морфологічні характеристики структури генерального плану, всі функції щодо його секторів, всі вимоги щодо типів будівель та інші особливості.

Що це дає для формоутворення генерального плану населених місць Землі та інших планетах? Дас облік впливу силових електромагнітних ліній на малюнок сітки вулиць та на планування окремих будівель та споруд. Силові каркаси планет – явище специфічне.

Вони включають магнітні смуги по меридіану (суттєво впливають на гемоглобін у крові людини та на інші процеси); електромагнітні смуги по широтах, зі сходу на захід (сильно впливають на метаболізм в організмі людини, на схильність до видів діяльності), та діагональні гібридні смуги зі своїми формами впливу на людину, на його психіку та фізіологію, на вимоги щодо організації геометрії середовища в населених місцях. Силові каркаси планети теж змінюють свою геометрію за космічними епохами. Таким чином, генплани міст були пов'язані з комплексами енергоінформаційних астропланетарних проекцій.

Серед змін умов створення стародавніх поселень – і постійно діючі тектонічні і неотектонічні процеси. У контексті неотектоніки швидкість підйому одних ділянок суші, у тому числі у місті Дніпро, та опускання інших становить 4–5 см на рік. В інших регіонах ця швидкість вища.

За 100 років центральний міський пагорб у м. Дніпро, наприклад, піднявся на 4 метри. А територія житлового масиву Сонячний опустилася на 4–5 м. Житловий масив Сокіл з'їжджає до річки Дніпро зі швидкістю кілька см на рік. Все це включає підвищення швидкості поверхневої ерозії ґрунтів та інші геофізичні процеси. У тому числі – переформування екосистем та ландшафтів (природно-територіальних комплексів з повним рядом таксонів внутрішньої топологічної диференціації) [2].

Коли розглядаються міста, яким, як стверджують дослідники, багато тисяч років, то не важко екстраполювати їхню геоморфологію, їхній зв'язок з іншими Полярисимами та інші властивості середовища на відповідне тисячоліття. Світи кожного тисячоліття будуть різко відрізняються один від одного. І вимоги щодо формоутворення міст теж – різні.

Висновки. Вивчення містобудівної спадщини минулих епох має базуватися на обліку руху Полярисим, міграції магнітних полюсів, неотектоніки та з пов'язаними з ними циклами підйому та опускання орографічних та гідрографічних структур територій. Від них залежить багато аспектів локації, формоутворення та орієнтації планувальної та функціональної структури міст.

Список використаних джерел

1. Бакулин П. И. Курс общей астрономии. 4-е изд. Москва : «Наука», 1977. 544 с.
2. Трифонов В. Г., Востриков Г. А., Кожурин А. И. и др. Неотектоника и современная геодинамика подвижных поясов. Москва : Наука, 1988. 364 с.
3. Бунин А. В., Саваренская Т. Ф. История градостроительного искусства. Т. 1. Градостроительство. Москва : Стройиздат, 1979. 495 с.

УДК 711.11

МІЛІТАРНІ АСПЕКТИ МІСТ

Воробйов В. В.¹, канд. арх., проф., **Шило О. С.²**, ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vivavo151151@gmail.com, ²olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Мілітарні аспекти народження, життя та смерті міст, а також відродження їх до наступного нового життя у сучасній відкритій літературі з містобудування не розглядаються. Тим часом саме військовий чинник завжди був серед головних під час планування та забудови міст. Він безперервно змінювався і буде вдосконалюватиметься далі.

Мета дослідження. Розглянути прояви мілітарних аспектів міст та їх зміни у сучасному та найближчому майбутньому [1; 2]. Великий обсяг інформації про це поки що має закритий характер. Але деяка її частина все ж таки представлена у відкритих виданнях, але не архітектурного профілю [1–4]. Вона може бути використана для вивчення архітекторами та інженерами-будівельниками різного статусу. Її аналіз є метою даного дослідження.

Результати дослідження. Дуальна система мислення людства завжди породжувала і буде породжувати все нові й нові війни, цикли яких для минулого, сьогодення та майбутнього досить вивчені. У зв'язку з цим генеральні плани міст завжди розглядалися як структури, що рефлексують на сценарії, стратегію та тактику все нових і нових воєн, цілі та види яких відрізнялися за епохами та регіонами планети. Рефлексія починалася від етапу підготовки до війни, і закінчувалася етапом підбиття підсумків воєн після їх завершення, з визначенням долі міста у післявоєнному світі, який, після воєн змінював контури держав, політику та економіку, розподіл націй по континентах. Все це відбувалося одночасно з «тихою» підготовкою до нової майбутньої війни.

Серед базових питань, що підлягають обліку у забудові міст як на рівні всього генерального плану, так і на рівні окремих кварталів та будівель, що вважаються для військових процесів важливими, є питання, пов'язані: із суттю військової доктрини країн, що втягуються у війну; зі структурною організацією збройних сил воюючих країн та структурною організацією військових дій; з концепцією розміщення військовослужбовців та збройних сил країни під час підготовки до війни; з концепціями ведення бойових дій як на рівні всього регіонального театру воєнних дій, так і на рівні місць локальних зіткнень, включаючи вуличні бої; види зброї, їх вражаючі властивості, дистанції та швидкість їх застосування, швидкість їх інженерно-технічного вдосконалення в процесі війни та способи їх використання (включаючи гібридні форми) кожної з країн, що воюють; види стратегічно важливих інфраструктурних об'єктів у місті та передмісті; розрахунки наслідків від ударів по цих об'єктах; схеми мереж об'єктів для виробництва та постачання бойової техніки; схеми мереж об'єктів логістики задля забезпечення військових дій; схеми систем захисту цивільного населення від військових ударів (відповідні будинки, споруди та інші елементи); схеми

систем евакуації цивільного населення із міста, на території якого йдуть бойові дії; способи прогнозування та планування всіх видів військових операцій на території міста; види структурно-функціональної організації збройних сил та їх складових та способи використання цих структурних одиниць в умовах військових операцій у передмісті та в місті; інші. Для вирішення кожного із завдань у генеральному плані міста, і навіть навколо міста, призначалися відповідні види наземних і підземних будинків та споруд, доріг та інших об'єктів, геометрична форма яких, розміри, і навіть відстані між собою визначалися просторово-часовими можливостями бойових операцій [2; 3].

У військовій науці існує поняття «міський простір бою». У війні місто важливе як система, що включає місцевість, населення та інфраструктуру, що поєднує ці два елементи в єдине. Класичного площинного уявлення про традиційне «поле бою» (фронт, тил, фланги) для міста не застосовується. Бої у місті ведуться у просторових вимірах.

До характеристик довжини та ширини додається висота та глибина. Міський простір бою включає п'ять елементів: повітряний простір над містом; суперповерхня (дахи будинків); інтроповерхність (всі поверхи будівель); поверхня (позначка землі-вулиці, площі); субповерхня (підземні споруди) [1; 4].

Бої у місті характеризуються американськими військовими експертами як «бої в пеклі» (бої на кожному поверсі, у кожному будинку, у кожному підвалі, на кожному даху). На очах у солдатів гине і місцеве населення. Руйнування міст завжди перетворюватиметься на гуманітарну катастрофу для мирного населення.

У результаті локація міст і дрібніших поселень, а також регіональні планувальні структури навколо них, що пов'язані з сировинними ресурсами, у контексті мілітарності враховувала: крок вулиць, адаптований до тактики бою; передбачувані напрями руху військ під час нападу противника, а також під час захисту міста; характер та схеми вуличних боїв; за несприятливих умов – етапи виведення своїх військ із міста; моделі перетворення міста на беллігеративні ландшафти, аж до повної руйнації забудови армією противника; схеми подальшого визволення зруйнованого міста; моделі можливого створення післявоєнної схеми розміщення населених місць із оновленням поселень чи відмовою від їх існування у майбутньому. Будь-яка війна подібна до хамелеона. Вона під час свого існування змінюється постійно [3].

Висновки. Аналіз мілітарного мислення древніх і сучасних цивілізацій показує: війни зникнуть Землі лише тоді, коли людство перейде з двоїстого, дуального мислення, на мислення, у якому двоїстість буде відсутня. Це інший шлях існування Людства, заснований на принципово новому розумінні поняття «Свідомості», яке вже зараз проглядається у квантовій фізиці та інших сучасних науках. Поки цього не станеться, мілітарні аспекти життя міст продовжать удосконалюватись.

Війни нових поколінь будуть «розмитими», тривалими, жорстокими, високотехнологічними, з великою кількістю прихованих масових форм поразки населення та військової сили, з повною, а не частковою руйнацією держав. Пов'язано це з тим, що використовуватимуться принципово нові види зброї, які за хвилини або за години руйнують навіть не міста, а цілі регіони (сейсмічне, кліматичне, космічне та багато інших).

Список використаних джерел

1. Бредли Аллен Фиське. Мистецтво ведення війни. Еволюція тактики і стратегії. Київ : Арій, 2024. 336 с.
2. Макфейт Шон. Нові правила війни. Перемога в епоху тривалого хаосу. Київ : Наш Формат, 2023. 256 с.
3. Фон Клаузевиц Карл. Найважливіші принципи ведення війни. Київ : Арій, 2023. 384 с.
4. Фридман Б. А. Військові операції : оперативне мистецтво та військові дисципліни. Київ: КНТ, 2024. 300 с.

УДК 711.11

ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛЕННЯ КЛІМАТУ ЯК ФАКТОР МАЙБУТНЬОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ МІСТ

Воробйов В. В.¹, канд. арх., проф., **Шило О. С.²**, ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vivavo151151@gmail.com, ²olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Глобальне потепління клімату, що помітно проявило себе протягом ряду попередніх десятиліть і продовжує наростати, веде до кардинальної зміни умов життя в природних та антропогенних системах.

Територія України не є винятком. Прогнози підвищення температури описані у спеціальній літературі. Відбудуться зміни у структурі біоти та екосистем, спроститься сітка меж ландшафтів (фізико-географічних районів), а також усі внутрішньо ландшафтні топологічні ряди.

Багато територій перейде в категорію напівпустель, а лісові зони – навіть не в лісостеп, а в степ, з високою температурою повітря (у тіні = +50 градусів за Цельсієм). Зміниться структура ґрунтів, гідрографія, та фізико-географічні процеси. Зміниться сільське господарство, а також інші види діяльності, пов'язані з природними ресурсами.

Колишні підходи до них будуть не адекватними жаркому клімату. Фізіологія людини за такої спеки почне здавати збої. Висока температура повітря стане смертельно небезпечною. Дощі зникнуть. Активізується сейсміка, регулярними стануть урагани, торнадо та смерчі.

Таяння льодів Арктики та Антарктики, яке вже почалося, призведе до підйому води у Світовому океані та затоплення значної частини континентів.

Доведеться переглядати саму структуру системи розселення людства по Землі і концепцію організації нових міст майбутньої Ери спекотного клімату, що веде до зміни основ життя людської цивілізації на планеті.

Актуалізація цих завдань за оцінками фахівців розпочнеться вже у найближчі десятиліття та охопить період у кілька тисяч років. Тобто це вже проблема не віддаленого майбутнього, а виклик нашого часу

Мета дослідження. Розкрити найбільш важливі аспекти трансформації міст, що існують у спекотному кліматі нової моделі, а також міст, що знову зводяться на не затоплених територіях.

Результати дослідження. Кардинальна зміна клімату в історії нашої планети відбувалася багаторазово. Вона повністю змінювала харчовий раціон всіх живих організмів, сприяла виникненню їх нових видів та зникненню значної частини колишніх. Щось подібне розпочнеться і внаслідок сучасної аридизації клімату.

Історія містобудування свідчить майже про те саме, але своєю мовою. Вона показує, що міста реагували на стрибки клімату та пов'язані з ними природні катастрофи, які були пов'язані зі зміною екзогенних процесів, що визначали зміни та в ендегенних процесах [1].

Зміни в генеральних планах міст завжди були пов'язані, наприклад, з прецесією земної осі, з моделями неотектоніки, з циклами активності Сонця та ряду інших космічних факторів впливу, які за сукупністю формування на поверхні Землі та в її глибинах особливі силові енергоінформаційні матриці астропланетарних проекцій, які можна вважати якоюсь подобою регіонально-планувальної та містобудівної космопланетарної палетки. Вона задає морфологічні зміни малюнка системи населених місць на території окремих держав та континентів, включаючи правила створення трансконтинентальних, національних, регіональних та локальних смуг розселення; функціональних та планувальних схем генеральних планів міст; принципи організації структури забудови; функціональні типи та морфологічні характеристики окремих типів будівель; морфологію зв'язкових структур (у тому числі вулиць та площ, спеціальних комунікаційних коридорів іншого типу) у містах; принципи територіального розвитку «плям» міст; принципи планувальної диференціації території у приміських зонах; інші містобудівні особливості [1; 2].

Інтеграція знань минулих епох і сучасних наук дозволила усвідомити, що міста майбутньої Ери жаркого клімату можна створювати вже не такими, якими вони існують зараз, тобто належать до Ери клімату, а отже будуть не прийнятні для використання в Спекотному Майбутньому. А створювати на деяких нових інтегральних науково-прикладних засадах, які зараз перебувають у стадії розробки. Вони повністю відповідають завданням вписування в екологію майбутнього [1; 2].

Відповідно до розробок авторів тез, Вісірування (від терміна «вісь») – ключова технологія антенувальних міст Ери жаркого клімату, призначена для екобудівель та екопоселень, в яких геометричні абриса та внутрішнє планування об'єктів утворюються як проекції форм, опущених у задану точку на рельєфі з тих чи інших вище існуючих вимірювань, які, у свою чергу, знаходяться в енергоінформаційному резонансі з конкретною людиною та її сім'єю. Антенуюче проектування є будівництвом на Вісіруванні (технології багатовимірної резонансної настройки) системи «людина – будівля – крапка на рельєфі – вищий простір, що йде з резонансним числом вимірювань» [1; 2].

Цей ланцюжок абсолютних відповідностей є антеною космопланетарного зв'язку в екосистемі.

Розроблювані авторами тез наукові напрями, що формують антенувальне проектування екологічних архітектурно-містобудівних об'єктів, містять низку розроблених Воробйовим В. В та Шило О. С. наук, серед яких важливими є морфоногліфологія; планувальна інтерферометрія; містобудівна планифонія; архітектурно-містобудівна мандалологія; теорія трансконвертаційної тріалектичної екоархітектури та екомістобудування; симбіотична екоархітектура та екомістобудування; архітектурно-містобудівна мандорологія; теорія архітектурно-містобудівної екометрії; теорія багатовимірної архітектури та містобудування; теорія антенуючого проектування; інші. Вони стануть основою містобудівної парадигми майбутнього [1; 2].

Висновки. Глобальне потепління клімату як чинник майбутньої трансформації міст призводить до необхідності створення таких нових типів, функціонально-планувальні та інші багатовимірні морфологічні структури яких повинні відповідати правилам морфрезонансного вписування в просторово-часові матриці зв'язкових систем нової астропланетарної епохи.

Список використаних джерел

1. Воробйов В. В. Екополіс. Світ Зоряного майбутнього. Дніпро : Журфонд, 2020. 812 с.
2. Воробйов В. В., Шило О. С. Нове розуміння основ формування архітектурно-містобудівного середовища під час створення об'єктів на Землі та інших планетах. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 1. С. 28–43.

УДК 711.11

НОВІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТУ І КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОПОЛІСІВ

Воробйов В. В.¹, канд. арх., доц. **Шило О. С.²**, ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vivavo151151@gmail.com, ²olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Нові властивості світу створюються групою змін у природних та антропогенних підсистемах. Серед змін важливе місце займає трансформація природно-кліматичних умов у бік підвищення активності космічних чинників впливу планети (нові частоти випромінювань, нові види випромінювань, нова комбінаторика випромінювань, нові види реакції планети ці випромінювання). Включаючи реакції біоти та людини у її складі. Як наслідок – перебудова матриць екосистем та пов'язаних з ними сіток меж фізико-

географічних районів із внутрішніми топологічними таксонами. Що, у свою чергу, веде до зміни моделей фізіології людського організму, зміни моделей рефлексій людей на зовнішнє середовище. До зміни потреб у морфометричних характеристиках архітектурно-містобудівних просторів, видів діяльності у них, видах та щільності комунікацій. Раніше сформовані класифікації екополісів втрачають актуальність [1–3]. Вони мають бути замінені новими класифікаціями.

Мета дослідження. Показати можливі підходи до нових класифікацій екополісів, створюваних з урахуванням дуальності мислення, з наступним переходом на безопорне (ЄДИНЕ, не розділене на бінарність типу «так» – «ні») мислення та адекватне йому розуміння суті людини у екополісі.

Результати дослідження. Будь-яка зміна принципів ставлення людини до себе і до світу завжди веде і веде до зміни уявлень про власне життя, про власне житло та місто. Класифікація екополісів має базуватися на змінах екосистем. І на способах адекватного вписування до них самого екополісу [1–3].

Строго кажучи, у колишніх підходах до вписування цього вписування не створено жодного разу. Натомість запропоновані міста, що екологізуються, що подавалися в публікаціях як екологічні, але такими не були спочатку через відсутність правила відповідності структурних елементів морфології та іншим властивостям екосистем. Включно з правилом збереження містом просторово-часової динаміки (циклічної оборотності) та еволюції (незворотності) функціонування екосистем. Тобто жодного вписування не було.

Парадокс у тому, що й самі екосистеми не гармонійні [1]. Вони – продукт насильницького вторгнення людини у природу. Нині всі вони кардинально змінюються.

В результаті, нові класифікації екополісів повинні спиратися на нові концепції трансформації екосистем (в екополісах це визначить нову структурно-планувальну диференціацію територій міста не на житлові райони, мікрорайони, житлові групи та квартали, а на нові фармації, що наслідують принципи територіальної диференціації нових екополісів. Ці фармації створюють нові системи екосистемних зв'язкових сіток у сітках багатовимірного функціонування екосистем та екополісу, що створюється за законами просторової організації на ареали нових симбіозів. Екополіси повинні стати симбіоекополісами) [1–3].

Другий підхід до класифікації екополісів – класифікація на основі модуляції циклів астропланетарних процесів. Кожному циклу властиві свої моделі обмінних енергоінформаційних потоків між Землею і космосом і адекватні їм схеми планування екополісів [1].

Генеральний план екополісу з цієї точки зору має створюватися як генплан – антена такого типу, який відповідає прийому та передачі енергоінформаційних обмінних потоків у циклі (включаючи генплани-решітки антени з вузько спрямованим діапазоном та з круговим діапазоном спрямованості енергоінформаційних потоків) [1].

Таким чином, цю класифікацію екополісів можна назвати **ТЕМПОРАЛЬНОЮ** класифікацією з управління часом.

Класифікація екополісів на основі **ЕНЕРГОІНФОРМАЦІЙНОГО** зонування його території. Пов'язана з роллю екополісу у новому силовому каркасі планети, зокрема – з локацією екополісу на елементах цього каркасу [1].

Саме цей аспект призводить до розуміння можливості створення **ПЛАНІФОНІЇ** генерального плану екополісу, або, інакше, на основі **МУЗИКИ НЕБЕСНИХ СФЕР**. Цю класифікацію можна назвати **МУЗИЧНОЮ**, на основі містобудівної планифонії [1].

Класифікація на основі **НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕЇ ЕКОПОЛІСУ**, яка змінюється за циклами та відповідає на базові питання (як і на рівні національної ідеї країни): що цей соціум може і має дати Світу? (СПОЧАТКУ – ДАТИ!!!). Що соціум може взяти від світу? І – навіщо? Тобто якою є місія соціуму на планеті? І у Всесвіті [1].

КОЛЬОРОВА класифікація екополісів. Довжина хвилі електромагнітного спектра завжди пов'язана з кольором та психофізіологічними ефектами як рефлексіями людині на колір. Від довжини хвилі залежить успішність кожної людини в екополісі, а також успішність всього соціуму цього екополісу [1].

Авторами розроблено й низку інших класифікацій об'єктивних екополісів. Насправді такі класифікації теж дозволена самою Землею як планетою. Вони вперше не антропоцентричні, не геоцентричні та не космоцентричні. Усі вони підводять до необхідності переходу до БЕЗОПОРНО-ГОЛОГРАФІЧНОЇ, НЕ ДУАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕКОПОЛІСІВ І РОЗУМІННЯ НАЙСУТНІШІ ЛЮДИНИ І ЙОГО ЖИТТЯ, що в даний час активно досліджується квантовою фізикою.

Висновки. Перехід просторово-часового континууму на новий статус, веде до перегляду класифікацій екологічних міст. Нові класифікації спираються нові правила об'єктивного, а чи не антропоцентричного та інших варіантів взаємодій людей із середовищем. У результаті все нові класифікації ведуть до необхідності розгорнути дослідження, спрямовані на одержання розуміння БЕЗОПОРНОГОЛОГРАФІЧНОЇ (НЕ ДУАЛЬНОЇ) ЦИВІЛІЗАЦІЇ МАЙБУТНЬОГО.

Список використаних джерел

1. Воробйов В. В. Екополіс. Світ Зоряного майбутнього. Дніпро : Журфонд, 2020. 812 с.
2. Воробйов В. В., Шило О. С. Екологізоване місто та екологічне місто : подібності та відмінності. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 3. С. 62–75.
3. Воробйов В. В., Шило О. С. Нове розуміння основ формування архітектурно-містобудівного середовища під час створення об'єктів на Землі та інших планетах. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 1. С. 28–43.

УДК 693.2

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ TEACHABLE MACHINE

Гайдар А. М.¹, канд. техн. наук, доц., Дікарев К. Б.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹nastuel_gaidar@pdaba.edu.ua, ²kdikarev@ukr.net

Постановка проблеми. Кам'яні конструкції протягом століть залишаються основою багатьох архітектурних і інженерних споруд завдяки своїм високим експлуатаційним характеристикам – міцності, довговічності та стійкості до впливу навколишнього середовища. Проте з роками під дією атмосферних явищ, змін температурного режиму, механічних навантажень і техногенних факторів в них виникають різноманітні ушкодження – мікротріщини, розшарування, деформації та інші дефекти, які можуть призводити до поступової втрати функціональності або навіть руйнування споруд [1; 2]. У зв'язку зі зростанням потреби в обстеженні історичних пам'яток, старих будівель і технічних об'єктів, актуальність ефективного виявлення пошкоджень у кам'яних конструкціях постійно зростає. Традиційні методи діагностики, які базуються на візуальному огляді та досвіді фахівців, часто є недостатньо точними, трудомісткими та суб'єктивними [3]. Саме тому впровадження інноваційних технологій, зокрема штучних нейронних мереж, відкриває нові можливості для автоматизованого, швидкого та більш достовірного виявлення дефектів. Інтеграція штучного інтелекту в процес технічного моніторингу дозволяє значно підвищити ефективність оцінки стану конструкцій, мінімізувати людський фактор та забезпечити раннє виявлення потенційно небезпечних ушкоджень. Таким чином, дослідження, що спрямовані на розробку інтелектуальних систем діагностики кам'яних споруд, мають високу практичну значущість і відповідають сучасним викликам у сферах будівництва, реставрації та забезпечення техногенної безпеки.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробка та впровадження інтелектуальних моделей на основі штучних нейронних мереж, орієнтованих на

автоматизоване виявлення дефектів кам'яних конструкцій, їх ідентифікацію та класифікацію відповідно до морфологічних ознак і динаміки розвитку пошкоджень, що у свою чергу забезпечить підвищення точності діагностики та ефективності моніторингу технічного стану будівельних об'єктів.

Результати дослідження. У процесі дослідження було застосовано вибірку, що складалася з 3670 цифрових зображень, розподілених рівномірно між п'ятьма групами: наявність тріщин, деформації у вигляді випучування, руйнування зовнішнього шару, випадіння окремих елементів кладки та знімки без ознак пошкоджень. Для уніфікації даних усі фото були приведені до єдиного формату розміром 255×255 пікселів. Далі датасет було розділено на дві частини: навчальну (близько 80–85 % від загальної кількості), що використовувалася для формування моделі, та тестову (15–20 %), призначену для оцінки ефективності розпізнавання нових, раніше невикористаних зображень. На етапі навчання нейронна мережа опановувала механізми класифікації та формувала внутрішні зв'язки, необхідні для прийняття рішень. У результаті було створено інтелектуальну діагностичну систему, що функціонує на основі згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN). Вона здатна автоматично ідентифікувати характерні візуальні ознаки пошкоджень кам'яних конструкцій за даними цифрової зйомки [4; 5]. Для навчання було сформовано спеціалізований датасет із високоякісними анотованими прикладами дефектів. Навчання моделі здійснювалося за допомогою платформи Teachable Machine, яка забезпечила інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для побудови та налаштування архітектури без необхідності ручного програмування. Після завершення навчального процесу мережа пройшла перевірку на незалежній вибірці, що дозволило визначити такі ключові показники її роботи, як точність, повнота, специфічність та здатність до узагальнення результатів у реальних умовах експлуатації [6].

Висновки. У роботі доведено результативність застосування штучних нейронних мереж для автоматизованого виявлення дефектів кам'яних конструкцій. Розроблена модель успішно ідентифікує різні види пошкоджень, що дозволяє істотно скоротити необхідність у традиційному візуальному обстеженні спеціалістами. Використання хмарної платформи Teachable Machine дало змогу швидко створити та навчити нейронну мережу без потреби у поглиблених знаннях програмування, що значно полегшує впровадження таких рішень у практику технічної діагностики. Отримані експериментальні дані підтвердили високу точність моделі у класифікації поширених дефектів (зокрема тріщин та ерозійних ушкоджень), що засвідчує надійність та практичну цінність запропонованого підходу. Запропонована методика може бути інтегрована у системи моніторингу технічного стану як сучасних, так і історичних об'єктів із кам'яних матеріалів, зокрема мостів, фасадів, підпірних стін та інших елементів інфраструктури. Результати дослідження створюють основу для подальших наукових робіт, спрямованих на вдосконалення систем технічного контролю та розширення функціональних можливостей моделей глибинного навчання у будівельній сфері.

Список використаних джерел

1. Гриньова І., Далібор К., Желько К., Петріман В. Несуча здатність пошкоджених кам'яних конструкцій. *Молодий вчений*. 2020. № 5. С. 44–48.
2. Kourkoulis S. Fracture and Failure of Natural Building Stones : Applications in the Restoration of Ancient Monuments. Research Gate. 2021.
3. Kim H.S., Lee J.H. Inspection and Defect Diagnosis System for Natural Stone Cladding. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2012. Vol. 24 (11).
4. Новотарський М. А., Нестеренко Б. Б. Штучні нейронні мережі : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 184 с.
5. Збірник самарі з нейронних мереж та штучного інтелекту. Упоряд. В. І. Мельник. Київ : Наукова думка, 2020. 92 с.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge : MIT Press, 2016. 775 p.

ДЕФОРМАТИВНІ ЯВИЩА У ФУРАНОВИХ КОМПОЗИТАХ

Ганник М. І.¹, канд. техн. наук, доц., Мартиш О. П.², канд. техн. наук, доц.,
 Мартиш О. О.³, канд. техн. наук, доц.

¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹gannyk.mykola@pdaba.edu.ua, ²martysh.oleksandra@pdaba.edu.ua,

³martysh.oleksandr@pdaba.edu.ua

Дослідження деформацій у фуранових полімербетонах, які мають наповнювачі із щебню, битої кислототривкої цегли на гранітному щебні, група дослідників кафедри технології будівельного виробництва проводила на зразках 100×100×400 мм, які пройшли термообробку і затверділи в нормальних умовах по методиці НДІЗБ [1]. Деформації усадки вимірювали по вісі зразка на двох протилежних гранях індикатором годинникового типу з позначкою ділення 0,001 мм. Початкові заміри проводили через добу після формування зразків. Надалі остання частина зразків кожного виду підлягали термообробці, інші отверджували в нормальних умовах. Заміри деформації усадки спочатку проводили кожну добу, а потім один раз на тиждень. Відносні деформації усадки фуранового полімербетона на щебні із битої кислототривкої цегли і на гранітному щебні визначалися по відомим формулам.

Із аналізу отриманих даних виходить, що незворотня остаточна усадка фуранового полімербетона, отвердженого шляхом прогріву, проходить тільки під час термообробки і охолодження зразків і складає для полімербетона на щебні із битої кислототривкої цегли 0,48 мм/м, а для полімербетона на гранітному щебні – 0,46 мм/м. Така усадка являється результатом остаточного ущільнення молекулярної структури при конденсації фуранової смоли. Незворотня остаточна усадка полімербетона на фуранових смолах і щебні із битої кислототривкої цегли, отвердженого в нормальних умовах, складає 0,46 мм/м, а для полімербетона на гранітному щебені – 0,42 мм/м.

Таким чином, проведені дослідження показують, що величина усадки залежить від умов отвердження і складу полімербетона.

Усадочні напруги, що виникають в полімербетоні при його отвердженні (тобто при фазовому переході полімерної композиції із рідкої в тверду), являються одним із важливих критеріїв, що визначають його надійність і тривалу експлуатаційну міцність.

Усадочні напруги в полімербетоні обумовлюються зближенням молекул фуранової смоли в процесі реакції поліконденсації, утворенням жорстких структур та їх високим адгезивним зв'язком з частинками твердої фази мікронаповнювача, а також втратою в процесі реакції поліконденсації фуранової смоли летючих речовин.

Усадочні напруги полімербетона, що виникають в процесі реакції поліконденсації фуранової смоли, достатньо великі і можуть перевищувати допустимі, що призводить до порушення монолітності конструкції за рахунок появи мікро- і макротріщин.

Джерелом виникнення в полімербетоні внутрішніх усадочних напруг являється наявність в композиції жорсткої структури з високим модулем пружності. Збільшення ступеня наповнення полімерних композицій проходить за рахунок того, що частки активного наповнювача (андезитового борошна) стають центрами, навколо яких утворюються упорядковані жорсткі структури з високим модулем пружності.

В процесі стабілізації внутрішніх структурних перетворень в полімербетоні мікродеформації трансформуються в макродеформації полімерного каменю.

При усадці полімерного каменю в місцях, де відстань між зернами заповнювача і в прилягаючих до них поверхневими шарами полімерного каменю найменші, виникають тангенціальні розтягуючі і радіальні стискуючі напруги, які зменшують його усадку.

Розтягуючі напруги сприяють утворенню в полімерному камені мікротріщин. Чим ближча відстань один до одного зерен заповнювача, тим значніші напруги і менші деформації усадки полімерного каменю.

Вплив заповнювачів на усадочні деформації полімерного каменю викликається виникненням розтягуючих напруг в місцях найбільшого зближення зерен заповнювача. При значній відстані між зернами заповнювача власна усадка полімерного каменю проявляється в більшій мірі, вона залежить від щільності прилягання частин мікронаповнювача і товщини на них полімерної плівки.

В полімерному камені – мікрополімербетоні величини напруг розтягнення змінюються також від відстані між ядрами частин мікронаповнювача, а саме: чим більше $(\rho/\eta)_{\text{ост}}$ і менше $K_{\text{н.г.}}$ полімерного тіста, тим значніша усадка, при $(\rho/\eta)_{\text{ост}} = \text{const}$ усадка тим значніша, чим більше $K_{\text{н.г.}}$. При появі мікротріщин порушується «Суцільність» полімерного каменю. Внаслідок цього проходить перерозподіл внутрішніх напруг, уповільнюється розвиток деформацій: усадка і процес утворення тріщин. В цьому проявляється «армуюча роль» заповнювачів.

З зменшенням розміру заповнювачів деформація усадки полімербетона зростає і мікротріщини розподіляються дискретніше по всьому його об'ємі. В мікрополімербетоні ці явища проявляються ще в більшій мірі.

В полімербетоні на пористих заповнювачах (щебні із битої кислототривкої цегли) зберігається аналогічний механізм деформації усадки, але через відносно низький модуль пружності заповнювачів полімербетона на такому заповнювачі присутні при інших рівних умовах великі усадочні деформації і відносно висока тріщиностійкість. Змінити деформацію усадки і тріщиностійкість полімербетона в якійсь мірі можна відповідним підбором складу полімербетона і технологічними прийомами ущільнення полімербетонної суміші.

Усадочні деформації полімербетона на щільних і пористих заповнювачах можна значно знизити або зовсім усунути, якщо на завершальній стадії формування його структури псевдорозріджувати полімерне тісто. В цьому випадку після відновлення його структурної зв'язності деформації (контракційного походження), що сприяли зародженню мікротріщин в полімерному камені при його твердінні, знову не виникають, тому що основна частина енергії активації усадочних деформацій проявилась на стадії структуроутворення полімерного тіста.

Оскільки в мікронаповнювачі полімербетона міститься значна кількість високодисперсних фракцій (розміром 1 мкм і менше), усадка мікроструктури полімерного каменю буде тим більша, чим вища дисперсність мікронаповнювача, тому що в цьому випадку превалюють другорядні ван-дер-вальсові сили взаємодії, що ведуть до неухильного підвищення усадки полімерного каменю.

Із наведеного виходить, що причина, яка викликає усадочні деформації полімерного каменю, знаходиться в структурних трансформаціях, що проходять при перетворенні вязкопластичного полімерного тіста в кам'яноподібний стан і визначаються якісними і кількісними змінами, що проходять при формуванні структури полімерного каменю в залежності від масо- і теплообмінних процесів.

Полімербетон від усадки полімерного каменю деформується менше, тому що цьому запобігають зерна заповнювача, що сприймають частину внутрішніх напруг.

Величина максимальних усадочних напруг армованих полімербетонів в МПа визначається по відомій формулі. Максимальна усадка для полімербетона на термореактивних фуранових смолах складає приблизно 1 мм/м.

Список використаних джерел

1. Гусев В. І. Методичні рекомендації по дослідженню усадки і повзучості бетону. Київ : НДІЗБ, 2005. 41 с.

УДК 624.971:624.014.2:620.19

УЗАГАЛЬНЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ АНТЕННИХ СПОРУД ЗВ'ЯЗКУ, ВИКЛИКАНИХ ВОЄННИМИ ДІЯМИ

Гасенко А. В.¹, докт. техн. наук, доц., Падун Ю. О.², аспір.

^{1,2}Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹gasentk@gmail.com, ²jurij.padun@gmail.com

Постановка проблеми. Одним з основних завдань стільникових операторів мобільного зв'язку в умовах війни є надання якісного та стабільного доступу абонентів до мережі, що тягне за собою оперативне реагування на можливі пошкодження та руйнування антенних споруд зв'язку внаслідок бойових дій. Викладений матеріал стосується узагальнення можливих пошкоджень антенних споруд споруд зв'язку, що виникли в результаті воєнних дій.

Мета дослідження. Є узагальнення типів пошкоджень та руйнувань, яких зазнали антенні споруди зв'язку внаслідок бойових дій, цілеспрямованих спроб руйнування та диверсійного виведення з ладу телекомунікаційного обладнання на основі виконаних технічних обстежень об'єктів мережі ПрАТ «Київстар» та ПрАТ «ВФ Україна» в Харківській та Херсонській областях протягом 2022–2025 років.

Результати дослідження. Зіткнувшись з наслідками ракетно-бомбових ударів по цивільній інфраструктурі міст України, телекомунікаційна мережа стільникових операторів зв'язку не стала виключенням. Зазнає пошкоджень та руйнується не тільки телекомунікаційне обладнання та кабельно-фідерні траси, а й несучі конструкції антенних споруд. Якщо замінити обладнання в стислі терміни цілком можливо, то з відновлення несучих конструкцій антенних споруд зв'язку ситуація набагато складніше та вимагає довготривалого процесу відновлення або підсилення. Слід також зазначити, що конструкції антенних споруд дуже чутливі до вибухових навантажень та до пошкоджень металоконструкцій від ураження уламків снарядів [1]. У таблиці 1 проаналізовано найпоширеніші типи пошкоджень та руйнувань, яких зазнали несучі конструкції антенних споруд зв'язку внаслідок бойових дій, цілеспрямованих спроб виведення з ладу телекомунікаційного обладнання. Проаналізовані пошкодження антенних споруд зібрані на основі обстежень, проведених авторами протягом 2022–2025 років [2]. Висновки з аналізу пошкоджень зазначені в останніх двох стовпчиках таблиці 1.

Таблиця 1

Огляд пошкоджень антенних споруд зв'язку, викликаних воєнними діями

№	Архітектурно-конструктивне рішення антенної споруди зв'язку	Характеристики пошкодження:			Категорія технічного стану	Рекомендації з відновлення
		причина	місце	опис		
1	2	3	4	5	6	7
1	Вежа висотою 60 м є просторовою решітчастою спорудою з 11-ти секцій у вигляді зрізаної піраміди трикутного поперечного перерізу. Грані вежі – плоскі ферми з ромбічною і трикутною з розпірками решіткою з сталевих труб різного діаметру.	влучання FPV-дрона	відм. +36,0...+48,0 м (секції С7-С8)	наскрізні отвори (Ø20-50 мм), розриви труб поясів, розпірок та розкосів вежі	див. табл. 1 (завершення)	див. табл. 1 (завершення)
2	Комбінована опора Н = 42 м. У нижній частині застосована конічна залізобетонна стійка СК26.2-1.1 висотою 26 м. На висоті 20 м від поверхні землі на неї встановлена просторова решітчаста чотирикутна призма висотою 22 м, виконана з труб та круглої сталі.	влучання уламків мінометного снаряду	відм. +35,0 м (секція С3 надставки)	перерізано два з 4-х поясів, численні наскрізні отвори в трубчастих поясах сталевих надставок	воєнними діями, становлять безпосередню небезпеку руйнування антенних споруд зв'язку навіть без досягнення розрахункового значення відношення навантаження до допустимого навантаження та секцій з дотриманням просторової геометрії та часткового демонтажем верхньої секції, оскільки підсилення окремих вузлів та елементів є малоефективним та тимчасовим рішенням і не	

3	Вежа Н = 60 м у вигляді зрізаної піраміди трикутного поперечного перерізу. Грані вежі являють собою плоскі ферми з напіврозкісною решіткою, елементи яких виконані зі сталевих кутиків.	влучання снаряду	відм. +50,0... +60,0 м	деформації поясів, руйнування фланців, решітки
4	Вежа Н = 70 м у вигляді зрізаної піраміди трикутного поперечного перерізу. Гранями вежі є плоскі ферми з ромбічною і трикутною з розпірками решіткою, виконані зі сталевих труб різного діаметру. Вежа складається з 12-ти секцій; з'єднання секцій фланцеві.	влучання уламків мінометного снаряду	відм. +60,0... +70,0 м	деформації та вм'ятини в поясі, руйнування та розриви розкосів секцій вежі
5	Вежа Н = 60 м у вигляді зрізаної піраміди чотирикутного перерізу з ромбічною зі шпренгелями решіткою до відмітки +20,000, з ромбічною решіткою від відмітки +20,000 до відмітки +48,000, хрестовою з відм. 48,000, виконані зі сталевих кутиків. Вежа складається з 11-ти секцій, з'єднання секцій болтове.	влучання 2-х дронів-камікадзе типу «шахед»	відм. +25,0... +70,0 м	наскрізне руйнування решітки С8-С11 секцій вежі. Вигин поясу секції С7 та утворення вм'ятини
6	Вежа Н = 12 м, встановлена на даху будівлі, трикутного поперечного перерізу з напіврозкісною та розкісною решіткою, елементи яких виконані із труб та кутиків. Вежа складається з 6-ти секцій, з'єднання секцій фланцеві. Спирається вежа на опорну раму зі швелерів.	ураження уламками шрапнелі	відм. +0,0... +3,0 м	послаблення балок наскрізним розривом (d=10-30 мм), розрив шпильки опорної рами

Список використаних джерел

1. Семко О. В., Гасенко А. В. Небажаний перерозподіл зусиль в пошкоджених будівельних конструкціях та заходи щодо його усунення. *ПЕРЕМОЖЕМО – ВІДБУДУЄМО!* : тези доповідей всеукр. наук.-пр. фор., 29–30.06.22 р. Дніпро. С. 91–93.
2. Гасенко А. В., Падун Ю. О. Аналіз пошкоджень антенних споруд зв'язку, що виникли в результаті воєнних дій. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки.* № 5. 2025.

УДК 624.012

ВПЛИВ ВІДСТАНІ ВІД МІСЦЯ ВИБУХУ СНАРЯДУ ДО ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ГЛИБИНУ ПРОНИКНЕННЯ УЛАМКУ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ МЕТОДИКУ ЗА UFC 3-340-02

Гасенко А. В.¹, докт. техн. наук, доц., Семко П. О.², канд. техн. наук, доц., Остапов І. С.³, аспір.

¹⁻³НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹ab.Hasenko_AV@nupp.edu.ua, ²syomka7@gmail.com, ³i.s.ostapov@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах сучасних викликів, пов'язаних із зростанням техногенних аварій, терористичних загроз та веденням бойових дій, забезпечення захисту критичної інфраструктури, військових об'єктів та цивільного населення набуває першочергового значення. Одним з ключових вражаючих факторів при вибухах є утворення та розліт первинних уламків, здатних завдавати значних руйнувань та призводити до людських жертв. У цьому контексті, аналітичні розрахунки на проникнення цих уламків за

стандартизованими методиками, зокрема за UFC 3-340-02 [1], відіграють критично важливу роль у проектуванні ефективних захисних споруд.

Мета дослідження. По-перше, це оцінка ризику: для певного сценарію ви можете розрахувати «небезпечну зону», де осколки можуть спричинити травму чи пошкодження. Це має важливе значення для планування розташування об'єктів, які працюють з вибуховими речовинами, для військових операцій і для цивільної безпеки в промислових умовах.

Оптимізація товщини бар'єру: глибина проникнення осколка сильно залежить від його швидкості удару. Огороджувальна конструкція, наприклад, бетонна стіна, призначена для зупинки осколка на 55 метрах, може бути легко пробита тим самим осколком на 24 метрах. Розрахувавши швидкість осколків на певній відстані конструкції, інженери можуть спроектувати бар'єр відповідної товщини, уникаючи як недоврахування при проектуванні (що було б небезпечно), так і надмірного проектування (що було б невиправдано дорогим).

Оцінка летальності: для боєприпасів розуміння того, як швидкість осколків змінюється з відстанню, має вирішальне значення для оцінки їхньої ефективності на різних відстанях. Це допомагає зрозуміти «летальний радіус» зброї.

Результати дослідження. Запропонований алгоритм синтезує методології UFC 3-340-02 у послідовний процес, який призначений для того, щоб взяти визначену загрозу вибуху снаряду (заряду в оболонці) та визначену ціль – огорожувальну конструкцію (бетонну стіну) і надати остаточну оцінку здатності стіни протистояти пробиттю та відколюванню.

Для задоволення мети дослідження, як оцінка ризику та летальності, а також оптимізації товщини бар'єру зроблена варіація відстані від місця вибуху снаряду до огорожувальної конструкції. Виявлена залежність проникнення уламку у товщину огорожувальної конструкції, а також необхідні товщини стіни для запобігання пробиття та виколювання матеріалу, що відповідає критерію стійкості огорожувальної конструкції до даного роду впливу.

Надано рекомендації для підбору товщини огорожувальної конструкції у порівнянні аналітично розрахованої величини та фактичної або конструктивної товщини.

Таблиця 1

Короткий огляд фізико-механічних властивостей пиломатеріалів та інженерних виробів з деревини

Відстань, м	0	24	55	80	91	100
Максимальне проникнення в бетон марки C20/25 для уламків середньою масою, мм	87	42	18	12	10	9
Максимальне проникнення в бетон марки C20/25 для уламків масою із забезпеченістю $C_1 = 0.95$, мм	156	100	55	37	29	26
Необхідна товщина для запобігання пробиття уламком середньою масою, мм	104	58	33	26	24	24
Необхідна товщина для запобігання пробиття уламком масою із забезпеченістю $C_1 = 0.95$, мм	176	117	71	52	44	41
Необхідна товщина для запобігання виколювання матеріалу при попаданні уламку середньої маси, мм	119	69	43	36	34	33
Необхідна товщина для запобігання виколювання матеріалу при попаданні уламку масою із забезпеченістю $C_1 = 0.95$, мм	197	133	84	63	55	52

Висновки. Дослідження показує наскільки важливо приділяти увагу захисту від уламків. Так, навіть на відстані близько 90 метрів проникнення у бетон може бути більше дюйма для різних типів снарядів, що означає небезпеку для людини і вимагає наявності захисної огорожувальної конструкції. Величини в початковій точці, а також в безпосередній близькості до вибуху можуть бути проігноровані, оскільки на таких відстанях на огорожувальну конструкцію більше буде впливати тиск від вибухової хвилі. Проте, ці точки дають нам розуміння яким чином змінюється залежність проникнення від відстані.

Хоча, на великій дистанції проникнення уламків в товщину бетону невеликі, їх енергії вистачає для того, щоб бути загрозою життю та здоров'ю людини. Що ще раз вказує на те, що захист від уламків або хоча б оцінка огорожувальних конструкцій на стримування такого роду впливу необхідна. При такій оцінці існуючих огорожувальних конструкцій для сертифікації або проектуванні нових, необхідно орієнтуватися на необхідну товщину для запобігання виколювання у порівнянні із фактичною або конструктивною товщиною. Для того, щоб мати певний запас міцності варто вести розрахунки із врахуванням коефіцієнтом забезпеченості. Тому, якщо фактична або конструктивна товщина більша за необхідну товщину для запобігання виколювання, стіна вважається стійкою до заданої загрози.

Список використаних джерел

1. Unified Facilities Criteria. (2008). UFC 3-340-02 Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. U.S. Army Corps of Engineers, Naval Facilities Engineering Command, Air Force Civil Engineer Support Agency.

УДК 624.1

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МІЖПОВЕРХОВИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРИТТІВ

Гілодо О. Ю.¹, канд. техн. наук, доц., Арсірій А. М.², канд. техн. наук, доц.,
Ковтун В. П.³, інж., Гіманов О. М.⁴, аспір.

¹⁻⁴Одеська державна академія будівництва та архітектури

¹hilodo@odaba.edu.ua, ²arsiriy@ukr.net, ³gatarinda@gmail.com, ⁴gimanov@gmail.com

Постановка проблеми. Сьогодні разом з бетоном і сталлю все більше в будівництві застосовується деревина. Розвинуті країни збільшують відсоток будівель з деревини в першу чергу виходячи з екологічних міркувань. Можна знайти безліч прикладів різних цікавих об'ємно-планувальних архітектурних рішень багатоповерхових будівель різного призначення. Але конструктивне рішення практично у всіх однакове. Це технологія CLT-панелей, тобто панелей з шарів деревини, що склеєна впоперек. В результаті отримують високоміцні плити з високим спротивом механічним впливам, що дозволяє виконувати з них всі необхідні несучі елементи: панелі перекриття, стіни, балки. Така безкаркасна конструктивна схема більш ефективна при малоповерховому будівництві. При збільшенні поверховості виникає необхідність перейти до каркасної схеми. Аналіз сучасних конструктивних рішень багатоповерхових будівель приводить до висновку, що все більше архітекторів і конструкторів застосовують комбіновані каркаси, зі сталевими або залізобетонними колонами і дерев'яними панелями. Звичайно CLT-панелі залишаються затребуваними і при такому варіанті, але виникає питання наскільки вони безальтернативні. Один з варіантів це перехресно-балочні панелі але досі не запропонована проста і надійна технологія їх виготовлення.

Мета дослідження. Розробити технологію виготовлення перехресно-балочних панелей перекриттів.

Результати дослідження. Ми пропонуємо нову технологію виготовлення перекриття з перехресно-балочних дерев'яних панелей з балок невеликої довжини і ваги, що, при значних

об'ємах продукції може суттєво спростити і здешевити виробництво [1]. Перехресно-балочна конструктивна система перекриття відома. Найпростішим способом з'єднання вважається спіранням «поверхове» з нерозрізними балками. Або застосування вузла з перекладанням шарів балок з клеєних дошок. Іншим варіантом вузла котрий відповідає вимогам компактності, надійності та може виготовлятися індустриально є вузол на нагелях з хрестоподібною накладкою. Широко розповсюджені варіанти вузлів сполучення елементів структури, що виконуються за допомогою прокладок та нагелів [2; 3]. Всі відомі різноманітні конструктивні рішення вузлів мають як переваги так і недоліки, але оптимального простого і надійного рішення не запропоновано. Наше рішення універсального вузла оформлюється патентом на винахід і відрізняється тим, що з'єднувані торці виконані під кутом 45° до повздовжньої центральної осі з'єднуваного торця відповідного каркасного елемента, а два каркасних елемента будівельних конструкцій сполучені гранями їх з'єднаних торців з утворенням кута 90° між ними. З'єднувані торці містять пази, які при сполученні каркасних елементів утворюють наскрізний отвір для встановлення діагонального кріпильного елемента (рис. 1). Винахід належить до універсальних вузлів і способу збирання елементів каркасу будівельних конструкцій, що можуть бути з'єднані під різними кутами, як по проекту так і з можливістю внесення змін у вже існуючі конструкції. Запропонований нами спосіб з'єднання двох, трьох або чотирьох каркасних елементів дозволяє змінювати конструкції безпосередньо на місці, з'єднання може бути затребуване при будівництві поверхонь різної форми, включаючи плоскі, склепінчасті, хрестоподібні склепіння.

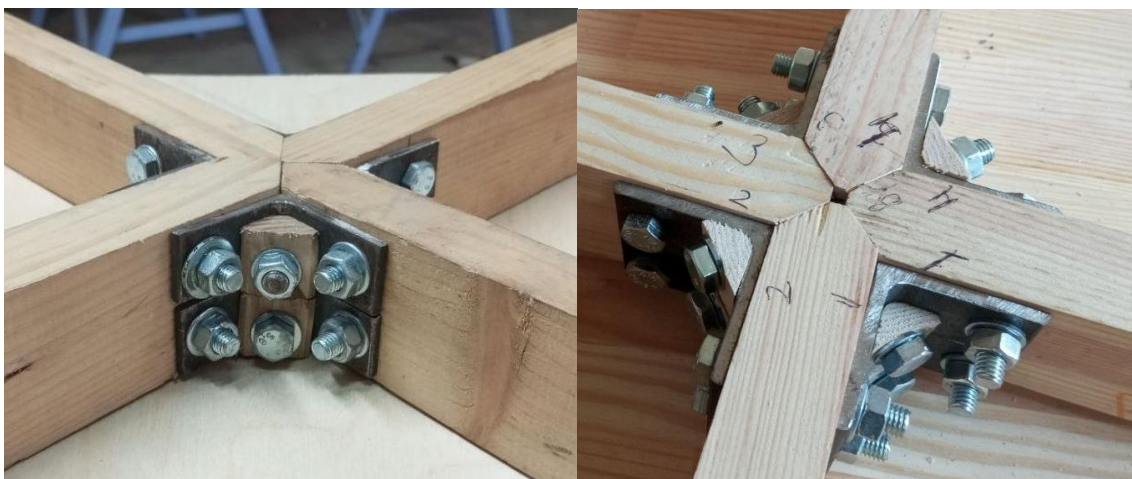


Рис. 1. Універсальний вузол з оригінальним конектором

Для аналізу напружено-деформованого стану елемента в програмному комплексі «ЛІРА-САПР» була розроблена просторова комп'ютерна модель. Характеристики жорсткості об'ємним скінченим елементам задавалися з урахуванням анізотропних властивостей деревини відповідно до нормативних вимог. Моделювання вузла виконували стрижневими і пластинчастими елементами. Результати чисельного експерименту показали достатню несучу здатність вузла із запропонованим оригінальним конектором. Були підготовлені та випробувані моделі двох вузлів структури: з постійним перерізом примикаючих до вузла балок і змінним. В результаті розрахунку отримали розподіл напружень в елементах та деформації вузлів. Визначено відхилення результатів розрахунку від дослідних даних. Так при максимальному значенні навантаження 0,7 кН відносно відхилення по деформаціям склало 44 % для розрахунку стрижневими елементами та 12 % при розрахунку пластинчастими елементами.

Висновки. Запропонована конструкція оригінального конектора для перехресно-балочних конструкцій з клеєної деревини дає можливість виготовляти перехресно-балочні панелі і оболонки. Результати чисельного експерименту показали достатню несучу здатність вузла з конектором. Випробування вузлів показали їхню достатню несучу здатність і близькі результати з розрахунком при моделюванні вузла пластинчастими елементами.

Список використаних джерел

1. Gilodo O., Arsiriy A., Syomina Yu., Korshak O., Bezushko D. Research on the performance of steel joint connectors in cross-beam constructions made of glula. *Сучасні будівельні конструкції з метали та деревини*. Вип. 29. С. 24–33.
2. Bradford M. A., Hassanieh A., Valipour H. R., Foster S.J. Sustainable Steel-timber Joints for Framed Structures. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 172. Pp. 2–2.
3. Mohammad Mohammad, J HP Quenneville. On the types of destruction and strength of steel-wood-steel bolted connections loaded parallel to the fibers. *Canadian Journal of Civil Engineering*. February. 2011. Vol. 28 (2). Pp. 254–263.

УДК 528.88

ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ ЯК РУШІЙНА СИЛА РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ

Головачов В. В.¹, фахівець з наземного лазерного сканування,
Горб О. І.², канд. техн. наук, Сопільняк А. М.³, канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ТОВ «Навігаційно-геодезичний центр», м. Харків,

³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vitalii.holovachov@ngc.com.ua, ²a_gorb@ngc.com.ua, ³sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У сучасному будівництві та архітектурі все більшого значення набуває реверс-інжиніринг – відтворення цифрових моделей існуючих об’єктів для їх реконструкції, реставрації та управління. Основним викликом стає відсутність актуальної проектною документації для більшості споруд. Технології тривимірного лазерного сканування дозволяють долати ці обмеження, забезпечуючи отримання хмар точок із міліметровою точністю [8]. На основі таких даних формуються інформаційні моделі, які інтегруються у BIM та GIS [1; 2], що забезпечує перехід від традиційних креслень до цифрових двійників об’єктів.

В українському контексті ця проблема має стратегічне значення. Масштабні руйнування, спричинені війною, потребують точного документування стану будівель і споруд для подальшого відновлення [5]. Лазерне сканування виступає не лише інженерним інструментом, але й засобом збереження культурної спадщини та фіксації наслідків воєнних дій.

Мета дослідження. Метою є аналіз лазерного сканування як рушійної сили реверс-інжинірингу в будівництві та архітектурі, визначення напрямів його практичного застосування та перспектив розвитку в Україні.

Результати дослідження. Лазерне сканування дає змогу отримати вихідні дані з високим рівнем деталізації, що суттєво скорочує час обстеження об’єктів. Подальша обробка хмар точок у спеціалізованому програмному забезпеченні дозволяє формувати цифрові 3D-моделі (рис. 1), які інтегруються у CAD- та BIM-системи [7]. Це відкриває широкі можливості для:

- реконструкції історичних пам’яток і створення їх цифрових архівів;
- контролю відповідності будівельно-монтажних робіт проєктним параметрам;
- планування реконструкцій, модернізації й експлуатаційного моніторингу споруд;
- створення кадастрових моделей об’єктів нерухомості [3; 4].



Рис. 1. ХОДА (м. Харків) від хмари точок до BIM моделі

У світовій практиці лазерне сканування давно застосовується для моніторингу складних інфраструктурних об'єктів – мостів, тунелів, промислових будівель [8]. В Україні ця технологія активно використовується у створенні тривимірних кадастрів [2], в управлінні земельними та міськими системами [6], а також у відновленні пошкоджених війною будівель [5]. Прикладом є фіксація руйнувань у містах, сканування підземних печер Києво-Печерської лаври (рис. 2) та створення цифрової моделі Палацу Праці у Харкові (рис. 3).

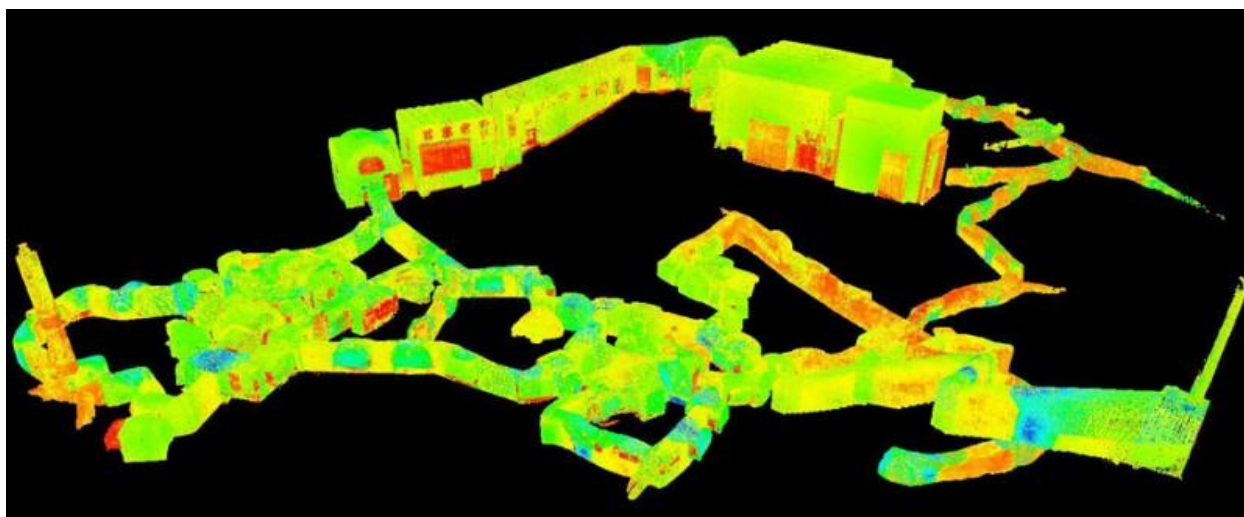


Рис. 2. Хмара точок Києво-Печерської лаври



Рис. 3. Mesh модель руйнувань Палацу праці (м. Харків)

Окремої уваги заслуговує інтеграція лазерного сканування з BIM- та GIS-моделями. У роботах [1; 6; 9] показано, що поєднання цих технологій створює базу для формування багаторівневих інформаційних систем управління містобудівними процесами. Таким чином,

реверс-інжиніринг в архітектурі та будівництві виходить на рівень комплексних цифрових платформ.

Наукова новизна полягає у перенесенні концепції реверс-інжинірингу з промислового виробництва у сферу будівництва та архітектури. Лазерне сканування в цьому контексті виступає рушійною силою, яка забезпечує точність і комплексність відтворення об'єктів.

Практична значущість полягає у можливості значного зменшення витрат на обстеження, проектування та відновлення об'єктів. Цифрові двійники, створені на основі лазерного сканування, стають не лише інженерним інструментом, а й важливим ресурсом для фіксації та збереження культурної спадщини України [5].

Висновки. Лазерне сканування є ключовим драйвером реверс-інжинірингу в будівництві та архітектурі. Воно забезпечує швидке отримання даних, створення цифрових двійників, інтеграцію з BIM та GIS і відкриває нові можливості для реконструкції та модернізації об'єктів. В умовах післявоєнного відновлення України ця технологія має особливе значення, оскільки поєднує точність, ефективність і збереження культурної спадщини.

Список використаних джерел

1. Головачов В. В. Інформаційні моделі GIS та BIM в системі земельного адміністрування. *Геоінформаційне забезпечення земельного адміністрування : стан та перспективи розвитку : матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 2 квітня 2020 р.). Харків : ХНУМГ, 2020. С. 17–18.
2. Шипулін В. Д., Нестеренко С. Г., Головачов В. В., Касьянов В. В. Забезпечення збору інформації для тривимірного кадастру. *Комунальне господарство міст.* 2019. Т. 5, вип. 151. С. 60–64. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/54148/>
3. Головачов В. В. Онтологія кадастру нерухомого майна. *Новітні технології та досягнення земельного адміністрування та територіального планування : матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 6 жовтня 2022 р.). Харків : ХНУМГ, 2022. С. 7–9.
4. Мамонов К., Штерндок Е., Касьянов В., Головачов В. Геодезичне забезпечення багатоцільового кадастру нерухомості. *Automobile Roads and Road Construction.* 2024. № 116.2. С. 144–152. URL: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-116.2-144-152>
5. Holovachov V., Gorb O., Salii Y. Application of Digital Twins and Laser Scanning Technologies for Documenting War-Related Building Destruction in Ukraine. *Proceedings of the International Conference “Synergy in Terra – 2025”.* (Lviv, June 12–13, 2025). Pp. 1–10. URL: <https://www.researchgate.net/publication/393045045>
6. Головачов В. В., Нестеренко С. Г. Дослідження сучасних тенденцій в геоінформації. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* 2025. Т. 49. С. 212–223. URL: <https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-49-212-223>
7. Tang P., Huber D., Akinci B., Lipman R., Lytle A. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds : a review of related techniques. *Automation in Construction.* 2010. Vol. 19 (7). Pp. 829–843.
8. Beraldin J.-A., Blais F., Lohr U. Laser scanning technology. In: Shan J., Toth C.K. (Eds.) *Topographic Laser Ranging and Scanning.* CRC Press, 2018.
9. Leica Geosystems. *Hexagon Digital Twin Report 2023.* [Електронний ресурс]. URL: <https://leica-geosystems.com>

УДК 624.132.6

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ҐРУНТУ НА ПОВЕРХНЮ ПРИ ВИКОНАННІ БУДІВНИЦТВА БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ МЕТОДОМ «ВВЕРХ-ВНИЗ»

Голубченко О. І.¹, канд. техн. наук, доц., Заяць Є. І.², докт. техн. наук, проф.,
Даниленко І. О.³, аспір.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹holubchenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, ²yevhen.i.zaiats@365.pdaba.edu.ua,

³igor.danilenko.333@ukr.net

Постановка проблеми. Метод будівництва багатоповерхових будівель «вверх-вниз», дозволяє одночасно зводити підземну частину будівлі (паркінги, бомбосховища, технічні поверхи) та надземну (основні поверхи). Такий підхід застосовують переважно у щільній міській забудові, коли потрібно економити час і мінімізувати вплив на оточення. При виконанні будівельних робіт нижче нульової точки, ґрунт виймають за допомогою баштового крана через спеціальні отвори, які повинні бути передбачені у будові з наступною їх забудовою після завершення будівництва, а також не вирішено проблему ефективного транспортування розробленого ґрунту у підземній частині будови [1].

Мета дослідження. Метою публікації є запропонування технологічної схеми розробки та транспортування ґрунту при будівництві багатоповерхової будівлі методом «вверх-вниз», та обладнання для її реалізації.

Результати дослідження. Технологічна схема та її обладнання (рис. 1) передбачає виконання наступних операцій, а саме копання ґрунту землерийною машиною, переміщення його у підземній частині споруди, підйом на денну поверхню та розвантаження ґрунту у транспортний засіб або відвал. Копання ґрунту здійснюється землерийною машиною, наприклад, одноківшевим екскаватором 1 з одночасним його завантаженням у приймальний бункер 2, що встановлений на вантажній платформі гусеничного ходового візку 3. Далі відбувається переміщення візку 3 за рахунок дистанційного керування та його в'їзду на підйомну платформу 4. За рахунок вмикання приводу вантажної лебідки 5 та за допомогою вантажного поліспаду 6 платформа 4 піднімається на рівень верхньої поверхні плити-протипаги 7.

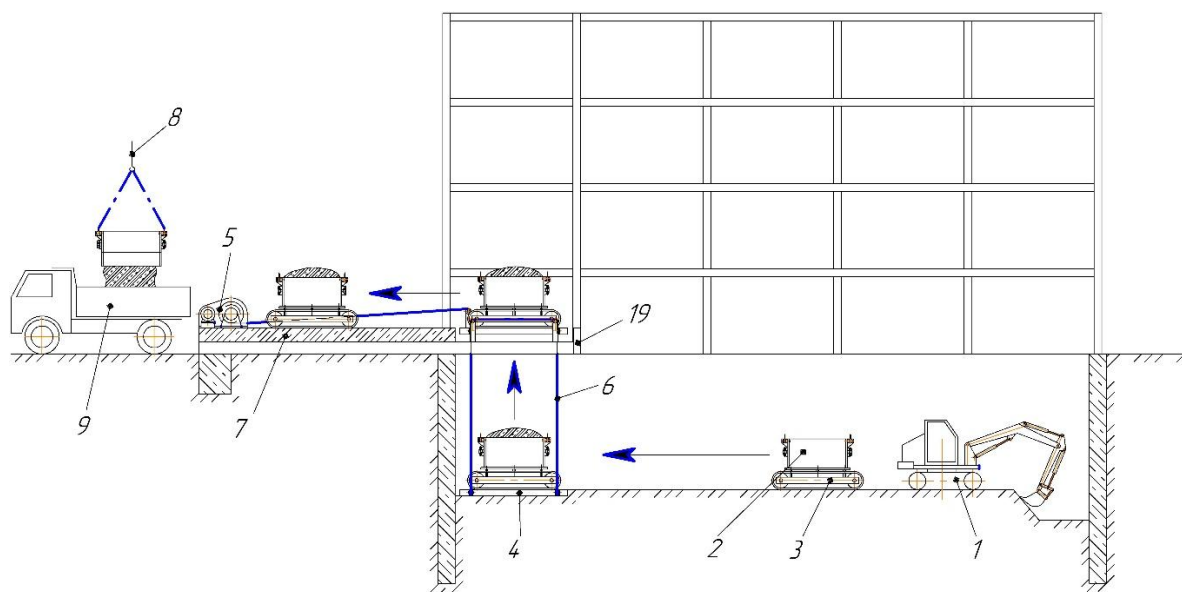


Рис. 1. Технологічна схема та обладнання для розробки та транспортування ґрунту на поверхню при будівництві багатоповерхової будівлі методом «вверх-вниз»

Наступна операція технологічного процесу полягає у переміщенні візку 2 з підйомної платформи 4 на плиту-протипагу 7. Після цього приймальний бункер 2 з'єднується з

вантажозахоплювальними пристроями вантажопідйомного крану 8, наприклад стропами, піднімається та розвантажується за рахунок розкриття щелеп бункера 2 у транспортний засіб або відвал. Переміщення порожнього приймального бункера 2 до місця копання здійснюється у зворотній послідовності.

На рисеуге 2 представлені варіанти роботи приводу щелеп приймального бункера. При гідравлічному приводі (рис. 2, а) синхронний поворот щелеп здійснюється за рахунок гідроциліндрів. У випадку електромеханічного приводу щелеп (рис. 2, б) електродвигуни через черв'ячні редуктори приводять в обертальний рух гвинти, які в свою чергу створюють зустрічний поступовий рух повзунів. Далі від повзунів рух за допомогою шарнірних тяг передається важелям щелеп і таким чином здійснюється їх розкриття. Замикання щелеп приймального бункера здійснюється за рахунок реверсування привідних електродвигунів. У безпроводному варіанті (рис. 2, в) замкнутий стан приймального бункера здійснюється за рахунок зачеплення строп за цапфи на щелепах, а розкривання шляхом зачеплення за петлі на кінцях важелів, які жорстко приєднані до щелеп.

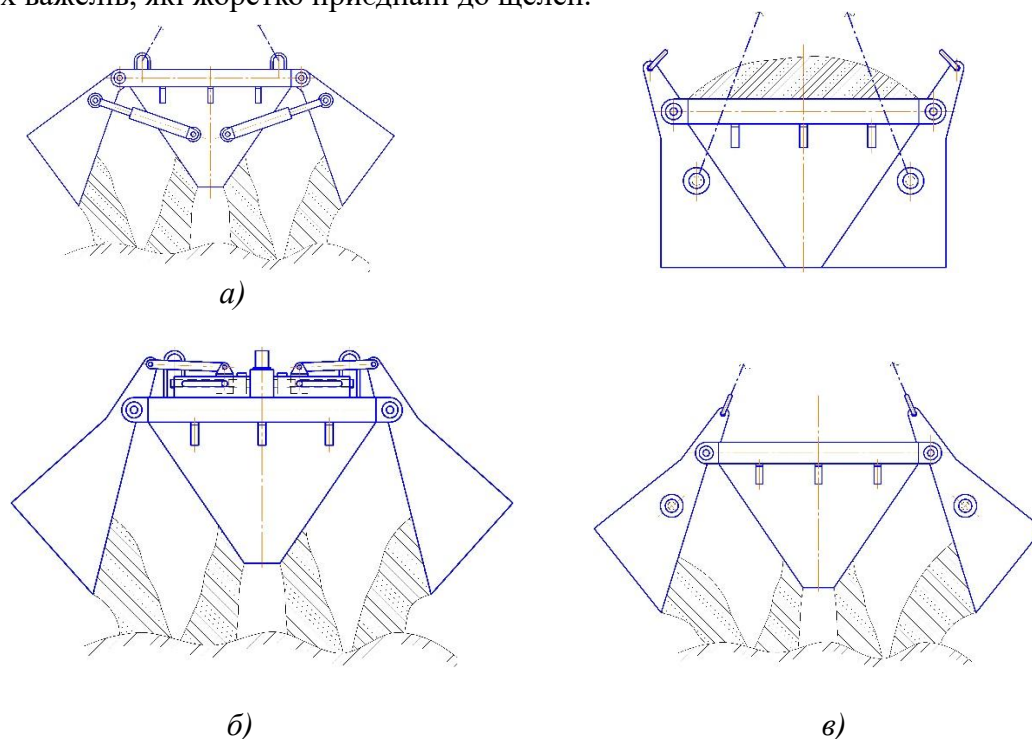


Рис. 2. Варіанти виконання приймального бункера: а) з гідравлічним приводом; б) з електромеханічним приводом; в) безпроводний варіант

Висновки. Запропоновані технологічна схема та обладнання для її реалізації дозволяють комплексно механізувати та підвищити ефективність розробки та транспортування ґрунту на поверхню при будівництві багатоповерхових будівель методом «вверх–вниз». Розглянуті варіанти виконання приймального бункера та його приводу для транспортування ґрунту.

Список використаних джерел

1. Заяць Є. І. Особливості застосування методу будівництва «вверх-вниз» під час зведення висотних будівель. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. № 1. С. 64–69.

УДК 666.97.031/.033:621.928.2:69.059

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ КОМПОНЕНТІВ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ
ЗІ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙГолубченко О. І.¹, канд. техн. наук, доц., Колохов В. В.², канд. техн. наук, доц.,
Мацевич І. М.³, канд. техн. наук, доц.¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій¹holubchenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, ²kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua,³matsevyich.ihor@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зменшити навантаження на довкілля можна переробкою будівельного сміття, яке утворилося внаслідок руйнувань будівель та споруд, під час обстрілів українських населених пунктів. Відбудова місць проживання громадян вже близька (зрозуміло після перемоги нашої держави), Україну можна буде частково забезпечити будівельними матеріалами за рахунок переробки будівельного сміття.

Повторне використання будівельного сміття потребує впровадження ефективних технологій перероблення та повторного використання будівельних відходів [1; 3].

Подолання наслідків війни щодо визначення обсягів та управління відходами від руйнувань повинно відбуватися завдяки механізму управління відходів. Діючий на цей час механізм має два етапи:

- 1) створення безпечних умов для роботи:
 - розчищення територій, перш за все від підозрілих предметів та залишків небезпечних предметів (проведення операцій з розмінування);
 - визначення та відокремлення від будівельного брухту небезпечних відходів з відходів від руйнувань;
 - якщо будівля не підлягає відновленню, її демонтаж та облік відходів на місці їх утворення;
- 2) первинне розчищення території руйнувань:
 - транспортування відходів до місць їх тимчасового зберігання;
 - обов'язковий фактичний облік;
 - збереження відходів від руйнувань до їх оброблення/відновлення (якщо є можливість, обробляються/відновлюються на тимчасових місцях зберігання).

Мета дослідження. Враховуючи сьогоденний стан в Україні, найбільш реалістичний сценарій, це локальне перероблення будівельних відходів. Новий бетон при високотехнологічному переробленні будівельного сміття потребує вхідну сировину найвищої якості без домішок, тому локальне перероблення відходів на дорожнє покриття та підсіпку є більш прийнятним, завдяки економічній доцільності. Доречно і зведення нанівець логістичних витрат на транспортування та утилізацію будівельного сміття в інші регіони.

Результати дослідження. Зазвичай заповнювач (щебінь) для бетону виготовляють та постачають до бетонних заводів розподіляючи його на фракції розмірами: 20–40 мм; 10–20 мм; 5–10 мм або 5–20 мм (надалі великий та середній заповнювач). Додатково постачають пісок без визначення фракційного складу (надалі мілкий заповнювач). Створення складу бетонної суміші із урахуванням таких розмірів заповнювача приводить до значних відхилень від оптимальної структури бетону та додатковим витратам цементу.

Для отримання структури бетону, яка б була наближена до оптимальної, необхідно застосовувати суміш великого, середнього та мілкового заповнювачів із відповідним співвідношенням їх розмірів один до одного. Тобто, необхідно витримати співвідношення $D / d / \Delta$, яке має бути теоретично розраховано [2].

Існує багато робіт із визначення таких співвідношень, але до практичного впровадження результати таких робіт ще не доведено.

Найбільш впливовим фактором на запровадження таких розрахунків є відсутність обладнання для сортування заповнювача за необхідними розмірами.

Існуюче виробництво щебеню за фракційним складами спирається на сортування суміші подрібненої гірської породи на великий D (розмір від D_1 до D_i), середній d (розмір від d_1 до d_j) та мілкий Δ (розмір від Δ_1 до Δ_n) заповнювач. Зазвичай мілкий заповнювач не використовується у виробництві бетонних сумішей тому позиціонується як відхід. Загальний склад такої суміші можна представити в такому вигляді (1).

$$\begin{cases} k_1 D_1 & f_1 d_1 & e_1 \Delta_1 \\ k_2 D_2 & f_2 d_2 & e_2 \Delta_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ k_i D_i & f_j d_j & e_n \Delta_n \end{cases}, \quad (1)$$

де: $D_1, D_2, \dots, D_i$ – розміри великого заповнювача; $k_1, k_2, \dots, k_i$ – кількість великого заповнювача відповідного розміру; $d_1, d_2, \dots, d_j$ – розміри середнього заповнювача; $f_1, f_2, \dots, f_j$ – кількість середнього заповнювача відповідного розміру; $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – розміри мілкового заповнювача; $e_1, e_2, \dots, e_n$ – кількість мілкового заповнювача відповідного розміру.

Виконавши відповідні розрахунки стосовно раціональних співвідношень $D / d / \Delta$ на підставі реального складу подрібненої породи можна запропонувати виготовлення декількох складів комплексної суміші заповнювачів для бетону.

Загальна формула кожного зі складів таких комплексних сумішей заповнювачів буде мати вигляд (2):

$$a_i D_i + b_j d_j + c_n \Delta_n, \quad (2)$$

де: D_i, d_j та Δ_n – розміри відповідно великого, середнього і мілкового заповнювачів; a_i, b_j та c_n – кількість відповідно великого, середнього та мілкового заповнювачів.

Попередні розрахунки показують можливість складання мінімум трьох комплексних сумішей заповнювачів. На рисунку наведена технологічна схема обладнання підготовки компонентів для отримання оптимальної структури бетону одною дробаркою.

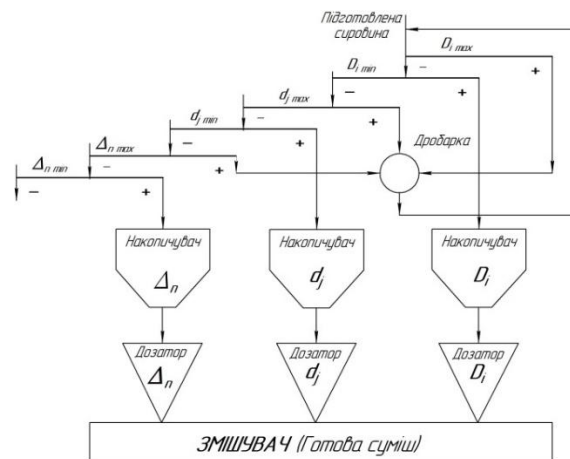


Рис. 1. Технологічна схема робочого обладнання підготовки компонентів для отримання оптимальної структури бетону

Щебінь, який не потрапляє до проектних складів, направляється на подальше подрібнення.

Висновки. Така технологічна схема робочого обладнання підготовки компонентів бетонних сумішей з сировини зі зруйнованих будівельних конструкцій дозволить скоротити витрати бетонних заводів і більш повно використати вторинні ресурси.

Список використаних джерел

1. Голубченко О. І., Колохов В. В., Мацевич І. М. Впровадження відходів будівництва, технологічних процесів і зруйнованих будівель у зелений будівельний бізнес. *Сучасні виклики для Європейського бізнесу : безпека, конкурентоспроможність, екологічність : тези доповіді Інтернет-конференції*. Дніпро, 20 грудня 2024.
2. Колохов В. В., Мацевич І. М. Приготування комплексного заповнювача для бетонних сумішей. *Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій : збірник тез міжнар. наук.-техн. конф.* Одеса, 22–23 квітня 2025 р. С. 30.

3. Голубченко О. І., Мацевич І. М. Аналіз напрямків і перспективних рішень для будівництва та підготовки сировини з пошкоджених будівельних конструкцій. *Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій* : зб. матер. IV Всеукр. студ. наук.-практ. конф. Кропивницький, 21–22 листопада 2024 р.

УДК 539.3

ПОРІВНЯННЯ ПРОГИНУ ТРИШАРОВОЇ ПЛАСТИНИ ІЗ РІЗНИМ СПІВВІДНОШЕННЯМ ТОВЩИН ШАРІВ ТА ОДНОШАРОВОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ ОДНАКОВИХ КРАЙОВИХ УМОВАХ

Горбонос А. А.¹, студ., Зеленський А. Г.², д-р. фіз.-мат. наук, проф.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹andrii.horbonos2003@gmail.com, ²a.zelensky@ukr.net

Постановка проблеми. Конструктивні елементи у вигляді пластин широко застосовуються у різних галузях людської діяльності. Одним з варіантів підвищення ефективності пластин є виконання їх з кількох матеріалів одночасно, тобто робити їх багатошаровими [1]. Використання різних матеріалів дозволяє зменшити вагу та ціну пластин при одночасному збереженні їх механічних властивостей. Пошук оптимального співвідношення товщин шарів є основною задачею оптимізації багатошарових пластин.

Мета дослідження. Дослідити механічні властивості тришарової пластини при різних співвідношеннях товщини шарів. Порівняти отримані результати з одношаровою пластиною при тому ж навантаженні.

Результати дослідження. Розглядаємо шарнірно обіперту тришарову круглу пластину із радіусом $a = 3$ м, загальною товщиною $h = 0,02$ м, коефіцієнтом Пуассона для всіх шарів $\nu = 0,3$. У якості заповнювача прийнято пінополістирол ($E_3 = 8 \cdot 10^6$ Па), у якості несучих зовнішніх шарів прийнято сталь ($E_{\pm} = 2 \cdot 10^{11}$ Па). До пластини прикладено навантаження інтенсивністю q по колу із радіусом $c = a = 3$ м, тобто пластина навантажена по всій площині. Наведена пластина порівнювалась із одношаровою пластиною із такими самими геометричними параметрами та під таким самим навантаженням.

Порівнювався прогин пластин від кругового навантаження за умови однакової рівнодійної в обох випадках. Формула для визначення прогину від кругового навантаження по всій площині пластини аналогічна випадку одношарової пластини [2]:

$$w(r) = \frac{q \cdot (a^2 - r^2)}{64 \cdot D} \cdot \left(\frac{5 + \nu}{1 + \nu} \cdot a^2 - r^2 \right),$$

де: D – циліндрична жорсткість пластини [Н·м]; r – відстань від точки для якої проводиться розрахунок до центра пластини [м].

Циліндрична жорсткість для тришарової пластини $D_{\text{тр}}$ визначається за формулою [3]:

$$D_{\text{тр}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1 - \nu^2} \cdot (E_{\pm} \cdot \delta \cdot (3 \cdot t^2 + 3 \cdot t \cdot \delta + \delta^2) + E_3 \cdot t^3),$$

де: δ – товщина несучого шару [м]; t – половина товщини шару заповнювача [м].

Конфігурація пластини обрана така, що:

$$h = 2 \cdot t + 2 \cdot \delta.$$

Для спрощення розрахунку та більшого узагальнення введемо коефіцієнт α такий, що:

$$\alpha = \frac{t}{\delta}.$$

Після перетворень та спрощень, отримуємо наступні формули для δ і t :

$$\delta = \frac{h}{2 \cdot (\alpha + 1)},$$

$$t = \frac{h \cdot \alpha}{2 \cdot (\alpha + 1)}.$$

Підставивши отримані вирази у формулу для циліндричної жорсткості, отримаємо:

$$D_{\text{тр}} = \frac{h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot (\alpha + 1)^3} \cdot (E_R \cdot (3 \cdot \alpha^2 + 3 \cdot \alpha + 1) + E_z \cdot \alpha^3).$$

Отримані при розрахунках дані представлені на рисунку 1.

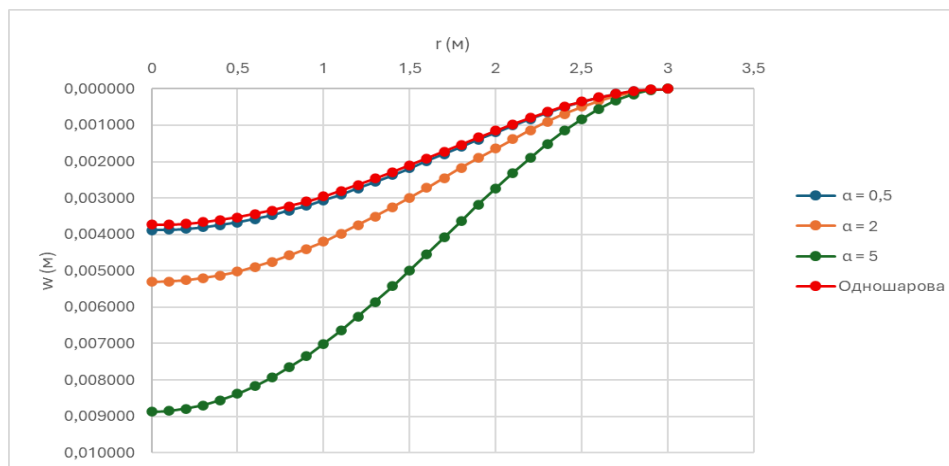


Рис. 1. Порівняння прогину шарнірно обіпєртої тришарової пластини з різним співвідношенням товщини шарів із одношаровою пластиною

Висновки. З наведеного рисунку видно, що збільшення значення α призводить до збільшення прогину всієї пластини через зменшення товщини несучого шару. Також з отриманих даних видно, що при значенні $\alpha = 0,5$, тобто при однаковій товщині усіх шарів, величина прогину майже співпадає із значеннями прогину для одношарової пластини. Важливо підкреслити, що такий результат досягнуто за рахунок меншої витрати матеріалу – кількість металу використаного у тришаровій пластині менша, ніж в одношаровій на 33 %, при збереженні несучої здатності.

Список використаних джерел

1. Зеленський А. Г. Основи теорії пружності (Частина 2. Пластини і оболонки). Основні поняття, визначення, співвідношення, рівняння : методичний посібник для студентів третього курсу факультету промислового та цивільного будівництва. Дніпро : ПДАБА, 2021. 118 с.
2. Timoshenko S., Woinowsky-Krieger S. Теорія пластин і оболонок = Theory of Plates and Shells. Second edition. New York : McGraw-Hill Book Company, 1959. 580 p.
3. Слободянюк С. О., Зеленський А. Г. Методичні вказівки до виконання розрахунково-проектувальної роботи «Розрахунок круглих пластин на згин» з курсу «Основи теорії пружності і пластичності» для студентів ступеня бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво» денної форми навчання. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2022. 30 с.

УДК 721.021.2:69.059.73

НВІМ-МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА АДАПТАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ СПОРУД З ПРИКЛАДОМ В М. ДНІПРО

Горобець Р. А.¹, студ., Брунеллі Р.², студ., Сопільняк А. М.³, канд. техн. наук, доц.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹roman.gorobets2004@gmail.com, ²activist.roberto.ua@gmail.com,

³sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зрозуміти ефективність вживання сучасних методів діагностики та реконструкції на існуючому прикладі. В якості доказу було проведено розробку концептуального проекту реконструкції, з використанням сучасних прийомів дослідження. За об'єкт дослідження було прийнято частково збережені історичні будівель в місті Дніпро за адресою: вул. Олеся Гончара, 20; 18.

Мета дослідження. В даному матеріалі розглядається тематика використання сучасних технологій 3D сканування та їх вплив на підхід діагностики, реконструкції та відновлення будівель і споруд. Обґрунтованістю є створення НВІМ (Historic Building Information Modelling) моделі архітектурної спадщини в місті Дніпро за адресою вул. Олеся Гончара, 20; 18, та проекту реконструкції і адаптації споруд під сучасні потреби. В процесі створення використовувались наступні методи: сканування в польових умовах лазерним 3D сканером Leica BLK360, формування хмари точок за допомогою програмного забезпечення Leica Cyclone, обробка хмари точок та проєктування за допомогою ПЗ Autodesk Revit.

Результати дослідження. Технологічний прогрес та впровадження нових безконтактних технологій інструментів візуалізації й методів дальньої дії, зокрема 3D наземного лазерного сканування та фотограмметрії, значно спростують проведення архітектурних досліджень. Вони забезпечують високу точність і прецизійність фіксації деталей будівель, що інакше було б неможливо реалізувати [1; 2]. В процесі обробки отриманих даних під час 3D сканування за допомогою ПЗ Leica Cyclone, було створено якісну, деталізовану модель історичних будівель. Згодом отримані данні надихнули на створення центрального елемента концепції великого ресторану, який міг би стати візитною картою Дніпра. Його простір органічно поєднується з історичними будівлями, які отримують нове життя в сучасному контексті.

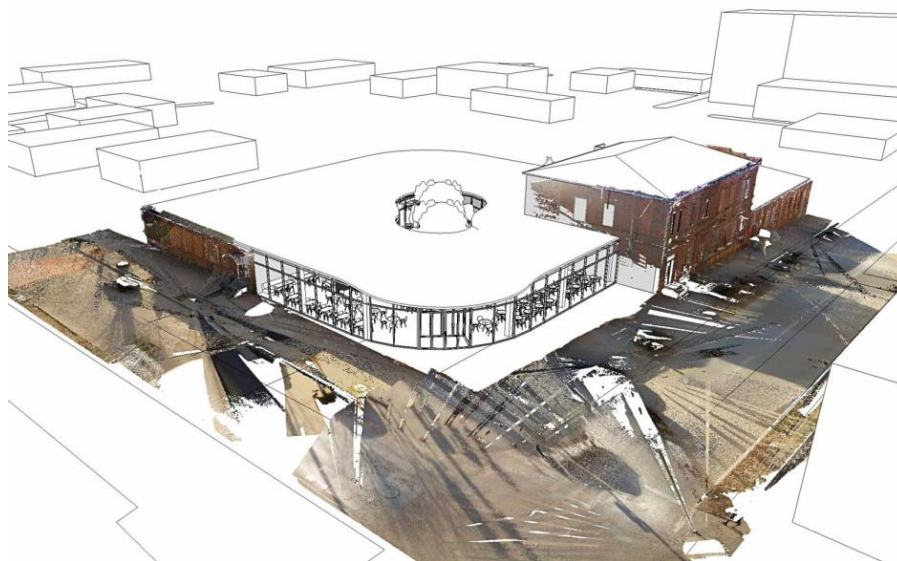




Рис. 1. Візуалізація концепту ресторану на базі реконструкції історичних будівель за допомогою сучасних методів обстеження

Приклад частково збережених споруд по вул. Олеся Гончара, 18 та 20 у місті Дніпро довів, що інноваційні методи візуалізації значно розширюють можливості реставраційної практики. Вони дозволяють не лише фіксувати автентичний стан об'єкта, а й інтегрувати його в сучасний міський контекст через нові функціональні рішення.

Розглядаючи концепт більш детально було прийнято що одна з будівель буде виконувати функцію кухні ресторану, забезпечуючи зв'язок між традиційною та сучасною гастрономією. Інші ж як артмузей чи арт-інсталяції, де відвідувачі могли б зануритися в історичні часи епохи активного життя цієї будівлі. За допомогою навичок користування програмним забезпеченням Autodesk Revit, з'явилася змога отримати попередні візуалізації як ця будівля могла б виглядати за умов отримання нею нового значення та реконструкції.

Висновок. Проведене дослідження підтвердило високу ефективність використання сучасних цифрових технологій у сфері діагностики, реконструкції та адаптації історичних архітектурних об'єктів. Застосування наземного лазерного 3D-сканування та фотограмметрії дало змогу отримати точні дані про геометрію будівель, що стали основою для створення HBIM-моделі та подальшої розробки концептуального проекту.

Список використаних джерел

1. Frąszkowska A., Stachelek J. Метод без посилань для аналізу якості геометричного вмісту 3D-моделей, створених з хмар точок лазерного сканування для hBIM. *Journal of Cultural Heritage*. 2018. Вип. 34. С. 95–108.
2. Rodríguez-Moreno K., Reinoso-Gordo J. F., Rivas-López E., Gómez-Blanco A., Ariza-López F. J., Ariza-López I. Від хмари точок до BIMc : інтегрований робочий процес для документування, дослідження та моделювання архітектурної спадщини. *Surveys in Geophysics*. 2016. Вип. 50. С. 212–231.

УДК 624.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ШАРОМ У СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ

Грецький Д. В., канд. техн. наук, доц.

Черкаський державний технологічний університет

gdv4erk@gmail.com

Постановка проблеми. Відомо, що під час влаштування буронабивних паль у складних геотехнічних умовах доцільно використовувати антифрикційні матеріали, які знижують дію негативного тертя у зоні контакту та сприяють підвищенню несучої здатності паль [1]. Проте на сьогодні відсутня чітко визначена й науково обґрунтована технологічна схема виконання буронабивних паль з антифрикційним покриттям у таких ґрунтових умовах.

Мета дослідження. Зроблено припущення, що одним з основних шляхів усунення описаних недоліків є удосконалення закріплення антифрикційного покриття до тіла палі [2].

Результати дослідження. Результатом удосконалення закріплення антифрикційного покриття до тіла палі є більш гарантований його експлуатаційний ресурс та зниження ним негативного тертя по тілу палі в процесі її експлуатації.

Антифрикційне покриття 4, отримане за запропонованою технологією, демонструє більший строк служби та підвищену зносостійкість під впливом температурних коливань у ґрунтовому масиві та напруг, спричинених його нерівномірною осадкою. Внаслідок передавання деформацій між покриттями, що викликані зміною температури навколишнього ґрунтового масиву зовнішнім шаром 5 антифрикційного покриття на незакріплені (рухомі) шари полімерного матеріалу 9 з наступним компенсуванням температурних та деформаційних напруг у покритті. Також підвищується адгезія між антифрикційним покриттям 4 та бетонною поверхнею палі 1, що дозволяє уникнути його зминання при нерівномірній просадці ґрунтового масиву в складних геотехнічних умовах. Причому такий вид закріплення антифрикційного матеріалу 4 виключає розшарування його на межі бетон-покриття.

Для пояснення технологічної сутності способу представлені розроблені креслення, на рисунку 1а показано переріз по буронабивній палі з антифрикційним покриттям, що влаштоване, на рисунку 1б - переріз А-А, на рисунку 1в – збільшений вузол Б з рисунку 1а.

Дане удосконалення буронабивної палі з антифрикційним покриттям дозволяє:

1. Збільшувати надійність антифрикційного покриття, що влаштоване за рахунок улаштування шару, що компенсує із чередуванням закріплених та незакріплених з бетонною поверхнею палі смуг. Цей шар дає можливість компенсувати нерівномірні навантаження, що можуть виникати при температурних перепадах у ґрунтовій товщі, так і при нерівномірних деформаціях складних геотехнічних умов.

2. Збільшувати адгезію між антифрикційним покриттям та бетонною поверхнею палі та загальний строк служби покриття. Так як еластичний матеріал, що здубльований зі склотканиною першого (внутрішнього) шару має добре зчеплення з поверхнею палі за рахунок анкерних з'єднань з склотканини у вигляді вільних волокон закріплених з еластичною плівкою одним кінцем. Розшарування на межі бетон-покриття не відбувається, руйнування матеріалу можливе по основі (когезійний відрив), так як введення анкерних з'єднань збільшує адгезію до величини, більшого за когезію шару.

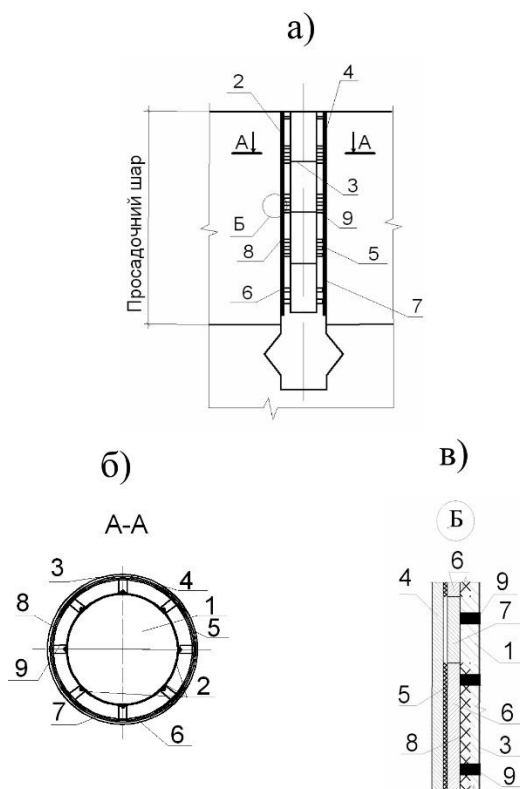


Рис. 1. Схема влаштування буронабивної палі з антифрикційним покриттям (а – переріз; б – переріз А-А; в – вузол Б): 1 – буронабивна палля, 2 – свердловина, 3 – арматурний каркас, 4 – двошарове антифрикційне покриття, 5 – зовнішній полімерний шар антифрикційне покриття, 6 – клеюча мастики, 7 – внутрішній шар з еластичної плівки, 8 – шар зі склотканини з анкерними виступами з полімерної плівки, 9 – пластмасові фіксатори

Висновки. Описані удосконалення влаштування антифрикційних покриттів при влаштуванні буронабивних паль у складних геотехнічних умовах за рахунок удосконалення його закріплення до тіла палі, в цілому забезпечує більш прогнозований термін служби цих покриттів протягом часу експлуатації та дозволяє запобігти зменшенню несучої здатності по тілу палі під час її терміну служби.

Список використаних джерел

1. Feng Z., Hu H., Zhao R., He J., Dong Y., Feng K., Zhao Y., Chen H. Experiments on Reducing Negative Skin Friction of Piles. *Advances in Civil Engineering*. 2019. Article ID 4201842. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4201842>
2. Грецький Д. В. Дослідження технологічних параметрів влаштування буронабивних паль з антифрикційним покриттям у складних інженерно-геологічних умовах. Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. Рівне : НУВГП, 2025. Вип. 47. С. 478–485. URL: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i47.58>

УДК 711.4:528.9

МІСТОБУДІВНИЙ МОНІТОРИНГ : ТЕОРЕТИЧНИЙ ТА ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТИ

Гряник В. О.¹, канд. техн. наук, доц., Ткаченко Л. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹gryanyk.volodymyr@pdaba.edu.ua, ²ludmilatkachenko@i.ua

Постановка проблеми. Управління розвитком територій в умовах динамічних соціально-економічних змін потребує сучасних інструментів, які б забезпечували своєчасний збір, аналіз та інтерпретацію просторової інформації. Одним із таких інструментів є містобудівний моніторинг, що виступає як складова системи просторового планування та містобудівного контролю. Його впровадження є особливо актуальним в Україні у зв'язку з процесами децентралізації, розробкою нових генеральних планів, потребою у відстеженні змін у забудові, землекористуванні та стані інфраструктури.

Мета дослідження. Розкрити теоретичні основи та практичні підходи до реалізації містобудівного моніторингу як ключового інструмента управління розвитком територій. Та проаналізувати законодавче регулювання системи містобудівного моніторингу та наукові напрацювання у цій сфері. Обґрунтувати необхідність інтеграції геоінформаційних систем та зазначити ключові показники містобудівного моніторингу.

Результати дослідження. Фундаментальним інструментом у сфері планування та розвитку територій є містобудівний моніторинг, який забезпечує ефективне управління просторовими ресурсами; сприяє дотриманню законності та нормативів забудови. Крім того, допомагає уникнути негативних соціальних, економічних та екологічних наслідків, чим сприяє рішенням щодо покращення якості життя населення. На сьогодні, законодавчо визначено поняття містобудівного моніторингу як систему спостережень, аналіз реалізації містобудівної документації, оцінки та прогнозу стану і змін об'єктів містобудування, які проводяться відповідно до вимог містобудівної документації та спрямовані на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних і громадських інтересів [2; 3]. Науковець Смілка В. А. розглядає містобудівний моніторинг земель як комплексну систему підтримки прийняття управлінських рішень для населеного пункту, що опрацьовує набір відомостей та показників. В своїх працях автор наводить функціональну модель системи, яка дає змогу зрозуміти взаємозв'язок усіх її складових та дає цілісне уявлення про роботу системи [4; 5]. Пиркова О. В. містобудівний моніторинг земель міст розглядає як сукупність взаємопов'язаних економічних, соціальних, інституційних, нормативно-правових, екологічних, методів і інструментів, що забезпечують здійснення містобудівного моніторингу земель міста на основі організаційних і методичних напрямів і процедур, які враховують рівень та особливості взаємодії між різними групами зацікавлених осіб, що функціонують у сфері земельних відносин, та дозволяє реалізувати сучасні геоінформаційні системи [1].

Отже, на основі наукових напрацювань та враховуючи нормативно-правову основу щодо містобудівного моніторингу, можемо розглядати його як інтегровану систему постійного спостереження, збору, обробки, аналізу та використання актуальної інформації про просторовий розвиток території населеного пункту, що функціонує як технічна, організаційна та інформаційно-аналітична підсистема управління містом.

Враховуючи, що основне завдання моніторингу отримання інформації щодо стану і змін об'єктів містобудування, важливим є підбір та аналіз ключових показників містобудівного моніторингу, що може мати вплив на ефективне управління розвитком територій, оскільки саме через них відбувається оцінка поточного стану, прогнозування змін та прийняття обґрунтованих рішень. Показники містобудівного моніторингу відносяться можна розділити за групами : *просторово-функціональні* (зонування території, щільність забудови; рівень забезпеченості житлом, площа територій, питома вага зелених насаджень); *земельно-кадастрові* (площа земель за видами цільового призначення, кількість ділянок, залучених до обігу; рівень використання земельних ресурсів); *економічні* (вартість землі,

рівень інвестиційної привабливості, ефективність використання площ, рівень доходів від плати за землю/оренду); *інженерно-транспортні* (щільність транспортної мережі (км/км²), рівень забезпеченості інфраструктурою (водопостачання, каналізація, енергопостачання), рівень транспортної доступності (час у хвилинах/км); *екологічні* (якість повітря, ґрунтів, води (рівень забруднення), площа природоохоронних територій, індекс екологічного навантаження, стан водовідведення та утилізації відходів); *соціальні* (рівень забезпеченості соціальною інфраструктурою (школи, садки, медичні заклади), показники якості життя населення, демографічна структура та динаміка населення); *правові та нормативні* (відповідність забудови затвердженій містобудівній документації; кількість порушень у сфері містобудівної діяльності).

Щодо практичної сторони то підбір та аналіз показників містобудівного моніторингу впливає на обґрунтованість управлінських рішень, адже правильно підібрані показники дозволяють органам місцевого самоврядування та планувальним структурам приймати обґрунтовані рішення щодо просторового розвитку, зонування, забудови, інфраструктури тощо. Крім того, аналіз моніторингових показників дає змогу при плануванні території, самоврядним органам виявити найбільш проблемні або перспективні зони міста, де потрібні першочергові інвестиції.

Висновки. Містобудівний моніторинг можна розглядати як інтегрована система збору, обробки, аналізу та використання даних, що включає технічні, організаційні та аналітичні компоненти. Така система поєднує кадастрові дані, ГІС, математичне моделювання та багатоцільовий кадастр. Всі моніторингові показники пропонуємо розділити за групами : просторово-функціональні; земельно-кадастрові; економічні, інженерно-транспортні, екологічні, соціальні.

З практичної точки зору, правильно побудований містобудівний моніторинг дозволяє: оперативно реагувати на зміни у міському середовищі; виявляти проблемні та перспективні території; оптимізувати планування забудови; підвищити інвестиційну привабливість міста; підтримувати прозорість і відкритість управління.

Список використаних джерел

1. Пиркова О. В. Організаційно-методичний механізм формування та використання містобудівного моніторингу земель міст : характеристика і технології реалізації. *Землекористування, оцінка землі і нерухомості*. Вип. 124. 2015. С. 91–96.
2. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України. 17 лютого 2011 року № 3038-VI. [Електронний ресурс]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#n303>
3. Порядок ведення містобудівного моніторингу : Наказ міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства № 170 від 01.09.2011 р. [Електронний ресурс]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1268-11#Text>
4. Смілка В. А. Характеристика містобудівного моніторингу як системи керування містом. *Проблеми розвитку міського середовища*. Вип. 1 (17). 2017. С. 127–136.
5. Смілка В. А. Функціональна модель системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів. *Технічні науки та технології*. № 2 (16). 2019. С. 190–196.

ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА (ОГЛЯД)

Губенко С. І.^{1,2}, докт. техн. наук, проф., Парусов Е. В.², докт. техн. наук, с. н. с.

¹ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

²Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова Національної академії наук України

¹sgubenko@gmail.com, ²tometal@ukr.net

Постановка проблеми. Сучасне будівництво потребує нових підходів, до яких відносять розробку інноваційних будівельних матеріалів і технологій їх отримання, що мають значні переваги перед традиційними матеріалами, такі як підвищена міцність, енергоефективність і нові функціональні можливості. Ці матеріали володіють унікальними властивостями та додатковими функціями, сприяють економічному, безпечному та екологічному будівництву, дозволяючи створювати унікальні та сучасні споруди [1].

Мета дослідження – аналіз сучасних інноваційних будівельних матеріалів.

Результати дослідження. Серед безлічі інноваційних будівельних матеріалів виділяють такі:

Будівельні високоміцні сталі – призначені для виготовлення будівельних конструкцій (мости, ферми, опори високовольтних передач); арматури залізобетону; котлів, труб газо- та нафтопроводів. Великий внесок у їх розробку сталей зробила наукова школа матеріалознавців ННІ «ПДАБА». Безперервно збільшується виробництво легких сталевих конструкцій з економічних профілів прокату та низьколегованих, високоміцних сталей (маса легких конструкцій порівняно із звичайними менше у 4–6 разів). У сейсмічно небезпечних регіонах, так звані, «танцюючі будівлі», розташовують на сталевих рамах з конструкційної сталі, яка міцніша за бетон і цеглу у 10 разів.

Smart або розумні матеріали. Самовідновлювані матеріали – здатні відновити цілісність структури у разі її пошкодження або руйнування через зовнішній вплив. Цей клас матеріалів включає полімери, метали, кераміку, бетони, які використовують хімічні реакції або фізичні властивості відновлення своєї структури. Існує бетон, що самовідновлюється, який містить мікрокапсульовану натрієво-силікатну суміш.

Нанокристалічні матеріали та нанотехнології. Графен є алотропною модифікацією вуглецю, яка утворена одноатомним шаром, що складається з шестикутних комірок. Застосування графена підсилює композитні матеріали, які можна використовувати в будівництві (бетон, метали і сплави, гума). Новий бетон з додаванням графену на 150 % міцніше звичайного бетону. Вуглецева нанотрубка являє собою аллотропну модифікацію вуглецю, що має порожню циліндричну структуру діаметром від десятих до кількох десятків нм і довжиною від одного мкм до декількох см. Існують технології, що дозволяють сплітати їх в нитки необмеженої довжини, які складаються з однієї або декількох згорнутих в трубку графенових площин. Вуглецеві нанотрубки набагато міцніше і при цьому легше сталі і інших металів. Вони підвищують властивості бетону. Нанотрубки також застосовують для отримання надміцних тросів (можуть тримати вагу до 1 т/мм²). Надміцний матеріал для будівництва споруд спецпризначення, отриманий з відходів промислового виробництва – це композитний матеріал, що складається із щебеню, вапняку, золи, гіперпластифікатора та компонентів звичайного бетону. За допомогою сучасних технологій отриманий з відходів порошок подрібнюється до нм. Його можна використовувати для будівництва гідротехнічних споруд, пірсів, ракетних шахт, ядерних реакторів, злітно-посадкових смуг та інших спеціальних споруд.

Композиційні матеріали. Високоміцні полімерні композиційні матеріали мають границю міцності 750–800 МПа. Проблема довговічності армування бетону для ЗБК є великою проблемою у будівельній промисловості, склопластикова арматура дозволяє її вирішити. СВМ – скловолокнистий анізотропний матеріал (з орієнтованими скляними волокнами); міцність при розтягу – до 1000 МПа; щільність – 1800–2000 кг/м³. Перспективне застосування: арматура в бетонах, для обшивок багатошарових панелей, огороження лоджій,

балконів, при посиленні мостів, висотних споруд та в інших конструкціях, що піддаються в процесі експлуатації дії блукаючих струмів, загальній корозії і динамічним навантаженням тощо. *Боропластики* забезпечують високу міцність, довговічність, що робить їх придатними для використання у різних будівельних проєктах, у тому числі для виготовлення панелей, перегородок, балок, елементів покрівлі. Враховуючи низьку щільність полімерних композиційних матеріалів, при їх застосуванні досягається значне зниження маси будівельних конструкцій, підвищення їх надійності. Завдяки високій стійкості полімерних композитів до корозії, підвищується надійність та довговічність експлуатації будівельних конструкцій.

Сейсмостійкі будівлі особливо потребують ретельного підбору будівельних матеріалів, здатних забезпечити високу конструкційну міцність. Розроблено композиційні матеріали для стін та несучих конструкцій. Цілі модулі виготовляють із полегшених, але особливо міцних матеріалів, які у 10 разів легші, ніж бетонні блоки того ж розміру у 100 разів міцніші, ніж традиційні будматеріали, а термін експлуатації визначено у 1 тис. років. Сейсмостійкі матеріали: композиційні матеріали, міцна конструкційна сталь, деревина, пластики, сплави з пам'яттю форми, вуглецеве волокно.

Створено композитний бетон із застосуванням як добавки керамічних матеріалів, параметри якого перевищують показники кращих існуючих зразків на 50 %. Біоінспірований бетон – розроблено композити, що імітують природну структуру перламутру, з використанням портландцементу та незначної кількості полімеру. Цей матеріал демонструє у 19 разів більшу пластичність та у 17 разів більш високу стійкість до розтріскування порівняно з цільним цементним зразком.

«Рідкий метал» – інноваційний композиційний матеріал майбутнього, на 95 % складається з металевого пилю наночастинок заліза, міді, алюмінію, латуні, цинку та їх комбінації. Однією з головних переваг «рідкого металу» є здатність до зміни форми та плинності за певної температури. Це дозволяє використовувати його для створення форм, які складно чи неможливо виготовити з інших матеріалів. Застосовується у будівництві.

Грибна цегла. Багато будівельних компаній активно вивчають властивості грибного міцелію для створення інноваційних екологічних будматеріалів.

Адитивні технології дозволяють виготовляти будь-який виріб пошарово на основі комп'ютерної 3D моделі. Можливе застосування для будівництва будівель та споруд із використанням 3D-друку бетоном на гігантських будівельних 3D-принтерах.

Ситали. У будівництві перспективне застосування ситалів – це частково закристалізоване скло.

Висновки. Необхідні подальші розробки перспективних інноваційних будівельних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Kultermann E., Spence Wi. P. Construction Materials, Methods, and Techniques : Building for a Sustainable Future. USA, Cengage Learning, 2021. 960 p.

УДК 624.014.2

ЕФЕКТИВНІ СХЕМИ ПІДСИЛЕННЯ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ШПРЕНГЕЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ

Гудзь С. А.¹, канд. техн. наук, доц., Гаркуша В. С.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

¹goods_s_a@pstu.edu, ²harkusha_v_s@pstu.edu

Постановка проблеми. Сучасне будівництво все частіше стикається з викликами, пов'язаними з потребою підсилення елементів існуючих конструкцій, особливо сталевих балок, які можуть втратити свою тримальну здатність раптово внаслідок значних пошкоджень або з часом через корозію, втомне руйнування, перевантаження або зміни в

умовах експлуатації. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є застосування шпренгельних систем як способу підсилення, що дозволяє ефективно перерозподілити навантаження та зменшити деформації. Шпренгельні системи, завдяки своїй геометричній конфігурації та можливості адаптації до різних типів пошкоджень, демонструють значний потенціал у відновленні сталевих балок. Підвищення тримальної здатності досягається шляхом перетворення їх на малоелементну ферму з жорстким верхнім поясом.

На сьогодні практично відсутній систематизований підхід до порівняння ефективності різних схем шпренгельного підсилення сталевих балок, що ускладнює прийняття обґрунтованих рішень на стадії проєктування та реконструкції. Недостатність досліджень у цьому напрямі може призводити до нераціонального використання матеріалів, зниження рівня безпеки конструкцій та зростання витрат. Проведення порівняльного аналізу схем підсилення сталевих балок шпренгельними системами є актуальною науково-практичною задачею. Її вирішення дозволить визначити найбільш ефективні варіанти підсилення для конкретних умов експлуатації, підвищити надійність та економічність будівельних конструкцій, а також сприятиме подальшому розвитку методів реконструкції та модернізації споруд.

Мета дослідження. Для виявлення ефективності різних схем підсилення шпренгельними системами передбачається провести порівняння моделей підсилених конструкцій шляхом аналізу їх напружено-деформованого стану з метою удосконалення підходів до оцінки тримальної здатності найбільш поширених сталевих двотаврових балок постійного по довжині перерізу.

Результати дослідження. Елементи шпренгельної конструкції виготовляють централізовано та прикріплюють до підсилюваної балки за допомогою болтів або зварюванням. Проте вибір оптимальної схеми підсилення залишається складним завданням. Існує багато варіантів конфігурацій шпренгельних систем, і кожна з них має свої переваги та недоліки з погляду жорсткості, міцності, складності монтажу, вартості та довговічності. Тому було поставлено низку задач, розв’язання яких дозволить виконати мету дослідження:

1. Ознайомитися з правилами та рекомендаціями дослідників щодо підсилення сталевих балкових конструкцій, зокрема із застосуванням шпренгельних елементів.
2. Провести аналіз існуючих схем підсилення сталевих балок з акцентом на шпренгельні системи та класифікувати їх за різними ознаками.
3. Запропонувати ефективні та раціональні варіанти підсилення сталевих балок шпренгельними системами залежно від експлуатаційних умов, а також оцінити їхню ефективність з погляду економіки та надійності.
4. Обґрунтувати доцільність прийнятих конструктивних рішень на основі тривимірного проєктування у відповідних автоматизованих системах і будівельного інформаційного моделювання із використанням сучасного програмного забезпечення.

За останні роки значна увага дослідників була зосереджена на вивченні ефективності різних схем підсилення сталевих балок, зокрема із застосуванням шпренгельних систем. Такі системи підсилення розглядаються також як перспективний засіб покращення просторової жорсткості та стійкості сталевих балкових конструкцій, особливо у випадках, коли мають місце початкові пошкодження або локальні дефекти. Аналіз наукових джерел показує, що застосування шпренгельних систем є ефективним методом підсилення сталевих балок, що забезпечує, окрім покращення властивостей конструкцій, можливість їхньої раціональної модернізації.

У дослідженні [1] було проведено оптимізацію геометричних параметрів комбінованих систем із шпренгельною затяжкою, що є вирішальним чинником для забезпечення ефективної роботи, та отримано такі висновки. Висота шпренгеля у межах 20–30 % від прольоту дозволяє досягти раціонального розподілу зусиль. Положення затяжки в середній третині мінімізує внутрішні напруження. Конструктивна симетрія забезпечує рівномірність розподілу навантажень.

На основі отриманих висновків було запропоновано 3 варіанти підсилення балок шпренгельною системою пониженої висоти на частині прольоту із використанням підкосів, що поєднують позитивні сторони обох систем (рис. 1).

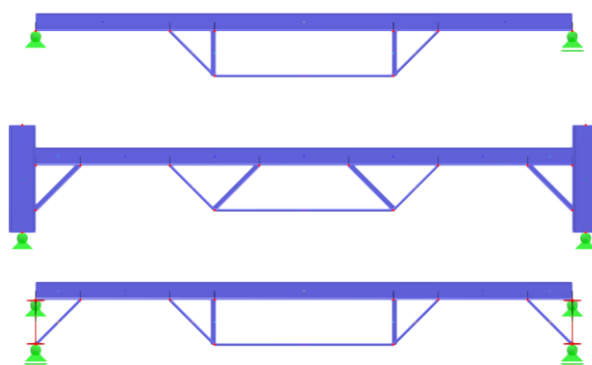


Рис. 1. Схеми підсилення балок шпренгельною системою на частині прольоту

Висновки. Практична цінність результатів полягає в можливості використання отриманих даних для вибору ефективних схем підсилення сталевих балок шпренгельними системами з урахуванням умов експлуатації. Запропоновані рішення сприятимуть підвищенню надійності та довговічності конструкцій, а також забезпечать економію матеріальних і трудових ресурсів під час реконструкції та модернізації будівель і споруд. Оптимальні параметри дозволяють зменшити вагу конструкції до 15 %, що є значущим економічним фактором при проєктуванні підсилення. Результати дослідження свідчать про техніко-економічну доцільність застосування шпренгельних схем підсилення. Тому доцільно продовжити дослідження у напрямках числового моделювання різних варіантів шпренгельних схем; оптимізації розташування шпренгелів і підкосів з метою зменшення маси підсилення.

Список використаних джерел

1. Гудзь С. А., Яних А. Д. Оптимізація геометричних параметрів комбінованих систем покриття із шпренгельною затяжкою. Університетська наука–2025 : тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. (Дніпро, 15–16 травня 2025 р.): в 3 т. Т. 1. Дніпро : ДВНЗ «ПДТУ», 2025. С. 153–155.

УДК 624.042 + 539.3 + 539.4 + 519.67

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГРЕСУЮЧИХ ДИНАМІЧНИХ РУЙНУВАНЬ У КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗІ СКЛАДНОЮ ДИСПАТИВНОЮ СТРУКТУРОЮ З УРАХУВАННЯМ ЛОКАЛІЗОВАНИХ КОНТАКТНИХ ВЗАЄМОДІЙ

Давидов І. І.¹, канд. техн. наук, доц., Чабан В. П.², канд. техн. наук, доц.,
Ковтун-Горбачова Т. А.³, канд. техн. наук, доц., Ковтун К. А.⁴, аспір.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹i.i.davydov@ust.edu.ua, ²v.p.chaban@ust.edu.ua, ^{3,4}t.a.kovtun_horbachova@ust.edu.ua

Постановка проблеми. У контексті військових дій, збільшення аварій об’єктів критичної інфраструктури, завдання аналізу опору прогресуючому обваленню конструкцій та сейсμοзахисту вимагає використання не спрощених енергетичних підходів [1], а моделей, що враховують розриви-обвалення зв’язків після досягнення критичного деформаційного-енергетичного критерію, нелінійні та хвильові ефекти [2], локалізацію обвалення, впливу контактів при обваленні [3], гібридні методи моделювання, що можуть розглядати контакт, тертя [4], динамічний розвиток пошкоджень і руйнувань із врахуванням локальних контактів і дисипації матеріалу [5]. Але прогресуюче обвалення часто не враховується в реальному

масштабі часу та з локальними ефектами. Відсутні рекомендації щодо врахування нелінійної дисипації (дисипативні властивості залежні від амплітуди, частоти, контактного стану, швидкості контакту), зміни структури зв'язків під час обвалення (включення – вимкнення елементів), переходів між ковзанням і злипанням із гістерезисом (як у моделі Прігожина – Яковенко), зв'язків мікромеханіки (на рівні вузла) з макромеханікою (вся конструктивна система), врахування деградації зв'язків.

Мета дослідження. Створення математичної моделі та відповідного чисельного алгоритму для моделювання процесів прогресуючого динамічного обвалення конструктивних систем з ефектом локалізації зони пошкодження, що мають складну дисипативну структуру та локалізовані контактні зони. Передбачено врахування таких нелінійних ефектів, як сухе тертя, зазори, злипання, односторонні зв'язки, стохастичні імпульсні збурення для багатомасової конструктивної системи з локалізованими контактними взаємодіями, яка враховує імпульсно-залежну дисипацію та злипання на контактних зонах у поєднанні з адаптивною схемою деградації контактів.

Результати дослідження. Формулювання дискретної масової моделі з контактами виконується за допомогою диференціальних рівнянь руху (2-го порядку) [6] з урахуванням: сухого тертя (модель Кулона, в'язке тертя, двоступеневе тертя та інш.), односторонніх контактів (через множники Лагранжа або регуляризацию), зазорів (gap/contact model), демпфування (гістерезис, конструктивна дисипація), розгалужених траєкторій руйнування (if-умови, фільтрація станів, фазові переходи), використання методів hybrid FEM + DEM для моделювання динаміки після руйнування з фазовим керуванням між станами системи. Реалізація виконується за допомогою Python. Для верифікації застосовані дані лабораторних досліджень моделей сталевих балок та рам на вібростендах.

Відмінністю моделі є поєднання дискретного підходу [6] з реалізацією енергетичних критеріїв [1] деградації елементів і контактів, що дозволяє врахувати етапність руйнування, перенавантаження та взаємодію з локальними джерелами дисипації.

Наведено приклади динамічного моделювання рами як нелінійної системи з врахуванням одностороннього контакту реалізований через додаткову силу пружності, локальної жорсткості при ударі, ефект зазору – контакт активується лише при перевищенні положення маси певного значення, тертя (Кулона, тертя типу Stribeck), нелінійної жорсткості (кубічний додаток до пружного елемента між масами), реології (Voigt-модель: пружина + демпфер на масі, Шофілда – Скотт-Блера – врахування спадної в'язкості, тривалих післядій, складної пам'яті матеріалу, Максвелла – пружина та демпфер послідовно), розгалужених зв'язків багатозв'язної структури. На рисунку 1 наведено приклад віброграми для моделі рами, яка демонструє переломи – переходи через зазор; витки різного розміру – стохастичні імпульси збурення; загасання – є дисипація (сухе тертя зі злипанням), зв'язки між елементами рами – пружні з обмеженим переміщенням. Фазовий портрет демонструє енергію системи, що змінюється через імпульси, тертя й зазор. Це дозволяє аналізувати локалізацію пошкоджень за різкою зміною траєкторії або збільшенням амплітуди, аналізувати характер дисипації, оцінити стійкість системи – швидкість переходу системи до хаотичних коливань та енергетичні пастки по фіксації режимів злипання.

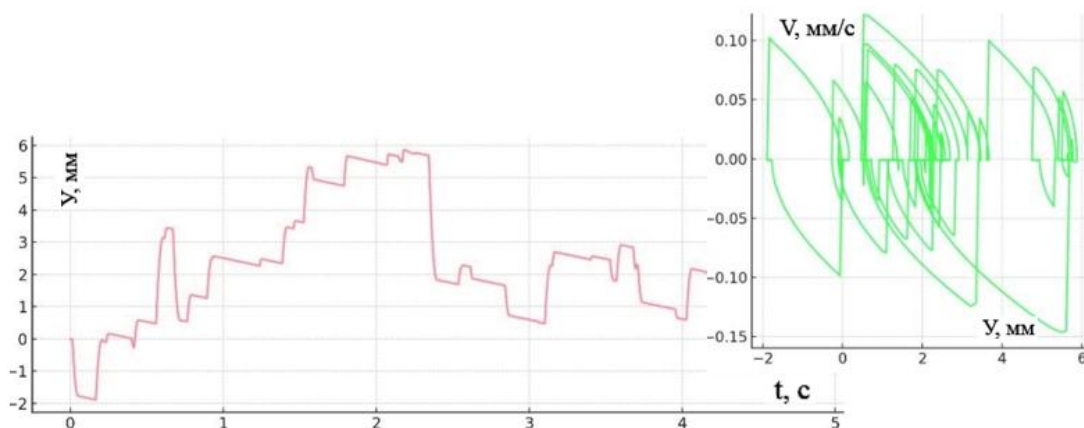


Рис. 1. Віброграми для моделі рами та фазовий портрет

Висновки. Запропоновано узагальнене математичне формулювання для дискретних дисипативних систем зі змінною контакту, включно з моделлю злипання-розлипання та сухим тертям у рамках підходу негладкої механіки. Розроблено алгоритм чисельної інтеграції диференціальних рівнянь руху, що враховує односторонні зв'язки та локалізовані контактні взаємодії зі стохастичною компонентною навантаження. Проведено порівняння результатів моделювання з реальними сценаріями прогресуючих руйнувань, що дозволило виявити критичні конфігурації контактних взаємодій у каркасних системах.

Список використаних джерел

1. Bažant Z. P., Zhou Y. Why Did the World Trade Center Collapse? Simple Analysis. *Journal of Engineering Mechanics*. 2002. Vol. 128 (1). Pp. 2–6. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\) 0733-9399\(2002\)128:1\(2\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE) 0733-9399(2002)128:1(2)).
2. Wittel F., Kröplin B., Busse G. Damage and its Evolution in Fiber-Composite Materials. Simulation and Non-Destructive Evaluation. 2006. Pp. 1–22. Books on Demand. ISBN 3-930683-90-3.
3. Masoero E., Wittel F. K., Herrmann H. J., Chiaia B. M. Progressive collapse mechanisms of brittle and ductile framed structures. *Journal of Engineering Mechanics*. 2010. Vol. 136 (8). Pp. 987–995. [Електронний ресурс]. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0000143](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000143).
4. Jihong Ye, Nian Qi. Combination of DEM/FEM for Progressive Collapse Simulation of Domes Under Earthquake Action. *International Journal of Steel Structures*. 2018. Vol. 18, № 1. Pp. 305–316.
5. Yang X., Gao W., Liu W., Li F. A dynamic coupling model of peridynamics and finite elements for progressive damage analysis. *International Journal of Fracture*. 2023. Vol. 241 (1). Pp. 27–52. [Електронний ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1007/s10704-022-00687-3>.
6. Kulyabko V. V., Davydov I. I. Laboratory of dynamics and diagnostics of constructions. *Archives of Civil Engineering (Polish Academy of Sciences, Institute of fundamental technological research)*. 2003. Vol. 49, № 3. Pp. 25–50.

УДК 711.4

ПРИНЦИПИ РЕІНТЕГРАЦІЇ ДЕГРАДУЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ У МІСЬКИЙ ПРОСТІР

Донець А. В.¹, магістрант, Товстик Т. М.², доц.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій ¹artemdonets2003@gmail.com,

²tovstyk.tamara@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Деградуючі промислові території становлять серйозну проблему для розвитку сучасного міського середовища. Втрата їхньої функціональності, екологічне забруднення та архітектурна занедбаність створюють бар'єри для сталого розвитку міст. У місті Дніпро існує дуже велика частина спустошених та деградуючих промислових територій, які потребують реінтеграції та ревіталізації. Наявність подібних територій спричиняє низку негативних наслідків для міського середовища, серед яких: відсутність функціональності та планування простору – занедбані території не виконують жодної корисної функції для міста та створюють розриви у міській структурі; зростання кримінальної активності – занедбаність і відсутність контролю з боку громадськості та влади сприяють появі антисоціальних явищ; погіршення екологічного стану – промислові залишки, забруднення ґрунтів і повітря створюють загрозу для довкілля та здоров'я мешканців.

Таким чином, постає нагальна потреба у розробці та реалізації ефективних стратегій реінтеграції цих територій у міське середовище з урахуванням принципів сталого розвитку, просторової гармонії та соціальної безпеки.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є визначення принципів реінтеграції деградуючих промислових територій у міський простір з урахуванням сучасних урбаністичних підходів і потреб міста. Дослідження спрямоване на оптимізацію використання таких територій, їх поступове скорочення у структурі міста, а також трансформацію у функціонально цінні та естетично привабливі міські простори. Основні завдання дослідження: оптимізація структури міста за рахунок ефективного переосмислення й повторного використання промислових територій; поліпшення архітектурно-просторових характеристик і загальної естетичної якості міського середовища; виявлення, збереження та адаптація до сучасних потреб пам'яток промислової архітектури і технічної культури; охорона та екологічне відновлення природного ландшафту, інтегрованого в міське середовище.

Результати дослідження. У процесі дослідження було визначено, що ефективна реінтеграція деградуючих промислових територій в структуру міста можлива лише за умови дотримання комплексу принципів, що враховують архітектурні, соціальні, екологічні та культурні аспекти. До таких принципів належать:

Принцип комплексності реновації промислових територій передбачає певний блок заходів, спрямованих на визначення нової функції, нової планувальної структури території з урахуванням всього організму міста в цілому.

Принцип рейтингової значущості полягає в аналізі статистичних даних за станом і наявністю занедбаних промислових територій.

Принцип інвентаризації передбачає виявлення елементів планування й забудови промислових територій, а також об'єктів архітектурно-містобудівної спадщини на промислових територіях і оцінку їхньої ролі в композиції та обличчі міста.

Принцип пріоритету полягає у визначенні першочерговості найбільш ефективного функціонального рішення в економічному та екологічному аспектах реновації в певному локальному місці саме для певного конкретного міста.

Принцип алгоритмізації передбачає проведення реновації послідовно й покроково відповідно до прийнятої методики.

Принцип адаптації визначає можливість реновації та трансформації промислової території. Тобто після заходів інженерно-технічної перебудови й перепланування внутрішнього простору з'являються можливості створення багатофункціональних центрів для обслуговування житлових масивів.

Принцип гуманізації припускає розвиток міського середовища для потреб людини (вимоги до його життєдіяльності, ґрунтовані на здоровому образі життя: створення нових зелених просторів, об'єктів обслуговування, спорту й відпочинку).

Принцип соціальної спрямованості передбачає створення просторів, комфортних для людей з особливими потребами з урахуванням їхніх складних життєвих обставин.

Принцип оновлення та адаптивності полягає у використанні тимчасових конструкцій, що легко встановлюються та демонтуються при необхідності, для самовідновлення деяких природних компонентів.

Принцип культурної матриці припускає облік культурних традицій, релігійних уявлень і особливостей національного побуту, на основі яких відбувається ідентифікація та самоідентифікація міста.

Принцип дигітальної архітектури полягає у формуванні зовнішнього вигляду з використанням комп'ютерних технологій, а також функціонуванні споруд тільки за принципом «розумних будівель».

Принцип біопозитивності відбивається у використанні натуральних матеріалів, що дає змогу створити сприятливе середовище для людини, відновити природну структуру міста.

Принцип історичної спадкоємності припускає відновлення та збереження історичних місць міста.

Принцип екологічної збалансованості здійснюється в рамках екологічних обмежень, збереження динамічної рівноваги між усіма компонентами біосфери, раціонального використання та відтворення природних ресурсів.

Висновки. Для ефективної реінтеграції промислових територій у міське середовище необхідно ретельно дослідити кожну ділянку, враховуючи її розташування, функціональний потенціал та наявні об’єкти. Реконструкція промислових територій в історичному центрі міста потребує збереження ключових елементів промислової архітектури як важливої складової історичної пам’яті міста. Поетапний план реінтеграції промислових зон передбачатиме поступову реалізацію – від найнеобхідніших перетворень до перспективних, орієнтованих на довготривалу стратегію розвитку міста.

Список використаних джерел

1. Гайко Ю. І., Гнатченко Є. Ю., Завальний О. В., Шишкін Е. А. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 353 с. URL: <https://surl.li/yucphi>
2. Силогаева В. В. Определение принципов комплексной реновации на основании анализа исторических градостроительных этапов формирования города (на примере г. Запорожье) [Электронный ресурс]. *Вестник ТГАСУ*. 2014. № 4. С. 31–40. URL: <https://surl.li/rglrgk>

УДК 624.01

МОДЕЛЮВАННЯ УТРИМУЮЧИХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ СХИЛОВОЇ ТЕРИТОРІЇ М. ДНІПРО

Дюльдєв А. О.¹, аспір., Сєдін В. Л.², докт. техн. наук, проф.,
Ковба В. В.³, канд. техн. наук, доц.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету у науки і технологій

¹diyldev.anton@365.pdaba.edu.ua, ²sedin.volodymyr@pdaba.edu.ua,

³kovba.vladyslav@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Будівництво в умовах складного рельєфу, особливо на зсувонебезпечних територіях із щільною міською забудовою, вимагає застосування сучасних технічних рішень, що забезпечують безпечну та економічно обґрунтовану реалізацію інженерних проектів. Одним з таких рішень є проектування ефективних утримуючих конструкцій, які одночасно виконують функцію огороження котлованів. У таких умовах інженерно-геологічна ситуація часто є унікальною [2], що потребує адаптованих конструктивних рішень, які не завжди очевидні з першого погляду.

Саме тому, використання числового моделювання з урахуванням нелінійної поведінки ґрунтів дає можливість точного аналізу роботи утримуючих конструкцій під дією статичних та гідрогеологічних навантажень. Такий підхід потребує складних математичних обчислень, реалізація яких можлива лише за допомогою сучасних розрахункових програмних комплексів, зокрема PLAXIS 3D [1].

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування конструктивної схеми підпірної стіни, що виконується з буріон’єкційних паль, а також визначення ефективних варіантів закріплення її елементів з урахуванням складних умов схилової території балки Довга в місті Дніпро.

Результати дослідження. Як об’єкт дослідження було обрано зону в межах зсувонебезпечної території, розташовану в центральній частині міста Дніпро (Довга балка), де передбачається влаштування котловану для нового будівництва. Основною задачею стало проектування підпірної стіни, що виконує функції огороження та стабілізації схилу.

Для зменшення обчислювального навантаження та оптимізації розрахункового процесу було виділено ділянку розміром 50×200 метрів для побудови числової моделі в середовищі PLAXIS 3D (рис. 1). Обчислення проводились для восьми інженерно-геологічних елементів (ІГЕ), визначених за результатами інженерних вишукувань.

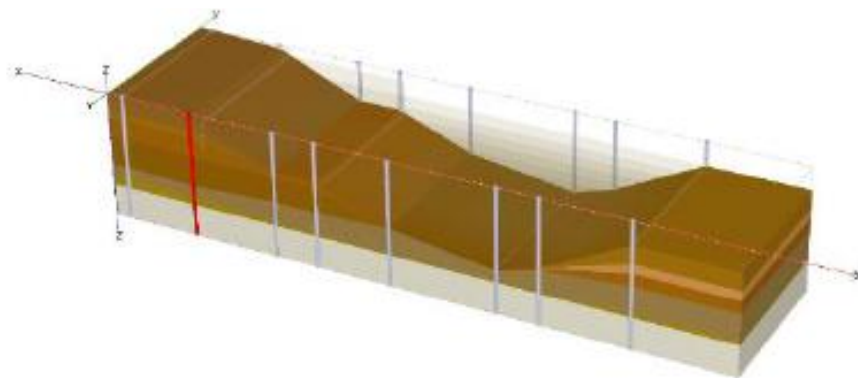


Рис. 1. Модель багатошарового ґрунтового масиву з свердловинами

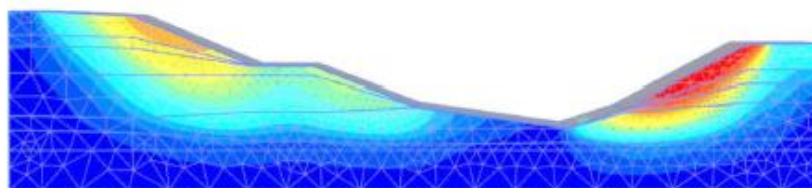


Рис. 2. Загальна картина переміщень при повному водонасиченні ґрунтового масиву схилу

Територія дослідження характеризується змінним рівнем зволоження, що суттєво впливає на стабільність схилу. В ході числового моделювання було встановлено, що у разі повного водонасичення ґрунтової товщі, стан схилу переходить у критичний. Це підтверджується значенням коефіцієнта стійкості $\Sigma Msf < 1.2$ (рис. 2), отриманим шляхом реалізації методу зниження кута внутрішнього тертя (ϕ -reduction).

У моделі було враховано багатошарову структуру ґрунту та систему буроін'єкційних паль як основний елемент огороження котловану. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкцій вели методом скінченних елементів, з урахуванням горизонтального навантаження на умовну ділянку шириною 1 м (плоска постановка моделювання) [3].

Оцінка стійкості проводилась на кожному етапі аналізу шляхом визначення коефіцієнта ΣMsf . Цей коефіцієнт демонструє співвідношення між реальною та граничною міцністю ґрунту, дозволяючи оцінити схильність до зсувів і ефективність вжитих інженерних заходів.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що буроін'єкційні або буронабивні палі залишаються найбільш доцільними конструктивними рішеннями для влаштування утримуючих геотехнічних споруд на схилах, які перебувають у нестійкому або наближеному до нестійкого стану.

Моделювання взаємодії елементів системи «утримуюча конструкція – ґрунтовий масив» дозволило визначити оптимальні параметри конструкції та параметри моделі ґрунтів для забезпечення необхідного рівня безпеки.

Ці результати можуть бути використані при розробці технічних рішень для будівництва в складних інженерно-геологічних умовах та щільної міської забудови.

Список використаних джерел

1. Скочко Л. О., Бойко І. П. Моделювання взаємодії комплексних підпірних стін з ґрунтовою основою. Містобудування та територіальне планування. Київ : КНУБА, 2012. Вип. 46. С. 528–536.
2. Біда С. В., Великодний Ю. Й., Куц О. В., Підрійко К. В., Ягольник А. М. Зсувні процеси на схилах річкових долин, складених лесовими ґрунтами (на прикладі полтавського лесового плато). *Основи та фундаменти*. 2015. Вип. 37. С. 260–271.
3. Ручківський В. В. Особливості взаємодії інженерних захисних конструкцій з ґрунтовою основою при влаштуванні підземних приміщень в щільно забудованій території : дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук. за спец. 05-23-01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Київ : КНУБА, 2024. 131 с.

УДК 004.942:624.04:624.953

СТІЙКІСТЬ ТОНКОСТІННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК

Єгоров Є. А.¹, докт. техн. наук, проф., Івченко Ю. В.¹, канд. техн. наук,Івченко О. М.¹, аспір., Кучеренко О. Є.², канд. техн. наук, с. н. с.^{1,2,3} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

⁴ Інститут технічної механіки Національної академії наук України

і Державного космічного агентства України

¹yehorov.yevhenii@pdaba.edu.ua, ²ivchenko.yuliia@pdaba.edu.ua,³ivchenko.oleksandr@365.pdaba.edu.ua, ⁴ak_sci@proton.me

Постановка проблеми. В нормах проектування [1] для розрахунку на стійкість будь-яких конструкцій у вигляді циліндричних оболонок (наприклад, стінки сталевго резервуара або силосу) використовують наступну формулу:

$$\frac{\gamma_n}{\gamma_c} \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right) \leq 1, \quad (1)$$

де γ_n , γ_c – коефіцієнти, відповідно, надійності та умови роботи, визначаються за нормами проектування [1, 2]; σ_1 , σ_2 – сумарні напруження від дії меридіональних та радіальних навантажень; σ_{cr1} , σ_{cr2} – критичні значення відповідно, меридіональних та радіальних напружень, де σ_{cr2} визначається як критичний рівномірний тиск на оболонку.

Урахування вітрового навантаження в (1) потребує певного доповнення. В нормах проектування значення σ_{cr2} відповідає рівномірному розподілу радіального тиску за периметром оболонки, проте розподіл вітрового тиску по поверхні циліндричної оболонки є нерівномірним [3]. Зазначена суперечність розв’язується введенням коефіцієнта k_w , який повинен представити вітровий тиск по поверхні оболонки у вигляді еквівалентного рівномірного тиску:

$$q_{2we} = q_{2w} \cdot k_w. \quad (2)$$

Значення коефіцієнта k_w в українських нормах проектування [2] приймається рівним 0,5 для всіх циліндричних оболонок незалежно від їхніх геометричних параметрів.

Мета дослідження. Наукове обґрунтування значення коефіцієнта переходу від вітрового тиску на циліндричну оболонку до рівномірного радіального тиску.

Результати дослідження. Проведені авторами дослідження доводять, що можливий перехід від вітрового тиску на циліндричну оболонку до рівномірного радіального тиску залежить від конкретних параметрів самої оболонки. Це підтверджується і європейськими нормами проектування, де k_w визначається за формулою:

$$k_w^* = 0,46 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{c_w r}{wt}} \right), \quad (3)$$

де c_w – коефіцієнт, що залежить від умов закріплення оболонки; $w = \frac{l}{\sqrt{r \cdot t}}$ (r , t , l – відповідно, радіус, товщина і довжина оболонки).

На основі низки перетворень формули (1) авторами доведено, що k_w може визначатися наступним чином:

$$k_w = \frac{p_{cr2}}{q_{cr2w}}, \quad (4)$$

де p_{cr2} – критичне значення зовнішнього рівномірного тиску, q_{cr2w} – критичне значення дійсного фронтального вітрового тиску. Кожне з наведених в (4) критичних значень залежить від основних геометричних параметрів оболонки.

Для визначення q_{cr2w} автори провели ряд комп’ютерних експериментів з використанням програмних комплексів LIRA [4], ANSYS [5] і OpenFOAM [6]. За результатами числового моделювання побудовано регресійну залежність [6], яка дає змогу аналітично визначати k_w в широкому діапазоні геометричних параметрів оболонки.

Відповідно до норм проектування [1, 2] визначення σ_{cr2} в (1) здійснюється за формулою Папковича з введенням понижувального коефіцієнта $\gamma = 0,6$, який урахує вплив геометричних недосконалостей поверхні оболонки на критичне значення навантаження. Автоматично це веде до зменшення значення p_{cr2} . Такий же коефіцієнт застосовується і до q_{cr2w} при визначенні k_w за формулою (4).

Результати розрахунків дозволяють стверджувати, що для широкого кола параметрів оболонок $k_w > 0,5$. Це означає, що прийнята у нормативних документах умова не забезпечує необхідний рівень надійності циліндричних оболонок.

Висновки. Показано, що для конструкцій у вигляді циліндричних оболонок коефіцієнт переходу k_w від дійсного розподілу вітрового тиску до рівномірного радіального тиску залежить від геометричних параметрів оболонкової конструкції.

Результати численних досліджень підтверджують, що у широкому діапазоні параметрів оболонок $k_w > 0,5$. Цей факт свідчить про те, що відповідні нормативні документи України потребують коригування з метою встановлення науково обґрунтованого підходу до визначення коефіцієнта приведення вітрового тиску k_w .

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.
2. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93.3 кПа : відомчі будівельні норми України. Київ : Держкомнафтогаз, 1994. 98 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 60 с.
4. Єгоров Є. А., Ісмагулов Б. Г., Федоряка Ю. В. Уточнення інженерних оцінок стійкості сталевих резервуарів. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2010. № 1. С. 26–31.
5. Єгоров Є. А., Кучеренко О. Є. Комп'ютерне моделювання тонкостінних оболонкових структур з геометричними недосконалостями. *Опір матеріалів і теорія споруд*. Київ: КНУБА, 2023. Вип. 111. С. 205–213.
6. Єгоров Є. А., Кучеренко О. Є. Циліндричні оболонки у вітровому потоці: регресійний аналіз коефіцієнта приведення. *Опір матеріалів і теорія споруд*. Київ : КНУБА, 2025. Вип. 114. С. 165–172.

УДК 539.3

НАПРУЖЕННЯ В КВАДРАТНІЙ ПЛИТІ ВІД ДІЇ ЛОКАЛЬНИХ І ЗОСЕРЕДЖЕНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Зеленський А. Г.¹, докт. ф.-м. наук, проф., Болховець О. С.², студ.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹a.zelensky@ukr.net, ²tedgungd@gmail.com

Постановка проблеми. Сьогодні в нашій країні кількість пошкоджених або повністю знищених будівель зростає значними темпами. Через це виникає необхідність у тому, щоб пришвидшувати не лише етапи будівництва та ремонту, а також і етапи моделювання та проектування. Особливо це стосується плит перекриття, які після руйнування не лише дуже ускладнюють ремонт будівлі або навіть унеможливають його, а й також призводять до людських жертв. Прямокутні плити обирають при зведенні майже кожної будівлі, тому важливо приділяти їм більше уваги при проектуванні. Важливим є поглиблені дослідження та якісний і кількісний аналіз напруженого стану плит за різних навантажень, що суттєво при розрахунках на міцність. Методам розрахунку плит присвячено багато наукових праць. Огляд публікацій цього напрямку наведено, зокрема в [1–3].

Мета дослідження: на основі класичної теорії [1] провести розрахунки плит та

проаналізувати закономірності розподілу напружень від різного роду навантажень. Такий аналіз дасть змогу визначити небезпечні місця з екстремальними напруженнями, що має вирішальне значення для забезпечення міцності конструкції. Одержані результати сприятимуть оптимізації геометричних параметрів, а також вибору раціональних матеріалів для виготовлення плит.

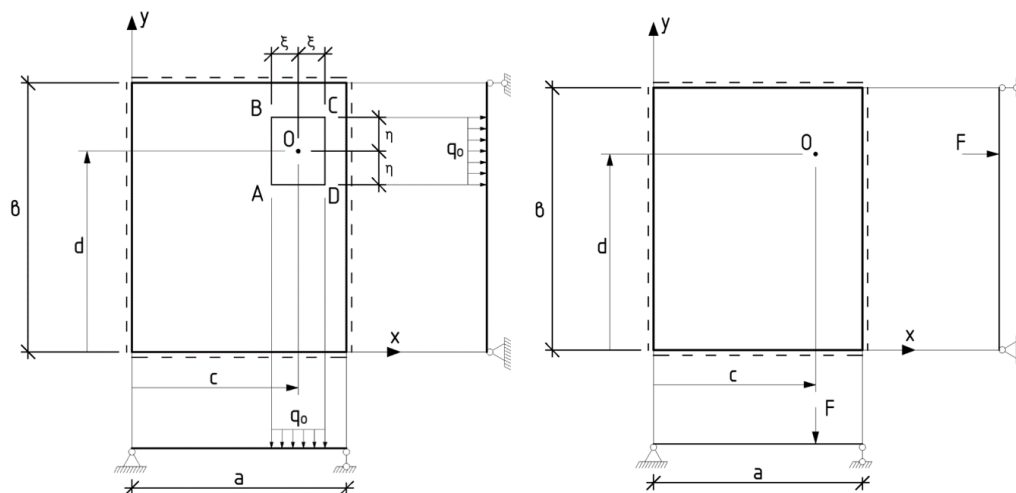


Рис. 1. Загальний вигляд прямокутної плити з шарнірним опиранням: зліва – за дії локального розподіленого навантаження; праворуч – за дії зосередженої сили

Результати дослідження. Для дослідження напруженого стану плит від дії відповідних навантажень було взято квадратні ізотропні плити з шарнірним опиранням по кожному краю. Розміри плити в плані приймалися наступними: $a = b = 4 \text{ м}$, матеріал – сталь Ст3 (модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$). Розглядалися такі навантаження: розподілене по всій поверхні плити, розподілене на локальній площадці розмірами $2\xi \times 2\eta$ та у вигляді зосередженої сили F . Значення сили було взято $F = 48 \text{ кН}$, значення розподіленого навантаження підбиралося таким чином, щоб рівнодійна R у всіх випадках дорівнювала зосередженій силі F . Положення центру площадки навантаження та зосередженої сили визначалися розмірами c та d .

У таблиці наведено значення найбільшого розрахункового напруження та його положення.

Таблиця

Значення та точки найбільшого розрахункового напруження в плиті від зосередженої сили та площадок навантаження різного розміру при їх різному положенні відносно центра плити вздовж центральної горизонтальної вісі (при $y = b / 2$)

	Повне завантаження	$\xi = \eta = a / 4$	$\xi = \eta = a / 8$	Сила F
$c = \frac{4a}{8} = 2 \text{ м}$	$\sigma_p = 5,517$ $x = 2 \text{ м}$	$\sigma_p = 13,564$ $x = 2 \text{ м}$	$\sigma_p = 21,809$ $x = 2 \text{ м}$	$\sigma_p = 51,844$ $x = 2 \text{ м}$
$c = \frac{5a}{8} = 2,5 \text{ м}$	- -	$\sigma_p = 13,001$ $x = 2,35 \text{ м}$	$\sigma_p = 21,167$ $x = 2,45 \text{ м}$	$\sigma_p = 51,079$ $x = 2,5 \text{ м}$
$c = \frac{6a}{8} = 3 \text{ м}$	- -	$\sigma_p = 11,136$ $x = 2,7 \text{ м}$	$\sigma_p = 18,933$ $x = 2,9 \text{ м}$	$\sigma_p = 48,585$ $x = 3,0 \text{ м}$
$c = \frac{7a}{8} = 3,5 \text{ м}$	- -	- -	$\sigma_p = 13,649$ $x = 3,3 \text{ м}$	$\sigma_p = 42,406$ $x = 3,5 \text{ м}$

Примітка: значення σ_p розраховувалося через кожні 5 см, σ_p – у МПа.

Висновки. У даному дослідженні отримано та проаналізовано значну кількість числових результатів. Зменшення розмірів площадки навантаження до зосередженої сили при постійній рівнодійній призводить до збільшення концентрації навантаження, а також до збільшення значення розрахункового напруження. Зміщення центру прикладання навантаження призводить до зменшення максимального напруження.

Список використаних джерел

1. Тимошенко С. П., Войновський-Кригер С. Пластинки і оболонки. Москва : Вид-во фіз.-мат. літ., 1963. 636 с.
2. Неміш Ю. М., Хома І. Ю. Напружено-деформований стан нетонких оболонок і пластин. Узагальнена теорія (огляд). *Прикладна механіка*. 1993. Т. 29, № 11. С. 3–32.
3. Зеленський А. Г. Варіант математичної теорії трансверсально-ізотропних пластин довільної товщини : монографія. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2022. 258 с.

УДК 539.3

ІНДИВІДУАЛЬНІ КІМНАТИ УКРИТТЯ В КВАРТИРАХ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ – ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ГРОМАДЯН В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Зеленський А. Г.¹, докт. ф.-м. наук, проф., Слободянюк С. О.², докт. техн. наук, проф.,
Пугачов Р. В.³, студ.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹a.zelensky@ukr.net, ²slobodianiuk.sergey@gmail.com, ³radislavpugachev90@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасні реалії життя в Україні вимагають особливої уваги до питань безпеки населення. В умовах збройної агресії, частих обстрілів та потенційних техногенних аварій надзвичайно важливим стає забезпечення захисних споруд у житлових будинках та збереження життя українців. Вказані проблеми можуть вирішуватися проектуванням і побудовою надійних укриттів під житловими будинками [1], зведенням будинків з товстими стінами і перекриттями останніх поверхів [2], комплексним підходом до вирішення проблеми [3, 4]. Одним із рішень є облаштування індивідуальної кімнати укриття у кожній квартирі багатоповерхового будинку. Ця ідея буде залишатися актуальною і в майбутньому. Повторення військових дій або виникнення інших кризових ситуацій потребуватиме швидкого доступу населення до укриттів. Наявність індивідуальних захисних кімнат у квартирах стане важливим фактором для виживання. Ця робота є узагальненням і модернізацією роботи [5]. Теоретичні розрахунки міцності залізобетонних товстих перекриттів, стін і залізобетонних стержневих систем можуть бути виконані на основі варіантів математичної теорії [6; 7] та теорії [8].

Мета дослідження. Індивідуальна кімната укриття — це спеціально обладнане приміщення, розташоване всередині квартири чи будинку, яке призначене для тимчасового перебування мешканців під час небезпеки. Основна функція такого укриття полягає у забезпеченні мінімально необхідного рівня захисту від ударів крилатими ракетами, ударними дронами, від уламків, вибухових хвиль, пожежі, а також у створенні умов для короткочасного автономного існування людей. На відміну від загальних укриттів (під будинками, в місцях великого скупчення людей), які розраховані на значну кількість мешканців, індивідуальна кімната орієнтована на окрему сім'ю, яка проживає в квартирі. Вона дозволяє швидко уникнути загрози, не витрачаючи час на переміщення до віддаленого укриття. Мета дослідження: спроектувати максимально безпечні індивідуальні укриття для громадян безпосередньо в квартирах при мінімальних затратах.

Результати дослідження. Для того, щоб зробити потрібну нам споруду, ми маємо застосовувати наступне. 1) Плити перекриття квартирної укриття повинна мати збільшену товщину, щоб витримувати додаткове навантаження і забезпечувати кращий рівень захисту

від ударів, уламків чи обвалів (0,4–0,5 м суцільного залізобетону). 2) Стіни укриття мають бути товщими, ніж стандартні перегородки. Рекомендується використовувати матеріали з підвищеною міцністю, щоб характеристики таких стін були максимально наближені до несучих конструкцій будинку (0,6–0,7 м). 3) Несучі стіни будинку та стіни укриття повинні мати підвищену товщину, а сама товщину більше 0,6м, адже саме вони забезпечують загальну стійкість і здатність витримати ударні та вибухові навантаження. 4). Індивідуальні укриття мають скріплюватись по стояку товстою арматурною сіткою і всі стояки індивідуальних укриттів також повинні бути скріплені між собою міцною арматурою. Збільшення товщини плити під кімнатою укриття спричинятиме різницю рівнів між підлогою цього приміщення та суміжними кімнатами. У результаті використання більш товстих плит виникає поріг, який ускладнює пересування, особливо для дітей, людей похилого віку та людей з інвалідністю. Щоб вирішити цю проблему, можна застосувати такі інженерні рішення. 1) Зменшення порогу за рахунок стяжки. У сусідніх кімнатах робиться додаткова цементна стяжка, яка компенсує різницю у висоті плит. 2) Використання плавного пандуса. Якщо різницю рівнів не можна усунути, варто облаштувати невеликий нахилений пандус замість різкого порога. 3) Підйом загального рівня підлоги. 4) Використання підлогових покриттів різної товщини. Часткове вирівнювання можливе завдяки ламінату, плитці чи паркету з різною товщиною. Ці рішення дозволяють поєднати надійність укриття з комфортом у повсякденному житті.

Висновки. Індивідуальна кімната укриття в багатоквартирному будинку є сучасним та практичним засобом забезпечення безпеки мешканців. Вона дозволяє оперативно реагувати на небезпеку, зменшує ризики для життя та здоров'я, а також створює відчуття психологічної стабільності. Особливу увагу слід приділяти товщині плити перекриття та стін укриття, адже саме ці елементи визначають його реальну ефективність і міцність та стійкість до ударних навантажень. У майбутньому ідея таких кімнат залишатиметься актуальною через можливість повторення військових конфліктів, а для забудовників вона відкриває нові перспективи — продаж квартир із індивідуальними укриттями стане вигідним і конкурентним напрямком розвитку житлового будівництва.

Список використаних джерел

1. Курбатова А. А., Лазарєв Р. В., Полтавець В. В. (наук. кер-ки проф. Зеленський А. Г., проф. Слободянюк С. О.). Проектування укриття під житловим будинком. *Матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених «Наука і сталий розвиток транспорту»*. (27 листопада, Дніпро : УДУНТ, 2024). Т. 1. С. 122–123.
2. Брунеллі Р. (наук. кер-ки: проф. Зеленський А. Г., проф. Слободянюк С. О.). Проектування безпечних житлових будинків. *Матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених «Наука і сталий розвиток транспорту»*. (27 листопада, Дніпро : УДУНТ, 2024). Т. 1. С. 123.
3. Зеленський А. Г., Слободянюк С. О., Шатов С. В. Концептуальне вирішення проблеми захисту населення і житлових будинків від руйнувань, спричинених ударами і вибухами. *Матеріали XXIV Міжнародної наукової конференції «Математичні проблеми технічної механіки-2024»*. (Квітень 18–19, 2024, м. Дніпро). Т. 22. С. 187–189.
4. Богаченко С. В., Шатов С. В., Рудін А. А. Діагностика технічного стану будівельних конструкцій, які зазнали непередбачених впливів вибухового характеру. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 2 (014). С. 100–107.
5. Пугачов Р. В. (наук. кер-ки: проф. Зеленський А. Г., проф. Слободянюк С. О.). Проектування квартир будинку з індивідуальними укриттями. *Матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених «Наука і сталий розвиток транспорту»*. (27 листопада, м. Дніпро : УДУНТ, 2024). Т. 1. С. 124.
6. Плеханов А. В., Прусаков А. П. Об одном асимптотическом методе построения теории изгиба пластин средней толщины. *Механика твердого тела*. 1976. № 3. С. 84–90.
7. Зеленський А. Г. Варіант математичної теорії ортотропних і фізично нелінійних нетонких пластин : монографія. Дніпро : ПДАБА, 2023. 171 с.
8. Яценко Е. А., Слободянюк С. А. Теория длительной прочности и устойчивости стержневых железобетонных систем с учетом ползучести бетона. Днепропетровськ : ПДАБА, «Пороги», 2002. 252 с.

УДК 539.3

ВАРІАНТ МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ІЗОТРОПНИХ БАГАТОШАРОВИХ ПЛАСТИН НЕСИМЕТРИЧНИХ СТРУКТУР ДОВІЛЬНОЇ ПОСТІЙНОЇ ТОВЩИНИ

Зеленський А. Г.¹, докт. ф.-м. наук, проф., Слободянюк С. О.², докт. техн. наук, проф.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹a.zelensky@ukr.net, ²slobodianiuk.sergey@gmail.com

Постановка проблеми. Теорії однорідних та шаруватих елементів, які базуються на методі гіпотез, не завжди дають можливість отримувати розв'язки задач з необхідною точністю, оскільки їх точність обмежена прийнятими гіпотезами. Теорії цього напрямку наведені, зокрема, в [1–4]. Фундаментальний підхід з використанням тривимірних рівнянь рівноваги не дає можливості розв'язувати всі класи задач, оскільки пов'язаний з досить великими математичними труднощами [1; 5]. Тому розроблялись варіанти математичної теорії однорідних і шаруватих елементів, що базувались на математичних підходах, тобто не містили жодних гіпотез. Застосовувались різні методи зведення граничних задач до крайових, включаючи варіаційні з використанням поліномів Лежандра [3; 6–10]. Проблема на даному етапі полягає у розробці обґрунтованих варіантів математичної теорії, які давали б реальну можливість визначати з високою точністю напружено-деформований стан (НДС) багатошарових трансверсально-ізотропних пластин. Розглядаються пластини, які зазнають довільного поперечного навантаження на горизонтальних гранях, приймається ідеальне зчеплення шарів. Тангенціальні навантаження на горизонтальних гранях відсутні. Граничні умови на бічних гранях можуть бути довільними.

Мета дослідження. Побудувати варіант математичної теорії для вказаних багатошарових пластин довільної постійної товщини несиметричних структур і розробити математичні методи розв'язання отриманих диференціальних рівнянь рівноваги з урахуванням граничних умов та з'ясувати точність побудованого варіанта.

Результати дослідження. Побудовано відповідний варіант математичної теорії. Усі компоненти НДС та граничні умови на бічній поверхні є функціями трьох просторових координат. Просторові задачі зведені до двовимірних за допомогою тривимірних рівнянь теорії пружності, варіаційного принципу Рейснера та розкладу компонент НДС у нескінченні математичні ряди за комбінаціями поліномів Лежандра в межах кожного шару. Такий підхід відрізняється від інших більшою обґрунтованістю і можливостями розв'язання прикладних задач [2; 6–10]. Точно задовольняються граничні умови і умови ідеального зчеплення шарів.

Система диференціальних рівнянь рівноваги в третьому наближенні має 22-й порядок відносно 11-х складових компонент переміщень:

$$D_{m,1}u_0 + D_{m,2}v_0 + D_{m,3}u_1 + D_{m,4}v_1 + D_{m,5}u_2 + D_{m,6}v_2 + D_{m,7}u_3 + D_{m,8}v_3 + \\ + D_{m,9}w_1 + D_{m,10}w_2 + D_{m,11}w_3 = D_{mp}p + D_{mq}q, \quad (m = 1, 2, \dots, 11), \quad (1)$$

де D_{ij} – диференціальні оператори не вище 2-го порядку; D_{mp}, D_{mq} – диференціальні оператори не вище 1-го порядку. Усі оператори і функції залежать від механіко-геометричних параметрів пластини.

Розроблено аналітичний метод розв'язання системи (1). Метод ґрунтується на алгебраїчних, диференціальних та операторних перетвореннях. Отримані дві визначальні (зручні) системи.

Одна система (однорідна 6-го порядку) описує вихровий крайовий ефект:

$$H_{i1}\psi_1 + H_{i2}\psi_2 + H_{i3}\psi_3 = 0 \quad (i = 1, 2, 3), \quad (2)$$

де $\psi_i(x, y) = \partial u_i / \partial y - \partial v_i / \partial x$ – вихрові функції; H з індексами – диференціальні оператори не вище 2-го порядку.

Інша система (неоднорідна 16-го порядку) – описує внутрішній НДС з потенціальним крайовим ефектом:

$$D_0 D_0 D_0 D_0 D_1 D_2 D_3 D_4 \Phi_i(x, y) = f_i(x, y); (i = 1, 2, \dots, 5), \quad (3)$$

де $D_0 = \nabla^2$, $D_i = (\nabla^2 - s_i)$, $s_i - \text{const}$.

Обидві системи (2) і (3) зведені до диференціальних рівнянь 2-го порядку. Після знаходження розв'язків цих рівнянь зворотними перетвореннями визначаються розв'язки системи (1) з урахуванням граничних умов. Такий метод інтегрування початкової системи диференціальних рівнянь рівноваги (1) суттєво зменшує математичні складнощі їх розв'язання. Отримані числові результати, які вказують на високу точність побудованого варіанта математичної теорії.

Висновки. Розроблено новий варіант математичної теорії багатошарових трансверсально-ізотропних пластин довільної постійної товщини несиметричної структури, який з високою точністю описує НДС вказаних елементів. Розроблено ефективний метод розв'язання систем диференціальних рівнянь рівноваги високого порядку з частинними похідними відносно багатьох функцій від двох змінних, який полягає у зведенні їх до диференціальних рівнянь другого порядку.

Список використаних джерел

1. Неміш Ю. М., Хома І. Ю. Напружено-деформований стан нетонких оболонок і пластин. Узагальнена теорія (огляд). *Прикладна механіка*. 1993. Т. 29, № 11. С. 3–32.
2. Пискунов В. Г., Рассказов А. О. Развитие теории слоистых пластин и оболочек. *Прикладна механіка*. 2002. Т. 38, № 2. С. 22–57.
3. Зеленський А. Г. Варіант математичної теорії трансверсально-ізотропних пластин довільної товщини : монографія. Дніпро : ПДАБА, 2022.
4. Si I., Chen W., Yi S., Yan Y. A new and efficient zigzag theory for laminated composite plates. *Composite Structures*. Vol. 322. P. 117356. 2023.
5. Григоренко Я. М., Василенко А. Т., Панкратова Н. Д. Статика анизотропных толстостенных оболочек. Київ : Вища школа, 1985.
6. Понятовский В. В. Уравнения теории слоистых пластин. Исследования по упругости и пластичности. Ленинград : ЛГУ, 1968. № 7. С. 53–61.
7. Хома І. Ю. Загальний розв'язок системи рівнянь рівноваги згину пластин теорії І. Н. Векуа в третьому наближенні. *Доповіді АН УССР*. Сер. А. 1972. № 1. С. 83–86.
8. Прусаков А. П. О построении теории изгиба пластин средней толщины энергоасимптотическим методом. *Прикладная механика*. 1975. Т. 11, № 10. С. 44–51.
9. Прусаков А. П. К теории изгиба слоистых пластин. *Прикладная механика*. 1997. Т. 33. С. 64–70.
10. Плеханов А. В. Итерационная теория деформирования слоистых оболочек. *Прикладная механика*. 1999. Т. 35, № 11. С. 40–45.

УДК 691.32

ЗАСТОСУВАННЯ СИЛОВОЇ ПІДЛОГИ ДЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТЯ

Іванейко М. М., аспір.

Національний університет «Львівська політехніка»

mykhailo.m.ivaneiko@lpnu.ua

Постановка проблеми. При дослідженні залізобетонних плит важливим завданням є правильне відтворення умов їхньої роботи у реальних умовах. У практиці плита зазнає рівномірно розподілених навантажень від власної ваги та корисних навантажень [1]. Саме тому в даній роботі обрано методику навантаження, що забезпечує імітацію рівномірно

розподіленого навантаження. У лабораторних умовах рівномірне навантаження можна створювати різними способами. Один із них – поетапне завантаження плити зверху бетонними блоками чи іншими вантажами [2]. Проте цей підхід потребує значних трудових і логістичних витрат, не дозволяє оперативно регулювати величину навантаження та забезпечити достатню точність його рівномірності. Інший поширений метод базується на використанні гідравлічного домкрата та багаторівневих розподільчих траверс [3]. Така схема є матеріаломісткою, складною у монтажі та створює обмеження по висоті стенду. Це знижує ефективність організації експерименту та ускладнює його практичну реалізацію. У даній роботі використано метод навантаження із застосуванням силової підлоги. Конструкція зі швелерів, закріплених на плиті, забезпечує прикладання навантаження у багатьох точках, що дозволяє імітувати рівномірне розподілення.

Мета дослідження. Розробка альтернативної схеми навантаження плит, яка дозволяє забезпечити рівномірний розподіл зусиль без використання багаторівневих траверс, зменшує матеріаломісткість конструкції та усуває обмеження по висоті.

Опис дослідного стенду. Стенд складається з двох опор, між якими встановлюється дослідна плита прольотом 3 000 мм шириною 500 мм та товщиною 60 мм. Над плитою розташована система швелерів № 12 довжиною 600 мм, з'єднаних між собою у єдину конструкцію за допомогою шпильок М12. До нижньої частини конструкції швелерів кріпляться рим болт М16 до якого в свою чергу кріпляться завантажувальні гаки, які при навантаженні тягнуться донизу домкратом і передають зусилля на швелери, а від них – на плиту. У конструкції передбачено шість точок прикладання сили, що забезпечує імітацію рівномірно розподіленого навантаження. Для контролю величини навантаження застосовуються динамометри. Така схема дозволяє уникнути використання багаторівневих траверс, зменшує габарити та спрощує монтаж.

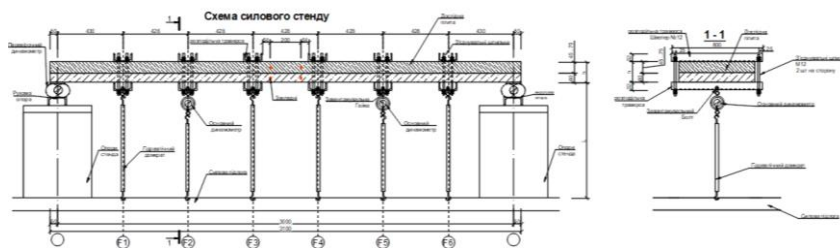


Рис. 1. Схема дослідного стенду



Рис. 2. Фото дослідного стенду

Висновки. Запропонована схема навантаження плит за допомогою силової підлоги демонструє не лише конструктивні переваги, а й забезпечує універсальність для майбутніх досліджень. Вона дозволяє відтворювати рівномірно розподілене навантаження, що наближує умови експерименту до реальних експлуатаційних навантажень. Використання

силової підлоги зменшує матеріаломісткість випробувального обладнання, усуває обмеження по висоті стенду, спрощує монтаж і налаштування системи. Методика може бути застосована для плит з різними товщинами та можливістю нарощення перерізу [4; 5], що створює основу для подальших експериментів і розширює можливості практичного використання у проектуванні та випробуванні залізобетонних плит.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 75 с.
2. Вознюк Л. І. Несуча здатність та деформативність багатошарових плит перекриття : дис. ... канд. техн. наук. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2018. 180 с.
3. Lantsoght E. O. L. Shear in Reinforced Concrete Slabs under Concentrated Loads Close to Supports : дис. ... PhD. Delft : Delft University of Technology, 2013. 493 p.
4. Літута О. В. Підсилення залізобетонних плит перекриття методом нарощення перерізу: кваліфікаційна робота магістра. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2024. 84 с.
5. Іванейко М. М., Бліхарський З. Я. Підсилення залізобетонних плит методом нарощення перерізу: сучасний стан та перспективи. *Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія : Теорія та практика будівництва*. 2022. № 896. С. 45–52.

УДК 711.4:364-78:502.131.1

ІНКЛЮЗИВНИЙ ПРОСТІР І СИСТЕМА БЕЗПЕЧНИХ УКРИТТІВ ЯК ЧИННИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТА

Ітченко Д. М.¹, канд. техн. наук, доц., Гаврик О. Ю.², аспір.,

Ткачук Д. В.³, здобувач вищої освіти ступеня магістр

¹НУ «Чернігівська Політехніка»,

^{2,3}НУ «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка»

¹itchenko@stu.cn.ua, ²oli@stu.cn.ua, ³tkachukdima@stu.cn.ua

Постановка проблеми. Сучасні українські міста стикаються з подвійним викликом: необхідністю створення інклюзивних просторів для всіх категорій населення та забезпечення безпечних укриттів у публічних і житлових зонах. Часто ці два завдання розглядаються окремо, що призводить до фрагментарних рішень. Нерідко захисні споруди залишаються малодоступними для маломобільних груп населення [1], а публічні простори не інтегрують функції безпеки як складову комфортного середовища [2]. Відсутність системного підходу ускладнює сталий розвиток міського середовища, обмежує можливості для соціальної інтеграції та знижує рівень безпеки мешканців.

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування ролі інклюзивного простору та системи наземних безпечних укриттів подвійного призначення як чинників сталого розвитку міста на прикладі проєкту благоустрою набережної річки Десна в Чернігові. Вибір саме наземних укриттів зумовлений високим рівнем ґрунтових вод, що унеможливує ефективне використання підземних споруд.

Результати дослідження. Набережна річки Десна в місті Чернігів є однією з ключових рекреаційних територій міста, однак її стан є незадовільним. Територія характеризується фрагментарністю планувальної структури, недоступністю для маломобільних груп населення, відсутністю сучасної інфраструктури та мінімальним рівнем безпеки. Більшість елементів благоустрою є фізично зношені, а сам простір – слабо інтегрований у міську систему (рис. 1). При цьому набережна мала значний потенціал стати осередком активного соціального, культурного та екологічного життя громади.



*Рис. 1. Існуючий стан набережної річки Десна м. Чернігів
Джерело : власні розробки авторів*

У зв'язку з цим, проєктною пропозицією благоустрою передбачено трансформацію набережної у багатофункціональний інклюзивний простір, де естетика, безпека й екологічність виступають складовими сталого розвитку (рис. 2). Окремо слід відзначити роль природо-орієнтованих рішень у проєкті набережної. Зелені насадження уздовж річки виконують одразу кілька функцій: знижують ефект міського теплового острова, покращують якість повітря, сприяють адаптації міста до кліматичних змін [3]. Поєднання озеленення з безпечними укриттями створює гармонійний простір, у якому функції захисту, відпочинку та екологічної стійкості підсилюють одна одну.

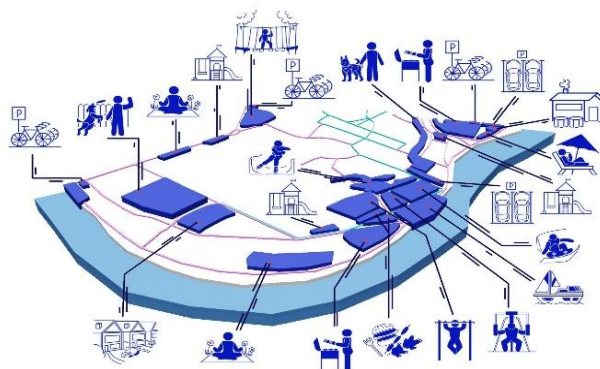


*Рис. 2. Схема планування набережної річки Десна м. Чернігів
Джерело: сформовано авторами на основі проєктної пропозиції*

При проектуванні набережної річки Десна в місті Чернігів передбачало тактильну плитку, зовнішні підйомники та інші елементи, що створюють рівні умови користування простором. Високий рівень ґрунтових вод роблять підземні споруди економічно та технічно невиправданими. Тому оптимальним рішенням є модульні наземні укриття, які виконують функцію об'єктів подвійного призначення: у повсякденному використанні – це елементи інфраструктури (зони відпочинку, павільйони, туалети), а під час небезпеки – захисні споруди [2].

На прикладі набережної реалізовано систему таких укриттів, розрахованих на невелику кількість осіб (близько 15). Вони інтегровані в загальну структуру простору: розташовані вздовж пішохідних і велосипедних маршрутів, поряд із зонами відпочинку та рекреації. Це дозволяє не тільки підвищити відчуття безпеки у відвідувачів, а й забезпечити функціональне використання території. Такі споруди простіше облаштовувати вентиляцією, водопостачанням, санітарними вузлами та забезпечувати доступність для маломобільних груп.

З економічної точки зору, реалізація інклюзивних просторів із системою укриттів подвійного призначення здатна підвищити інвестиційну привабливість території. Облаштована набережна стає осередком розвитку малого бізнесу – кафе, прокату спорядження, спортивних майданчиків. Це стимулює створення робочих місць і підвищує доходи місцевого бюджету. Одночасно підвищується вартість прилеглої нерухомості, що також є індикатором сталого розвитку міста.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що наземні укриття подвійного призначення, інтегровані в інклюзивні публічні простори, можуть стати ключовим елементом міської інфраструктури. Вони одночасно відповідають вимогам безпеки, створюють комфортні умови для всіх груп населення та сприяють економічному й екологічному розвитку. Приклад благоустрою набережної Десни в Чернігові демонструє практичний потенціал таких рішень і може бути використаний як модель для інших українських міст.

Список використаних джерел

1. Забезпечення доступності споруд цивільного захисту для маломобільних груп населення : методичні рекомендації [Електронний ресурс]. Національна Асамблея людей з інвалідністю України. Київ, 2023. 24 с. URL: https://naiu.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/NAIU_AvailabilityOfCivilProtectionStructuresUA_v04.pdf
2. Куцевич В. Пропозиції з формування об'єктів попутного обслуговування подвійного призначення (укриття як «критерій безпеки»). *Архітектурний вісник КНУБА*. 2023. № 26–27.
3. Росляков М., Волянчук В., Погранична І. Ландшафтна архітектура як інструмент гармонізації людини та природи. *Сучасна архітектура*. 2024. Т. 6, № 2. С. 195–201.

УДК 626.9:528.3

МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЛІСОВОГО ФОНДУ СУЧАСНИМИ ГЕОДЕЗИЧНИМИ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЯМИ

Ішутіна Г. С.¹, канд. техн. наук, доц., Тонконог О. К.², студ.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹ishutina.hanna@pdaba.edu.ua, ²pieraspberry006@gmail.com

Постановка проблеми. На сьогодні геоінформаційні системи (ГІС) широко впроваджуються в сферу лісового господарства, зокрема у процесах лісовпорядкування, регулярного оновлення даних про лісовий фонд і ресурси, ведення лісового реєстру, організації моніторингу та контролю за протипожежною безпекою. ГІС-технології дозволяють ефективно зберігати, збирати, обробляти та відображати просторову інформацію у форматі тривимірних моделей і поверхонь, які створюються на основі атрибутивних даних з географічною прив'язкою.

Підвищити результативність моніторингу лісових пожеж можливо завдяки використанню безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у поєднанні з ГІС-технологіями. Під час планових обльотів квадрокоптери здатні оперативно виявляти осередки займання та своєчасно передавати інформацію відповідним службам для реагування на загрозу.

Використання БПЛА дозволяє оптимізувати систему протипожежного захисту лісів без необхідності значних фінансових витрат на складне обладнання.

Мета дослідження. Дослідження застосування БПЛА та ГІС-технологій для контролю пожежної безпеки лісового фонду.

Результати дослідження. Вивченню застосування безпілотних літальних апаратів, технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем у сфері моніторингу лісового фонду присвячено велику кількість наукових і технічних праць як українських, так і зарубіжних дослідників. Значний внесок у розвиток цієї тематики зробили такі науковці, як: Герасименко І. М. [1], Гусак О. М. [2], Зацерковний В. І. [3], Лаврівський М. З. [4], Chi Yuan, Michelle Hampson, Moulay A. та ін.

Наразі для БПЛА використовують загальні нормативні документи, які стосуються використання повітряних суден, описані в Повітряному Кодексі України (ПКУ) [5], при цьому відсутні конкретні розділи законодавства, що стосуються специфіки їх використання. Відповідно до ст. 39, ч. 8 ПКУ неможливо зареєструвати у Державному реєстрі цивільних

повітряних суден України БПЛА з вагою до 20 кг, які використовують для розваг та спорту, отже БПЛА, які застосовують в комерційних цілях, у яких вага більша, ніж 20 кг мають бути зареєстровані у Державному реєстрі.

Дослідження площі лісів та обсягів деревини в Україні засвідчило наявність проблеми нестачі лісових ресурсів у сучасних умовах. Наразі ліси займають лише 15,9 % території країни, що становить приблизно 10,4 млн гектарів. Щоб досягти рекомендованого європейськими стандартами рівня лісистості у 20%, необхідно не лише зберегти наявні лісові масиви, але й створити понад 2 млн гектарів нових лісонасаджень.

Разом із проблемою незаконної вирубки лісів, значну загрозу становлять також і лісові пожежі, які завдають шкоди флорі та фауні лісових екосистем. Рівень загрози, що виникає через ці пожежі в усьому світі, можна суттєво знизити за умови своєчасного виявлення їхніх осередків. Найчастіше займання трапляються навесні та влітку, коли рекреаційне навантаження на ліси зростає, а порушення правил пожежної безпеки населенням стають масовим явищем.

Наразі існує багато методів моніторингу лісових пожеж, які ефективно використовують в наш час, серед яких можна виділити наступні: методи дистанційного зондування (ДЗЗ), застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), використання супутникових методів або наземних геодезичних. Кожен з наведених методів має свої переваги та недоліки.

Матеріали космічної зйомки мають максимальне покриття, але їхня актуальність незначна. На деяких територіях космічні знімки доводиться чекати місяцями. Аерофотозйомка і повітряне лазерне сканування мають більш високу актуальність і точність, але забезпечують покриття менших за площею територій, порівняно з космічною зйомкою. Також обидва вище зазначені способи отримання знімків є дорогими.

Використання БПЛА виправдано у випадках, коли необхідно швидко отримати точну інформацію про місцевість на невеликій території.

Безпілотні літальні апарати мають наступні переваги порівняно з іншими методами моніторингу лісових пожеж: рентабельність, можливість проведення зйомки з невеликих висот та поблизу об'єктів, отримання знімків високої роздільної здатності, оперативність отримання знімків, можливість застосування в зонах надзвичайних ситуацій без ризику для життя та здоров'я пілотів.

Для ефективного управління лісовим фондом, для його збереження та відновлення, збільшення лісистості, потребується комплексний підхід, що включає наступні складові: модернізація правової бази у сфері лісокористування; посилення відповідальності за незаконні рубки шляхом запровадження ефективних санкцій; запровадження чіткого контролю та обліку обігу деревини; розвиток та впровадження системи сертифікації лісових ресурсів; забезпечення регулярного та системного моніторингу лісових пожеж.

Висновки та перспективи. Сьогодні для моніторингу лісових пожеж застосовують низку сучасних методів, серед яких варто виокремити дистанційне зондування (ДЗЗ), використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), супутникові технології та наземні геодезичні способи. Кожен із цих підходів має як свої переваги, так і обмеження. Аналіз використання БПЛА в Україні виявив прогалини у сучасному законодавстві, які пов'язані з відсутністю в деяких нормативних документах визначення «безпілотні повітряні судна», виникають також незрозумілості з реєстрацією БПЛА вагою більше, ніж 20 кг.

Список використаних джерел

1. Герасименко І. М., Соловійова О. О., Пронь С. В. Перспективні напрями боротьби з пожежами у лісовому господарстві України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 31 (3). 2021. С. 27–33. URL: <https://doi.org/10.36930/40310304>
2. Гусак О. М. Інформаційна технологія раннього виявлення осередків лісових пожеж. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2017. № 15. С. 33–38.
3. Зацерковний В. І., Тішаєв І. В., Шищенко О. І. Застосування матеріалів дистанційного зондування в завданнях моніторингу лісових пожеж і кількісного оцінювання рослинності. *Наукоємні технології*. № 1 (29). 2016. С. 42–47.

4. Лаврівський М. З., Тур Н. Є. Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу надзвичайних ситуацій у лісовій місцевості. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25 (8). С. 353–359.

5. Повітряний Кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text>

УДК 537.31

КІНЕТИКА ПРОХОДЖЕННЯ СТРУМУ В МАСТИЛІ ЛЗ-МГ-2

Карасьов Г. Г.¹, канд. ф.-м. наук, доц., **Карасьов О. Г.²**, канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹karasev.gennady@pdaba.edu.ua, ²karasev.alexey@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Вивчення процесу проходження струму в діелектричних рідинах у часі, з урахуванням процесів, що протікають як в приелектродних областях, так і в об'ємі рідини. Використання автоматизованого встановлення на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi3 Model B.

Мета дослідження. Дослідження перехідних процесів у діелектричних рідинах у часі, у постійних електричних полях, з метою визначення наявності носіїв заряду та їх рухливостей.

Результати дослідження. Вивчення процесу провідності діелектричних рідин ускладнюється тим, що струм згодом у діелектричних рідинах не залишається постійним і форма його кривої залежить від процесів, що протікають як у приелектродних областях, так і в об'ємі рідини [1].

Мастило ЛЗ-МГ-2 за електрофізичними властивостями відноситься до класу рідких діелектриків. Для ефективного дослідження такого класу експериментальних задач необхідно використовувати сучасні автоматизовані установки, однією з яких є установка на базі міні-комп'ютера Raspberry Pi3 Model B [2].

Ця установка включає: джерело високої напруги від 0 до 3000В (Б5-14), комутуючий пристрій на базі вакуумних вимикачів ВВ-5, електровимірювальну камеру, триелектродну вимірювальну комірку, електрометричний підсилювач У5-11 (В7-30) для вимірювання струмів від 10-3А до 10-15А, аналогово-цифровий перетворювач АЦП, (ADS1115), осцилограф Hantek DSO1062B, міні-комп'ютер Raspberry Pi3 Model B.

Попередні дослідження реверсійних струмів у мастилах ЛЗ-МГ-2 (товарний зразок) представлені на (рис.1). Матеріал електродів комірки – латунь, міжелектродна відстань $d = 900$ мкм, діаметр вимірювального електрода 90мм. Проведено випробування форми кривих реверсійних залежно від витримки зразка в електричному полі. На високовольтний електрод спочатку подавалася негативна напруга, а потім позитивна. Осцилограми цих кривих також отримані.

Після початкового застосування сходинки постійної напруги до комірки з діелектричною рідиною носії заряду (переважно іони домішки) рухаються до протилежно заряджених електродів і електроди утворюються об'ємні заряди. У міру накопичення цих зарядів струм у діелектричній рідині поступово спадає до досягнення квазістаціонарного значення. При реверсуванні напруги нейтральні молекули можуть захоплювати інжектований заряд і у вигляді іонів дрейфуватимуть до протилежно заряджених електродів. Часи досягнення піків реверсійного струму, що виникають, можна розглядати як час транзиту іонів через міжелектронний проміжок. Якщо цей час обернено пропорційно доданий напрузі, то $U \times t_p$ використовується для розрахунку рухливості носіїв заряду μ за формулою:

$$\mu = \frac{d^2}{U \times t_p}, \quad (1)$$

де d – міжелектродний проміжок, а U – прикладена напруга, t_p – час досягнення реверсійного максимуму струму.

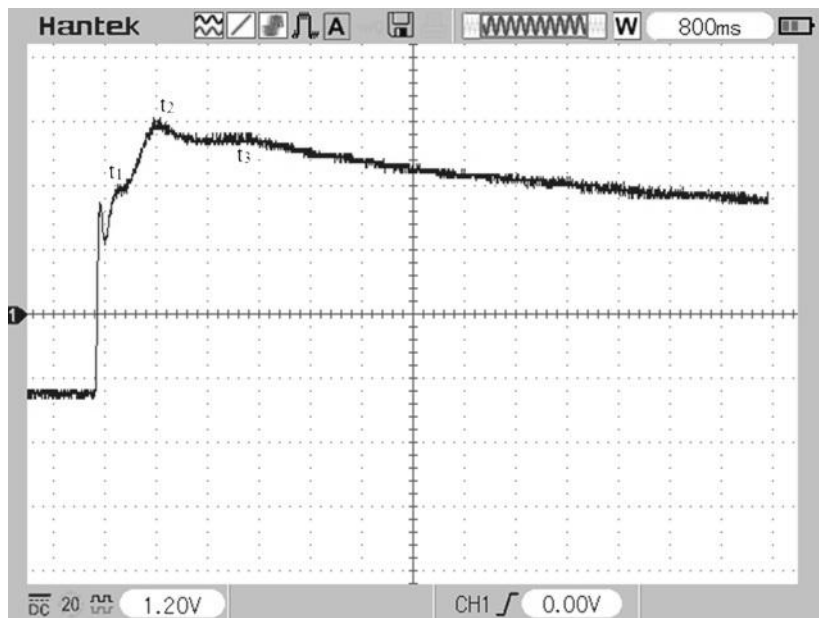


Рис. 1. Час витримки в полі $t_e = 60$ с, коефіцієнт передачі струму до $= 10^8$ В/А, чутливість по вертикалі 1,2 В/поділ, чутливість по горизонталі 800 мс/поділ. Час виникнення максимумів $t_1 = 320$ мс, $t_2 = 800$ мс, $t_3 = 2400$ мс

Висновки. Проведено дослідження процесу проходження струму в діелектричних рідинах методом «пролітного часу», суть якого полягає в наступному. Надлишкові носії заряду, що інжектуються з одного електрода ще до застосування напруги, під дією прикладеної напруги відповідної полярності переміщуються до протилежного електрода. Рух цих носіїв заряду проявляється у зовнішній ланцюга як перехідний струм. На кривих реверсійних струмів зафіксовано три максимуми, що відповідають $t_1 = 320$ мс, $t_2 = 800$ мс, $t_3 = 2400$ мс. Ці максимуми вказують на наявність у зразку трьох носіїв заряду різної рухливості з «пролітними часами» t_1 , t_2 , t_3 .

Список використаних джерел

1. Dikarev B., Karasev G. Charging and Reversal Currents in Hydraulic Liquids. *IEEE International Conference on Liquid Dielectrics*. June 30 – July 3, 2014, Bled, Slovenia. DOI: [10.1109/ICDL.2014.6893150](https://doi.org/10.1109/ICDL.2014.6893150).
2. Karasev Gennady, Volnianska Iryna, Makarov Vladimir, Karasev Alexey. Installation for studying transient currents in dielectric liquids. *World Science*. 2022. Vol. 1 (73). Pp. 21–24. DOI: [10.31435/rsglobal_ws/30012022/7752](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30012022/7752).

УДК 622.691.4

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ НА СПОРУДИ СЕЙСМОВИБУХОВИХ ХВИЛЬ

Кіосак В. А.^{1,3}, докт. ф.-м. наук, проф., Ісаєв В. Ф.², канд. техн. наук, доц.,
Пальчик С. С.¹, аспір.

^{1,2}Одеська державна академія будівництва і архітектури,

³Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова

¹kiosakv@ukr.net, ²isaevv5@gmail.com, ³spalchyk@ukr.net

Постановка проблеми. Дія вибухів на споруду в випадку, коли вони не відбуваються безпосередньо біля будівлі, передається через повітряну та ґрунтову хвилі. Ґрунтову хвилю будемо називати сейсмовибуховою хвилею. Повітряна хвиля діє, головним чином, на елементи будівлі, що знаходяться над землею. А сейсмовибухова хвиля впливає безпосередньо на підземні елементи споруди. Сейсмовибухова хвиля може викликати суттєві зміщення та привести до додаткових напружень в верхніх конструкціях будівлі.

Досвід дослідження вражених об'єктів доводить, що в багатьох випадках, руйнування споруд відбувається через дію сейсмовибухових хвиль. Спостерігались випадки, коли саме через ґрунт передавались хвилі, які руйнували всю будівлю: і фундамент, і надземну частину.

Практичний інтерес до вивчення питань утворення та поширення сейсмовибухових хвиль не вичерпується вибухами авіабомб, ракет чи артилерійських снарядів. На практиці промислові вибухи проводяться на таких глибинах, що повітряна хвиля дуже слабка, вибухів майже не чути. Від місця вибуху поширюються сейсмовибухові хвилі і, тому вплив на споруди завдають саме вони.

Наведені міркування вказують на актуальність вивчення впливу сейсмовибухових хвиль на споруди.

Існують цілий ряд робіт, в яких приводяться результати експериментів по вивченню даного питання. Побудовані також і теоретичні моделі для вивчення спеціальних властивостей сейсмовибухових хвиль. Ці моделі мають вигляд лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами або алгебраїчних рівнянь. Аналітичний розв'язок лінійних диференціальних рівнянь, які досить часто зустрічаються в задачах фізики, механіки та техніки, зводиться до знаходження коренів характеристичних многочленів. Необхідність явного вираження коренів через коефіцієнти для якісного аналізу фізичної природи явища виникає і як самостійна задача. Наприклад, при розв'язуванні рівняння Ван-дер-Ваальса виникає алгебраїчне рівняння третього ступеня. Також рівняння третього ступеня виникає в механіці суцільного середовища при вивченні деформацій.

В кожній точці деформованого тіла діють головні напруження, які є коренями кубічного алгебраїчного рівняння. Коефіцієнти цього рівняння не залежать від вибору системи координат і називаються відповідно лінійним, квадратичним та кубічним інваріантами тензора напруження. Головні подовження також є коренями кубічного рівняння, коефіцієнтами якого є інваріанти тензора деформації. Моделювання явищ викликаних дією сейсмовибухових хвиль приводить до алгебраїчних рівнянь четвертого ступеня.

Мета дослідження. Дослідження дій вибуху, які викликають значні деформації елементів споруд, за допомогою моделювання процесу в середовищі місця вибуху. При відомому результаті вибуху дослідити фактори, які могли призвести до таких наслідків. Використовуючи підхід Гопкінсона-Кранца, обчислити коефіцієнт масштабування для модулювання результатів дій сейсмовибухових хвиль з використанням закону масштабування.

Результати дослідження. Для оцінки небезпеки вибухів для споруд необхідно визначити віддалення від місця вибуху, при якому швидкість коливань ґрунту не перевищує допустиму величину. Ця відстань називається радіусом безпечної дії вибуху.

Радіус безпечної дії дорівнює сумі радіусів трьох зон впливу вибуху і може бути знайдений з наступної рівності

$$\frac{1}{R^2} + \frac{C_1}{R} + \frac{C_2}{\sqrt{R}} + C_3 = 0, \quad (1)$$

де R – радіус безпечної дії, C_1 , C_2 – деякі сталі, $C_3 = -\frac{v_d}{\omega \rho \sqrt{q}}$, v_d – допустимі значення

коливань ґрунту, ρ – коефіцієнт пропорційності, ω – частота вибухових хвиль. Якщо

зробити в рівнянні (1) заміну $x = \frac{1}{\sqrt{R}}$, то ми отримаємо рівняння:

$$x^4 + Ax^2 + Bx + C = 0, \quad (2)$$

тут $A = C_1$, $B = C_2$, $C = C_3$, причому виходячи з умов дослідження $C < 0$.

В роботі був проведений порівняльний аналіз розв'язків рівнянь четвертої степені з урахуванням можливостей комп'ютерної реалізації та застосування для розв'язання рівняння (2).

Висновки. В роботі був проведений аналіз дій сейсмовибухових хвиль з використанням моделі ситуацій, які виникають при різних умовах вибуху, з метою розробки вказівок по урахуванню впливу на споруди та розробці засобів по захисту від дій хвиль. Був зроблений аналіз різних найбільш відомих способів розв’язування алгебраїчних рівнянь, враховуючи можливості комп’ютерної реалізації цих способів.

Саме комп’ютерне моделювання сьогодні є заміною для практичних випробувань при вивченні сейсмовибухових хвиль. Комп’ютерні моделі дозволяють оцінити стан споруд та конструкцій після впливу на них сейсмовибухових хвиль. В свою чергу, це дасть можливість прийняти рішення про доцільність відбудови чи ремонту споруд.

Список використаних джерел

1. Hudaverdi T. Development of alternative predictor equations for blast-induced ground vibrations considering stiffness ratio, blast dimension and free face conditions. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2021. Vol. 35 (8). URL: <https://doi.org/10.1080/17480930.2021.1885583>
2. Himanshu V. K., Roy M. P., Mishra A. K., Paswan R. K., Panda D., Singh P. K. Multivariate statistical analysis approach for prediction of blast-induced ground vibration. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3796-8>
3. Roy M. P., Mishra A. K., Agrawal H., Singh P. K. Blast vibration dependence on total explosives weight in open-pit blasting. *Arabian Journal of Geosciences*. 2020. Vol. 13 (13). URL: <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05560-y>

УДК 625

ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА/АБО БУДІВНИЦТВО

Кірічек Ю. О., докт. техн. наук, проф.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

yakirichkek@gmail.com

Постановка проблеми. Національна будівельна термінологія задовольняє у цілому нагальні потреби вищої освіти і науки. Проблеми виникають у перекладі на англійську та застосуванні термінів іноземного походження. Об’єктивна причина тому полягає у походженні української термінології з російської бо після революції 1917 року розвиток радянської науки і освіти проходив за залізною завісою від західного світу, внаслідок чого виникли суттєві розбіжності у тому числі і у термінології.

Мета дослідження. Широко поширений на заході термін «civil engineering» або «цивільна інженерія» все більше входить у вживання в нашій країні поряд із традиційним терміном «будівництво» («construction», «building») і не досить коректним чином, бо ці терміни можуть вживатись з однаковим та різним значенням, або як складова один іншого, залежно від контексту [1]. Коректне застосування цих термінів досліджене в цій роботі шляхом аналізу нормативних документів, підручників, загально прийнятих класифікаторів та досвіду провідних університетів світу.

Результати дослідження. «Будівництво» за ДБН А.2.2-3:2014 визначене «як нове будівництво, реконструкція, капітальний ремонт та технічне переоснащення об’єктів будівництва». Традиційно для забезпечення цього процесу в Україні готували інженерів за спеціальностями Промислове та цивільне будівництво, Металеві конструкції, Міське будівництво, Сільськогосподарське будівництво тощо.

Термін «Цивільна інженерія» виник у 18 столітті у Англії як альтернатива військовій інженерії та визначається, як «застосування фізичних та наукових принципів для проектування, розвитку та обслуговування як штучних, так і природних середовищ, що охоплюють інфраструктуру, таку як аеропорти, мости, будівлі, канали, дамби, трубопроводи,

електростанції, залізниці, дороги, каналізація тощо» [2]. З часом цивільна інженерія, як гілка інженерної діяльності, охопила спеціальності: Будівельні конструкції, Геотехнічна інженерія, Будівництво мостів, Транспортна інженерія тощо [3]. Як видно, ці терміни близькі за змістом та цивільна інженерія розглядає ширше коло проблем, ніж будівництво. Традиційно у вищій освіті та науці застосовують термін «цивільна інженерія», а «будівництво» використовують більше у якості процесу зведення, реконструкції і ремонту будівель, споруд та інфраструктури.

В умовах інтеграції України до Європейського Союзу існує нагальна потреба приведення термінології у відповідність до загальноприйнятої у Європі, і тут вистачає роботи. Так чинний Перелік галузей знань і спеціальностей за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої та фахової передвищої освіти (Пост. КМУ від 30.08.2024 № 1021), визначає спеціальність G19 «Будівництво та цивільна інженерія» з посиланням на відповідність Міжнародній стандартній класифікації освіти ISCED-F 2013 (МСКО). Не завадить наголосити, що МСКО була розроблена під егідою ЮНЕСКО в рамках Міжнародного об'єднання економічних та соціальних класифікацій ООН з метою збору, упорядкування та аналізу міжнародної порівняльної статистики з освіти. Розробники наголошували, що «Загальні програми та кваліфікації... охоплюють широкий спектр предметів і не акцентують увагу на певній широкій чи вузькій галузі та не спеціалізуються на ній. Зокрема, освіта на вищому рівні (в університетах та коледжах) повинна класифікуватися тут лише як виняток». Та, на жаль, цей виняток прийшовся саме на нашу країну. Спеціалісти з економіки та статистики, які розробляли цю класифікацію, не дуже м'яко кажучи розуміють специфіку інженерних спеціальностей. Та треба все ж віддати їм шану, бо вони чесно нас про це попередили і фактично не рекомендували університетам та коледжам вживати цю класифікацію у своїй професійній діяльності, хіба що як виняток. Бо структура нашої спеціальності за МСКО виглядає досить дивно: 07 Інженерія, виробництво та будівництво; 073 Архітектура та будівництво (Architecture and construction); 0732 Будівництво та цивільна інженерія (Building and civil engineering). Розробники використали терміни у наступному значенні:

- Будівництво (construction) – це процес будівництва будинків, мостів, доріг.
- Будівництво (building) – це наука, технологія та техніка монтажу, зведення та обслуговування громадських, комерційних, промислових і житлових будівель, споруд та їх обладнання.
- Цивільне будівництво – це наука про планування, проектування, випробування та керівництво будівництвом великомасштабних будівель і споруд, включаючи системи транспорту, водопостачання, каналізації тощо.

Із аналізу програм МСКО видно, що розробники віднесли до категорії 0732 програми та кваліфікації від першого до третього рівня освіти, такі, як Будівництво мостів, Будівельні технології, Портове будівництво, Будівництво доріг тощо, так і спеціальності рівня фахової передвищої освіти (Цегляна кладка, Теслярські та столярні роботи, Укладання плитки для підлоги та стін, Фарбування та покриття стін, Штукатурні роботи тощо, які звісно не викладаються в університетах. Саме з цієї причини розробники програми об'єднали це все під назвою «Цивільна інженерія та будівництво».

Висновки. Назва спеціальності «цивільна інженерія» за загальноприйнятою в Європі практикою найкращим чином відображає суть наукової та освітньої діяльності університетів у підготовці фахівців бакалаврського, магістерського та освітньо-наукового рівня у широкий галузі будівництва. Ця назва самодостатня і не потребує об'єднання з терміном «будівництво».

Список використаних джерел

1. Кірічек Ю. Проблеми термінології у цивільній інженерії. Основи та фундаменти. Київ: КНУБА, 2025. Вип. 50. С. 106–112. URL: <https://doi.org/10.32347/0475-1132.50.2025.106-112>
2. Civil Engineering Encyclopaedia. 2023 [Електронний ресурс]. URL: https://www.civilengineeringencyclopedia.com/2023/03/civil-engineering.html?utm_source=chatgpt.com

3. Hansen K. L. & Zenobia K. E. Civil Engineer`s Handbook of Professional Practice. John Wiley & Sons, 2024.

УДК 613.6:331.105.6

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ПІДВИЩЕНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

Клименко М. Б.¹, асист., Вісин О. О.², канд. іст. наук, доц.

^{1,2}Луцький національний технічний університет

¹klymenko_mike@ukr.net, ²lana_visyn@ukr.net

Постановка проблеми. учасні підприємства, які застосовують технології підвищеної небезпеки, зіштовхуються зі зростанням виробничих ризиків. Існуючі системи управління охороною праці (СУОП) часто є занадто пасивними та не забезпечують належної ефективності, що вимагає переходу до підходу, сфокусованого на управлінні ризиками. Оновлення систем управління має бути направлене на запобігання травматизму та професійним хворобам, формування культури безпеки та створення надійного механізму управління ризиками. Дослідження є актуальним, оскільки обґрунтовує оптимізовану СУОП на прикладі індустріально-логістичних хабів, де питання безпеки мають вирішальне значення.

Мета дослідження. Обґрунтувати методи оптимізації СУОП на підприємствах, що використовують потенційно-небезпечні технології, з урахуванням принципів ризико-орієнтованого менеджменту.

Результати дослідження. Ключовим кроком є впровадження ергатичної системи охорони праці (ЕСОП) [1; 2], яка передбачає регулярний моніторинг як внутрішніх факторів (психоемоційний стан, втома) [3], так і зовнішніх (шум, освітлення) [4]. Структура ЕСОП та її функціональні компоненти створюються з урахуванням тих завдань, котрі на неї покладені. Для ефективної роботи СУОП в індустріально-логістичних хабах (ІЛХ) необхідно створити службу безпеки праці (СБП) [5]. Стосовно чисельності цієї служби, варто сказати наступне: з одного боку, власники ІЛХ мають право на власний розсуд визначити кількість відповідних відділів чи служб, має право самостійно встановити кількість працівників і штатний розпис, а з іншого – треба забезпечувати належні умови праці, ефективний контроль за дотриманням вимог нормативно-правових актів з охорони праці. Визначаючи кількість працівників СБП, власник ІЛХ або уповноважений ним орган має обрати таку методику розрахунку чисельності, яка буде враховувати фонд робочого часу спеціалістів, чисельність персоналу, що виконує роботи з підвищеною небезпечністю тощо. Від такого вибору залежатиме ефективність функціонування СБП, можливість виконання покладених на неї функцій. У літературі зустрічається методика розрахунку, котра враховує усі відповідні фактори [6]. Для ІЛХ з 1500 працівниками, 200 з яких працюють у небезпечних умовах, розрахункова чисельність СБП становить не менше трьох спеціалістів [7]. Наказом керівника ІЛХ призначаються відповідальні особи (начальники служб, відділів тощо) за стан охорони праці в усіх структурних підрозділах. Підхід до розбудови системи охорони праці потребує раціонального підходу, виразної взаємодії інженерно-технічного персоналу, керівників структурних підрозділів, служб охорони праці, а також важливою є взаємодія між різними співвласниками ІЛХ, якщо такі є, та контролюючими органами. Важливою функцією будь-якої системи управління є аналіз та прогнозування показників ефективності її функціонування. У зв'язку з чим виникає запитання, яким чином сформувати ЕСОП, яка б комплексно розглядала питання безпеки праці індустріально-логістичних хабів та давала можливість вчасно реагувати як на зміну умов технологічного процесу чи умов праці, так і на причини виникнення нещасних випадків, професійних захворювань чи аварій.

Ергатична система охорони праці повинна ґрунтуватися на всебічній оцінці та постійному моніторингу виробничих факторів, що можуть мати вплив на персонал ІЛХ,

включаючи як внутрішні (психоемоційний стан, спосіб життя, особливості фізіології, рівень втоми тощо), так і зовнішні (шум, освітлення, технічний стан механізмів, матеріали, котрі використовуються у роботі) [8].

Важливою складовою ЕСОП є навчання персоналу та посадових осіб безпечним методам і прийомам виконання робіт. Підвищення компетентності вимагає пошуку нових підходів до побудови ЕСОП, яка б забезпечувала попередження ризиків на робочих місцях.

Для навчання та підвищення рівня знань посадових осіб мають розроблятися програмні комплекси з методичними рекомендаціями, котрі покликані допомогти керівникам структурних підрозділів правильно організовувати та проводити інструктажі з питань охорони праці, надавати уявлення про систему управління охороною праці на підприємстві, допомогти організувати медогляди, забезпечення огляду та технічного обслуговування устаткування, забезпечувати проведення моніторингу небезпек на робочих місцях підпорядкованих працівників.

Для оптимізації роботи СБП та навчання персоналу варто використовувати автоматизовані системи контролю [6]. Також наголошується на важливості регулярних медичних оглядів працівників, зокрема водіїв, та контролю за технічним станом машин і обладнання [2].

Висновки. Для створення ефективної СУОП необхідно враховувати комплексну та постійну оцінку ризиків, а також ефективну взаємодію в системі «людина-машина». Основними елементами такої системи є: організація системного навчання персоналу з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій; регулярні медичні огляди та контроль фізіологічного стану працівників; зменшення ризиків, пов'язаних із технічним станом машин та механізмів; нагляд за стелажними конструкціями.

Список використаних джерел

1. Petukhov I., Steshina L., Glazyrin A. Application of virtual environments in training of ergatic system operators. *Journal of Applied Engineering Science*. 2018. Vol. 16, №. 3. Pp. 398–403.
2. Pila J., Kozuba J. Safety of complex aircraft ergatic systems. *Transport Problems*. 2019. Vol. 14.
3. Дорошенко С. О. Вплив психоемоційних факторів на безпеку праці. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2020. № 3. С. 56–62.
4. Бурлай О. Д., Омельчук О. В., Захарчук Д. М. Загальні питання організації охорони праці. Дніпро : ДДУВС, 2021.
5. Панасюк І. В. Безпека праці в логістичних хабах. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Економічна*. 2020. № 1. С. 58–69.
6. Меркулова В. О., Нікітін Д. В. Автоматизовані системи в управлінні охороною праці. *Інформаційні технології та безпека*. 2021. № 4. С. 78–85.
7. Положення про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів. Київ : Міністерство внутрішніх справ України, Міністерство охорони здоров'я України, 2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0308-13#Text>.
8. Гордієнко О. П. Аналіз сучасних підходів до управління промисловою безпекою. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2021. № 1. С. 15–21.

УДК 691.116

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯМ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ковба В. В.¹, канд. техн. наук, доц., **Загільський В. А.²**, канд. техн. наук, доц.,
Сєдін В. Л.³, докт. техн. наук, проф., **Бекіров В. О.⁴**, магістр

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹kovba.vladyslav@pdaba.edu.ua, ²v.v.zahilskyi@ust.edu.ua, ³sedin.volodymyr@pdaba.edu.ua,
⁴bekirow.veli@gmail.com

Постановка проблеми. Проектування та будівництво енергетичних об'єктів вимагає високої точності, координації великої кількості дисциплін та значних ресурсних витрат. Використання традиційних методів проектування часто призводить до появи колізій на стадії монтажу, перевитрати матеріалів і збільшення термінів реалізації проєктів. Необхідність оптимізації процесів проектування, скорочення витрат і забезпечення надійності роботи енергетичних систем зумовила впровадження BIM-технологій, які дозволяють створювати інтегровані просторові моделі, координувати роботу між різними учасниками проєкту та здійснювати точне планування експлуатації та технічного обслуговування енергетичних об'єктів.

Мета дослідження. Визначити та систематизувати переваги цифрового моделювання енергетичних об'єктів із використанням BIM-методології в ПК Revit, зокрема підвищення точності проектування, оптимізацію конструктивних рішень, поліпшення координації між усіма учасниками будівельного процесу, включаючи архітекторів, інженерів та підрядників, а також забезпечення ефективного управління інформацією протягом життєвого циклу об'єкта. У межах дослідження передбачається проаналізувати, яким чином інтеграція цифрових моделей дозволяє зменшити кількість проєктних помилок, скоротити час на розробку робочої документації, підвищити прозорість та контроль виконання робіт, а також полегшити підтримку та модернізацію енергетичних об'єктів у майбутньому. Особлива увага приділяється виявленню економічних, технічних та організаційних ефектів впровадження BIM-підходу, що сприяє підвищенню загальної ефективності проектування та експлуатації енергетичних систем [1–3].

Результати дослідження. Використання BIM-методології в ПК Revit дозволяє відмовитися від традиційного підходу, коли кожен план або вид доводилося розробляти окремо та підлаштовувати вручну для забезпечення правильності документації. На основі єдиної цифрової моделі автоматично формуються всі робочі документи – плани, фасади, розрізи, специфікації та деталізовані креслення. Такий підхід значно скорочує час на проектування, зменшує ймовірність виникнення помилок, забезпечує стандартизоване оформлення документації та підвищує загальну ефективність робочого процесу.

Цифрове моделювання забезпечує точну фіксацію стану об'єкта, створюючи тривимірну модель, яка відображає фактичне розташування всіх конструктивних елементів та їх взаємозв'язки. 3D-модель дозволяє виконувати детальний аналіз стану конструкцій, контролювати відповідність проєктних рішень технічним нормам та стандартам, а також слугує надійною базою для подальшого проектування, реконструкції або модернізації об'єкта.

BIM-модель є ефективним інструментом для довготривалого управління об'єктом протягом усього його життєвого циклу. Вона використовується не лише для проектування та будівництва, а й для планування технічного обслуговування, модернізації та реконструкції. Доступ до актуальної цифрової моделі забезпечує всім учасникам процесу швидке отримання необхідної інформації, підвищує прозорість дій та сприяє ефективному управлінню ресурсами.

На рисунку 1 наочно продемонстровано процес використання програмного комплексу Revit для цифрового моделювання воднево-кисневої станції. Зображення показує, як за допомогою BIM-технологій можна створити тривимірну модель споруди АЕС, що включає

всі конструктивні елементи, технічні системи та допоміжні об’єкти. Використання Revit дозволяє не лише відобразити геометрію градирні, а й інтегрувати інформацію про матеріали, параметри елементів та їх взаємозв’язки, що значно підвищує точність проектування та полегшує аналіз конструкцій.

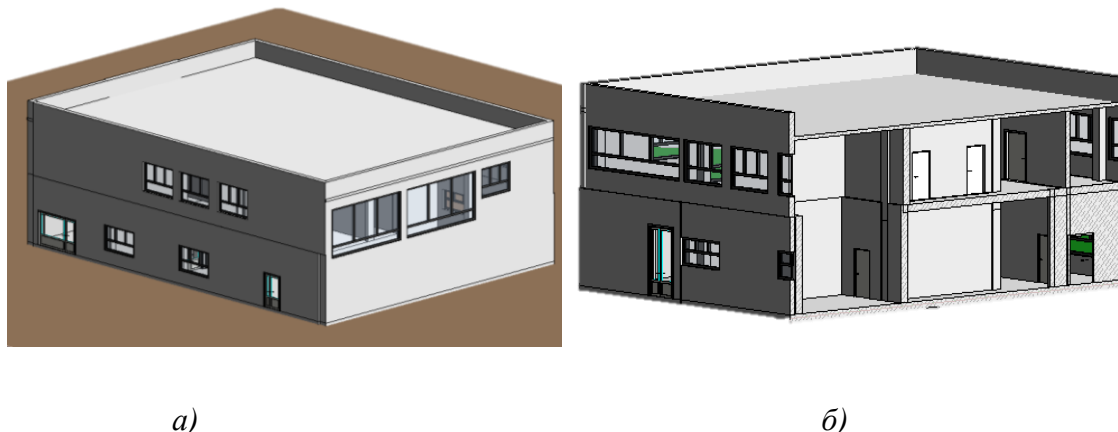


Рис 1. Візуалізація ВКС-2 ЗАЕС : а – просторова модель ВКС-2, б – 3D розріз

Висновки. Використання BIM-методології в ПК Revit для моделювання енергетичних об’єктів дозволяє підвищити точність проектування, оптимізувати конструктивні рішення, полегшити координацію між учасниками будівельного процесу та забезпечити ефективне управління інформацією протягом усього життєвого циклу об’єкта.

Список використаних джерел

1. Юркін І. М., Заяць Т. М., Іваницький В. П. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Цифрові технології в енергетиці» для здобувачів вищої освіти галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво, спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка», освітньої програми «Електронні системи». 2020. 45 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/93448>
2. Su L., Sun J., Ma L., Chen Y. et al. Digitalization and Application Research of BIM-Based Power Plants Lifecycle Information. 2017. In: *Proceedings of ITASC 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies*. Vol. 62. DOI: 10.1007/978-981-10-3575-3_22. [Електронний ресурс]. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3575-3_22
3. Volodymyr Sedin, Vitaliy Zahilsky, Andrii Tytiuk, Vladyslav Kovba, Yuliia Vershкова. Information modeling of the foundation of a special-purpose industrial building. *E3S Web of Conferences*. Vol. 534, p. 01021, 2024, ICSBT 2024/2024, pp. 1–10.

УДК 624.04

ВПЛИВ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ НА ЖИВУЧІСТЬ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВІВ

Коврова В. О.¹, аспір., Волкова В. Є.², докт. техн. наук, проф.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹kovrovaviktoriiia@gmail.com, ²drvev09@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасному будівництві дедалі більшого значення набуває аналіз динамічних характеристик будівель і споруд, адже саме вони визначають їх безпеку та довговічність під дією змінних навантажень (вітер, сейсмічні коливання, транспортні та технологічні вібрації) [1; 2]. Хоча жорсткість і розподіл мас структурних елементів традиційно враховуються під час прийняття інженерних рішень, загальна геометрична конфігурація будівлі вносить істотні зміни в її динамічну поведінку і модальний аналіз.

Таким чином, існує потреба у комплексному аналізі впливу архітектурних рішень на інженерні параметри конструкції. Це зумовлює необхідність розробки підходів, які забезпечать гармонійне узгодження архітектурної виразності та конструктивної безпеки споруд.

Метою дослідження є оцінка впливу зміни конфігурації багатоповерхової залізобетонної каркасної будівлі на її динамічні характеристики при модифікації її конфігурації для забезпечення оптимального поєднання естетики, функціональності та безпеки.

Результати дослідження. Для аналізу було створено багатоповерхову залізобетонну каркасну будівлю із плитним фундаментом. Споруда має п'ять наземних поверхів і один підвальный, висота поверху – 4,2 м, а габарити в плані – 18×58 м. Жорсткість будівлі забезпечується двома ядрами жорсткості та жорсткими з'єднаннями балок і колон [3].

У програмному комплексі SCAD методом скінченних елементів розроблено дві розрахункові моделі, які відрізняються розташуванням ядер жорсткості: у першому випадку вони розміщені всередині будівлі, у другому – зовні [4]. Схеми розрахункових моделей представлено на рисунках 1 і 2. Розташування ядер жорсткості відіграє ключову роль у забезпеченні стійкості каркаса. Внутрішнє розміщення забезпечує симетричний розподіл жорсткостей та рівномірність форм коливань. Натомість винесення ядер за межі основного об'єму покращує функціональність: шахти ліфтів і сходові клітки не потребують опалення, що знижує енерговитрати, а внутрішній простір звільняється від масивних елементів і стає більш гнучким для використання.

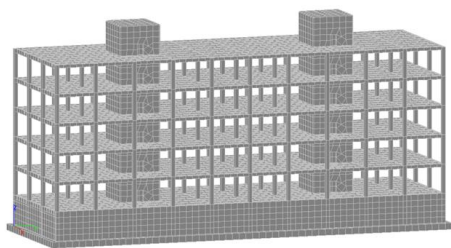


Рис. 1. Модель будівлі з внутрішнім розташуванням ядер жорсткості

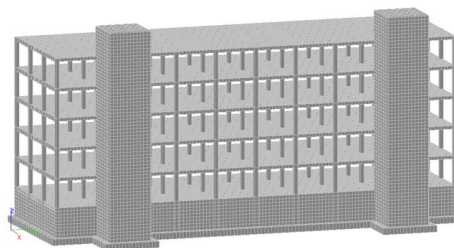


Рис. 2. Модель будівлі із зовнішнім розташуванням ядер жорсткості

У ході дослідження здійснено модальний аналіз двох варіантів розрахункових схем, що дозволило отримати власні частоти та форми коливань для 10 мод. Порівняльний аналіз показав, що розташування ядер жорсткості суттєво впливає на динамічну поведінку будівлі. Головною перевагою схеми з зовнішніми ядрами є відтермінована поява згинальних коливань у вертикальній площині, які є найбільш небезпечними для нормальної експлуатації. У моделі із внутрішнім розташуванням ядер жорсткості вони проявляються вже на 8-й формі, тоді як у другій схемі – на 10-й, що свідчить про більшу просторову жорсткість і стійкість конструкції. Зокрема варто зазначити, що у схемі з винесеними ядрами жорсткості спостерігається зміщення центру симетрії.

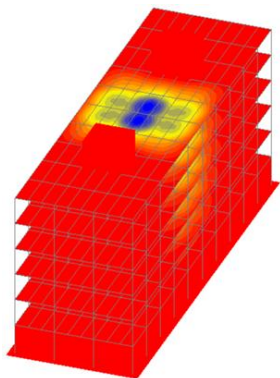


Рис. 3. Восьма форма коливань для моделі будівлі з внутрішніми ядрами жорсткості

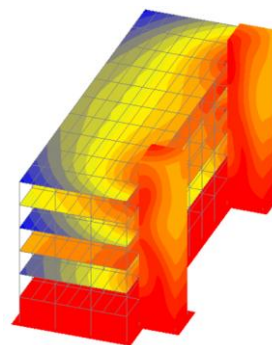


Рис. 4. Восьма форма коливань для моделі будівлі із зовнішніми ядрами жорсткості

Висновки. Проведене дослідження динамічних характеристик залізобетонної каркасної будівлі підтвердило суттєвий вплив геометричної конфігурації на динамічну поведінку будівель. Аналіз показав, що зовнішнє розташування ядер жорсткості дозволяє відстрочити появу небезпечних згинальних коливань у вертикальній площині, підвищуючи просторову жорсткість і сейсмостійкість споруди. Попри зниження частот, зовнішнє розташування ядер має додаткові переваги – раціональне використання внутрішнього простору та зменшення енерговитрат. Отримані результати свідчать про доцільність застосування різних архітектурно-інженерних рішень на етапі проєктування для досягнення оптимального балансу між безпекою, функціональністю та архітектурною виразністю будівлі.

Список використаних джерел

1. Kovrova V., Volkova V., Pakrastins L. The impact of vibration on buildings : Problems and solutions. *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 534. P. 01010. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401010>
2. Kovrova V., Volkova V. Comfort and safety in buildings under vibration effects : challenges and ways to overcome them. *Collection of Research Papers of the National Mining University*. 2025. № 80. Pp. 150–159. URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.150>
3. Kovrova V., Volkova V., Pakrastins L. Modal Analysis of a Multi-storey Frame Building with Consideration of the Soil Base. *Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 2023. Vol. 392. Pp. 668–673. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44603-0_69
4. Nozari A. et al. Effects of variability in ambient vibration data on model updating and damage identification of a 10-story building. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 151. Pp. 540–553. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.08.044>

УДК 697.1

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ В ЗОНІ ТЕПЛОПРОВІДНОГО ВКЛЮЧЕННЯ

Колесник І. О.¹, канд. техн. наук, доц., Адегов О. В.², канд. техн. наук, доц.,
Березюк Г. Г.³, ст. викл., Кучер І. Г.⁴, аспір.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹kolesnik.inna@pdaba.edu.ua, ²adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua,

³berezuik.hanna@pdaba.edu.ua, ⁴kucher.ihor@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В Україні проблема енергоефективності будівель, споруд, інженерних систем стоїть досить актуально на сьогодні. З погляду економії теплоти в будинках в опалювальний період – йде мова про термомодернізацію існуючого житлового фонду та держмайна. Особливу увагу при цьому особлива увага приділяється втратам тепла в районі теплопровідних включень (місткам холоду) та температурою внутрішньої поверхні захисної конструкції. Температура внутрішньої поверхні захисної конструкції не має бути нижчою за точку роси внутрішнього повітря. Якщо ця умова не дотримана, з’являються конденсат і цвіль на внутрішній поверхні огорожувальної поверхні. Теплопровідні включення характеризуються низькою теплоізоляційною здатністю, у порівнянні з іншими будівельними елементами. Містки холоду зустрічаються найчастіше в перекриттях, вікнах, фундаментах, цоколі – це спричиняє додаткові, тобто надмірні втрати тепла і зниження температури на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції [1–3].

Мета дослідження. Теплопровідні включення класифікують на точкові та лінійні. Точкові включення створюються через використання матеріалів з різними показниками теплопровідності, як-от елементи кріплення при монтажі теплоізоляційних систем. Лінійні включення утворюються на поверхнях зовнішніх огорожувальних конструкцій, зокрема у

місцях стику стіни з фундаментом, стіни з вікнами або дверима, а також у вузлах крокв похилих дахів.

Розрахунок температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій залежно від зовнішньої температури дозволить отримати значення теплових втрат у зоні теплопровідних включень, визначити температуру виникнення цвілі а також оцінити динаміку охолодження внутрішнього повітря приміщення при відключенні приладів опалення [1–3].

Результати дослідження. Теплопровідні включення утворюються там, де порушена цілісність шару теплоізоляції: через певні проектні недоліки, будівництво і монтаж «навісів» у будівлі, що вже експлуатується з недотриманням діючих нормативних документів. Один з варіантів неметалевого температурного включення представлений на рисунку 1. Для отримання динаміки зміни температури внутрішнього повітря, температури внутрішньої поверхні стінової панелі в районі неметалевого теплопровідного включення і за його межами при відключенні приладів опалення в приміщенні використовуємо розрахункові співвідношення, які наведені в [1]. Результати розрахунків представлені у вигляді графіків динаміки зміни температури внутрішнього повітря та температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції залежно від зовнішньої температури повітря та тривалості відключення опалювальних систем (рис. 2).

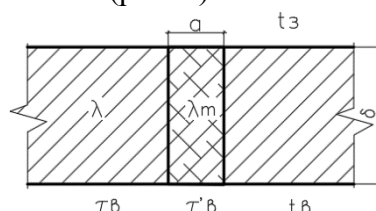


Рис. 1. Варіант неметалевого температурного включення

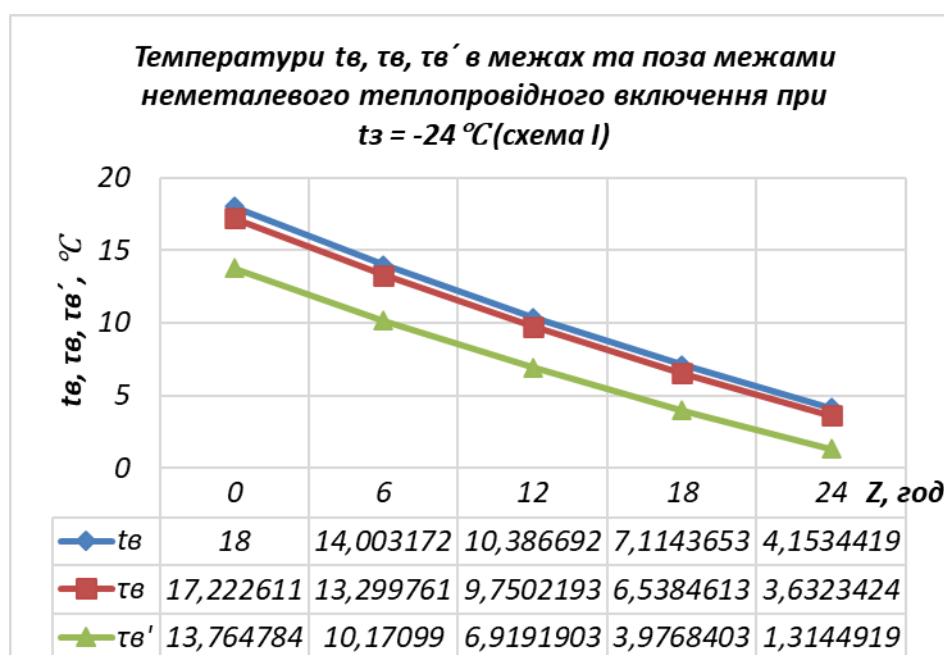


Рис. 2. Температура внутрішнього повітря t_b , температура внутрішньої поверхні стінової панелі в районі неметалевого теплопровідного включення t_b' (схема I) та поза його межами t_b'' при температурі холодної п'ятиденки $t_z^m = -24^\circ\text{C}$ для м. Дніпро

Висновки. Пропонований розрахунковий метод оцінки дозволяє визначити в динаміці температуру внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, температуру внутрішнього повітря в приміщенні при відключенні системи опалення. Такий метод оцінки температур може використовуватися і при термомодернізації будівель і як експрес-метод аналізу наслідків для приміщень будівлі при відключенні систем опалення.

Список використаних джерел

1. Данилов М. П., Ветвицький І. Л., Чесанов Л. Г., Колесник І.А. (під заг. ред. М. П. Данилова. Теплостійкість будівель в екосистемі «навколишнє середовище – будівля – людина» (аварійно-дефіцитні теплові режими, геліо- та вітрові аспекти). Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2004. 264 с.
2. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 60 с.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23 с.

УДК 628.87:658.3:697.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕПЛОВОМУ РЕЖИМІ

Колесник І. О.¹, канд. техн. наук, доц., Рубцов К. А.², магістр,
Скоромолот О. Г.³, магістр

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹kolesnik.inna@pdaba.edu.ua, ²rubtsov.ahp@gmail.com, ³Skoromolot@gmail.com

Постановка проблеми. Виконання вимог для забезпечення параметрів мікроклімату залежить від теплового режиму будівлі. Забезпечення теплового режиму будівлі передбачає гарантовану підтримку заданих теплових умов. Необхідний тепловий режим забезпечується за допомогою температури, відносної вологості та рухливості внутрішнього повітря. Для забезпечення необхідних умов мікроклімату приміщень будівель і споруд в зимовий період передбачена робота системи опалення. Параметри мікроклімату в приміщеннях будівель визначаються не тільки роботою систем опалення та вентиляції, а також теплофізичними характеристиками огорожувальної конструкції. Важливу роль відіграють будівельні матеріали, а саме показники їх теплопровідності, термічного опору, паропроникнення, теплотривкості.

Мета дослідження. Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в будівлях і спорудах в холодний період року, працює система опалення. У той же час, як показує світовий досвід в Україні до цього часу не вирішено питання економії енергоресурсів, що веде до необґрунтованого використання теплоносіїв без урахування температурного режиму в приміщеннях і втрати тепла через огорожувальні конструкції. Тому виникла необхідність провести дослідження зміни температури внутрішнього повітря та температури на внутрішніх поверхнях приміщень при нестационарному тепловому режимі (охолодженні внаслідок аварійно-дефіцитних ситуацій в системах теплопостачання), що дозволяє оцінити відповідність мікроклімату в приміщенні санітарним нормам і при необхідності управляти процесом [2–4].

Результати дослідження. При оцінці умов мікроклімату на відповідність діючих нормативних документів однією з вимог до параметрів мікроклімату є температура внутрішньої поверхні огорожі.

При вирішенні диференційного рівняння поширення тепла в одновимірній стінці були прийняті крайові умови: початкові умови – теплові умови в стінці в початковий момент ($Z = 0$) і граничні умови – теплові умови на кордонах стінки під час даного процесу. Розглянуто рішення для випадку падіння температури на внутрішній поверхні огороження, коли $X = 0$ [2].

З огляду на те, що охолодження будівельних конструкцій залежить від їх опору теплопередачі, визначені температури внутрішньої поверхні огорожень в момент порушення теплового режиму. Температура зовнішнього повітря прийнята рівною температурі холодної п'ятиденки для м. Дніпро $t_3 = -24$ °С. Результати розрахунків представлені на рисунку 1.

В опалюваних будівлях і спорудах для забезпечення заданих умов мікроклімату згідно з діючими нормативними документами в холодний період року необхідно підтримувати нормовану величину температури внутрішнього повітря в приміщеннях.

Очікувана температура внутрішнього повітря t_e , яка встановиться в приміщенні через час Z після порушення нормального теплового режиму та значення градієнта температур ($t_e - \tau_e$) наведені на рисунку 2.

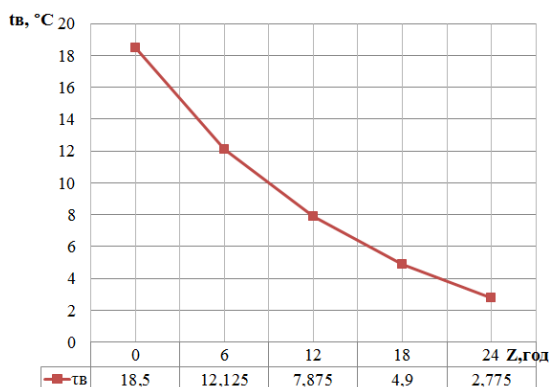


Рис. 1. Динаміка температури внутрішньої поверхні стіни після при порушенні теплового режиму при температурі холодної п'ятиденки для м. Дніпро

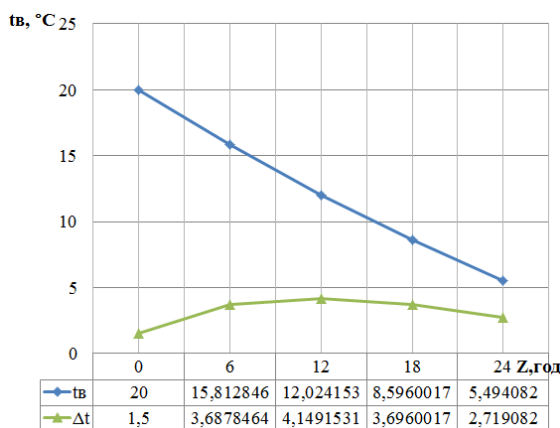


Рис. 2. Динаміка охолодження приміщень та зміни градієнта температур ($t_b - \tau_b$) після порушенні теплового режиму при температурі холодної п'ятиденки $t_z = -24 ^\circ\text{C}$ для м. Дніпро

Висновки. На основі проведених розрахунків встановлено: 1) температура внутрішньої поверхні зовнішньої стіни після порушення теплового режиму через 24 год. складає досягає $2,8 ^\circ\text{C}$. Це порушення вимог [1] і має негативний вплив не тільки на організм людини і на роботу інженерних мереж; 2) зниження температури внутрішнього повітря після порушення нормального теплового режиму має негативний вплив на організм людини, оскільки вона опускається до $5,5 ^\circ\text{C}$ через 24 год., а перепад температур через 12 год. складає більше $4 ^\circ\text{C}$, що є невиконання вимог [1].

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021. 27 с.
2. Данилов М. П., Ветвицкий И. Л., Чесанов Л. Г., Колесник И. А. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «окружающая среда – здание – человек» (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты) : учеб. пособ. Днепропетровск : Полиграфист, 2005. 262 с.
3. Отопление и охлаждение помещения поверхностью пола, стен и потолка. Москва – Вена : Герц Арматурен ГмБх, 2010. 56 с.
4. Управление энергоэффективностью : справ. рук-во. 2-е изд. Париж : МЭА, 2011. 71 с.

УДК 692.23

ВИЗНАЧЕННЯ СХЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ В КОНСТРУКЦІЯХ

Колохов В. В.¹, канд. техн. наук, доц., Білик В. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua, ²kolemasakar@gmail.com

Постановка проблеми. Досвід проведення обстеження технічного стану будівель та споруд дозволив запропонувати модернізовану систему періодичного контролю властивостей бетону. Апробація дієвості такої система була представлена в попередніх роботах. Аналіз отриманих результатів виявив необхідність модернізації методики проведення вимірювань та інтерпретації отриманих результатів.

Мета дослідження. Визначити за якою схемою проводити вимірювання параметрів взаємодії приладів неруйнівного контролю з поверхнею бетону конструкції за для проведення вимірювань із найменшою трудомісткістю та без погіршення достовірності отриманих результатів.

Результати дослідження. Під час дослідження розглянуто дев'ять схем розташування реперів в межах однієї станції. Схеми розрізнялись як за кількістю реперних точок так і за їх розташуванням в просторі. Частина схем виконана з центральним репером та розташуванням реперних точок по периметру зони дослідження, а частина без такої центральної точки. Для частини схем реперні точки розташовувались рівномірно розосередженими по колу з намаганням досягти однакових інтервалів між ними, а для частини розміщення реперних точок виконувалось із довільною орієнтацією та різними інтервалами між ними.

Виміри часу розповсюдження ультразвукових хвиль проводились між усіма реперами попарно. Вимірювалась також відстань між кожною парою реперів. Після проведення вимірів виконувалась їх врівноваження методом трилатерації. На підставі отриманих результатів вираховувалась швидкість розповсюдження ультразвукових коливань в бетоні конструкції між кожною парою реперів.

На підставі отриманих вимірів та розрахунків визначалась залежність «швидкість розповсюдження ультразвукових коливань – кут відхилення від вертикалі лінії по якій проводились вимірювання», оцінювалась трудовитрати на виконання роботи та достовірність отриманих результатів. визначення параметрів.

Аналіз отриманих результатів дозволив визначити перспективну схему для подальших досліджень .

Список використаних джерел

1. Kolokhov V. Non-destructive methods of determining the properties of materials as a component of the “SMART HOUSE” system. *E3S Web of Conferences*. Conference Paper Open Access. 2024. DOI: 10.1051/e3sconf/202453401008.
2. Kolokhov V., Bilyk V. Modernization the system of periodic control for the concrete properties system. *E3S Web of Conferences*. Conference Paper Open Access. 2024. DOI: 10.1051/e3sconf/202453401007.
3. Kolokhov V. Aplying ultrasound detection devices to examine properties of concrete structures. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038. Pp. 424–429. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.424>

УДК 624.012.45

ВПЛИВ ЧАСУ ПЕРЕМІШУВАННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ НА ДЕФОРМАТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ БЕТОНІВ

Конопляник О. Ю.¹, канд. техн. наук, доц., Жук Д. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹konoplianiuk.alexander@gmail.com, ²dmitrij.zhuk.98d@gmail.com

Постановка проблеми. Дана наукова робота є продовженням досліджень [1], які пов'язані з визначенням класу конструкційних бетонів при різних часах перемішування бетонної суміші. Встановлений вплив часу перемішування бетонної суміші на міцнісні характеристики бетонів. В результаті випробувань міцності зразків-кубів та призм встановлені класи бетонів за міцністю на вісьовий стиск. Однак в літературних джерелах присутні данні про вплив деформативності бетонів на визначення їх класу за міцністю шляхом дослідження модуля пружності бетонів. Тому постає питання дослідження деформативних характеристик бетонів та їх порівняння з міцнісними характеристиками. За результатами цих двох досліджень може бути визначений остаточний клас бетону.

Мета дослідження. полягає в дослідженні деформативних характеристик конструкційних бетонів в залежності від часу перемішування бетонної суміші та їх впливу на визначення класу бетону по міцності на стиск.

Результати дослідження. Раніш проведені дослідження кубікової та призмової міцності конструкційних бетонів, отриманих при часі перемішування суміші від 90, 180, 300 і 480 с, показали, що класи бетону, визначені за результатами кубікової міцності на основі вирахування коефіцієнтів варіації, виявились однаковими і склали С16/20 (В20). Класи бетону, визначені за результатами призмової міцності, виявились різними, при цьому найбільші показники класу бетону С30/35 (В35) і С25/30 (В30) виявились у бетонів складів № 1 і 3 при часі перемішування суміші 480 і 180 с відповідно. Отриманий результат перевищення призмової міцності над кубіковою міцністю не є типовим, а для підтвердження або спростування визначених класів бетону за міцністю проводили дослідження деформативних характеристик бетонів шляхом визначення їх модуля пружності. Окрім цього досліджували лінійну та об'ємну усадку конструкційних бетонів, які є несиловими деформаціями бетону.

Бетонну суміш готували на бетонозмішувачі марки «Айріх», а зразки для випробувань виготовляли методом ручного ущільнення в формах і витримували на протязі 28 діб за технологією наведеною в [1].

Усього для визначення модуля пружності і класу бетону було виготовлено 20 зразків-призм розмірами 100×100×400 (висота) мм, тобто по 5 зразків кожного складу для відповідного часу перемішування суміші.

Досліджували характер залежності напружень від деформацій бетону при завантаженні призм поетапним навантаженням [2]. Ця залежність характеризує силові деформації бетону.

Узагальнені результати випробування призм при часі перемішування суміші 480, 300, 180 і 90 секунд наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення модуля пружності та класу конструкційного бетону

№ п/п	Показники	Номер складу Час перемішування бетонної суміші, с			
		<u>1</u> 480	<u>2</u> 300	<u>3</u> 180	<u>4</u> 90
1	Початковий модуль пружності $E_b = 0,2 \cdot f_{ck,prism} \cdot 10^{-3}$, МПа	36,16	32,445	30,85	31,94

2	Середнє значення початкового модуля пружності $E_{cm} = 0,3 \cdot f_{ck,prism} \cdot 10^{-3}$, МПа	35,55	29,48	29,85	30,72
3	Коефіцієнт пружно-пластичних деформацій бетону, ν	0,983	0,909	0,968	0,962
4	Визначений коефіцієнт варіації за початковим модулем пружності, V_m , %	2,8	21,06	7,26	2,97
5	Визначений коефіцієнт варіації за середнім значенням початкового модуля пружності, V_m , %	2,44	9,91	13,16	5,19
6	Клас бетону за початковим модулем пружності C(B)	C32/40 (B40)	C25/30 (B30)	C20/25 (B25)	C20/25 (B25)
7	Клас бетону за середнім значенням початкового модуля пружності C(B)	C30/35 (B35)	C20/25 (B25)	C20/25 (B25)	C20/25 (B25)

Висновки. Як видно з таблиці 1 найбільший клас бетону, визначений за модулем пружності, отримується при часі перемішування суміші 480 с. В даному випадку остаточний клас бетону приймається по меншому із двох значень, а саме C30/35(B35). Зі зменшенням часу перемішування суміш до 300, 180 і 90 с отримується бетон однакового класу C20/25(B25). Підвищення класу бетону до C25/30(B30), визначеному при часі перемішування суміші 300 с за початковим модулем пружності, не враховується, так як воно було отримане, при коефіцієнті варіації 21,06 %, що значно вище, ніж прийнятий в нормах на проектування коефіцієнт варіації, який дорівнює 13,5 %.

При остаточному визначенні оптимального часу перемішування бетонної суміші на клас бетону необхідно виходити з наступних факторів: вартості виготовлення 100 м³ бетонної суміші в бетонозмішувачі марки «Айріх» виходячи з витрат електроенергії при різних часах її перемішування; що клас бетону по міцності на вісьовий стиск визначається за тимчасовим опором стиску бетонних кубів з розміром ребра 150 мм; що остаточний клас бетону раціонально приймати по меншому із отриманих значень.

Список використаних джерел

1. Конопляник О. Ю., Жук Д. В. Вплив часу перемішування бетонних сумішей на міцнісні характеристики конструкційних бетонів. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 3 (027). С. 81–91. URL: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.81.1164>
2. ДСТУ Б В.2.7.–217:2009. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 16 с.

УДК 666.972.1

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ТАРИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛЕГКИХ БЕТОНІВ

Конопляник О. Ю.¹, канд. техн. наук., доц., Котов М. А.², канд. техн. наук, доц.,
Баранчикова Д. О.³, студ.

¹⁻³ННІ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
Українського державного університету науки і технологій

¹konoplianiik.alexande@gmail.com, ²38kotokoto38@gmail.com, ³pelota535@gmail.com

Постановка проблеми. Наразі в будівельній галузі актуальним стало використання вторинних відходів, які утворюються в результаті життєдіяльності людини. Один із напрямів реалізації цієї тематики отримання легких конструктивно-теплоізоляційних бетонів шляхом використання легких заповнювачів відходів виробництв. Аналіз публікацій показав, що легкі конструктивно-теплоізоляційні бетони можуть бути отримані

на легких заповнювачах, таких як гранульований шлак, склобій, відхід переробки гумових покришок та ін. Відоме використання граншлаку об'ємною вагою 880 кг/м^3 для отримання легких конструкційно-теплоізоляційних бетонів об'ємною вагою $1\,720\text{--}1\,780 \text{ кг/м}^3$ та межею міцності на стиск $7,3\text{--}8,2 \text{ МПа}$ [1]. Однак наразі у зв'язку зі скороченням металургійного виробництва, обсяги отримання таких шлаків значно зменшились. В літературних джерелах є відомості про використання склобою об'ємною вагою 700 кг/м^3 для виробництва легких бетонів [2]. Однак широке застосування склобою стримується через економічну складову, а саме вторинна переробка склобою більш ефективна для виготовлення нових виробів на основі скла. Гумову крихту об'ємною вагою 300 кг/м^3 фракцією $1\text{--}6 \text{ мм}$, яка утворюється в результаті переробки гумових автомобільних покришок, використовують у будівництві [3–6].

Основна частина. Для виготовлення легких сумішей застосовували такі компоненти: заповнювач – відходи виробництва поліпропіленової тари, пісок річковий, цемент М500 та вода. Дослідження фізико-механічних характеристик матеріалів та бетонів на їх основі проводили в умовах дослідної лабораторії кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій.

Для якісного підбору складу бетонної суміші необхідно встановити характеристики кожного з компонентів суміші. Тому перед виготовленням сумішей визначали фракційний склад компонентів, їх об'ємні особливості та водневий показник рН кожного з компонентів, який характеризує кислотно-основні властивості суміші.

Фракційний склад компонентів визначали за методикою шляхом просіювання проби через стандартний набір металевих сит $d300h100$ ($0,05\text{--}40 \text{ мм}$). Залишки на ситах зважували за допомогою електронних ваг SPX6201 ($0\text{--}6,2 \text{ кг}$).

Об'ємну насипну масу компонентів суміші визначали згідно з методикою для сипучих матеріалів. Водневий показник рН сипучих компонентів вимірювали згідно з нормативним документом за допомогою портативного вимірювача STARTER 300, попередньо затворюючи компоненти дистильованою водою.

Після випробувань зразків-кубів на стиск аналізували характер руйнування зразків та структуру їх внутрішньої поверхні. Для вивчення структури бетону розколювали одну зовнішню грань зразка і оцінювали рівномірність розподілу заповнювача по внутрішній поверхні бетону та стан в'язучої речовини. Характер руйнування і структура внутрішньої поверхні зразків складу 1 (з максимальним вмістом заповнювача) і складу 6 (з мінімальним вмістом заповнювача) наведені на рисунку 1.

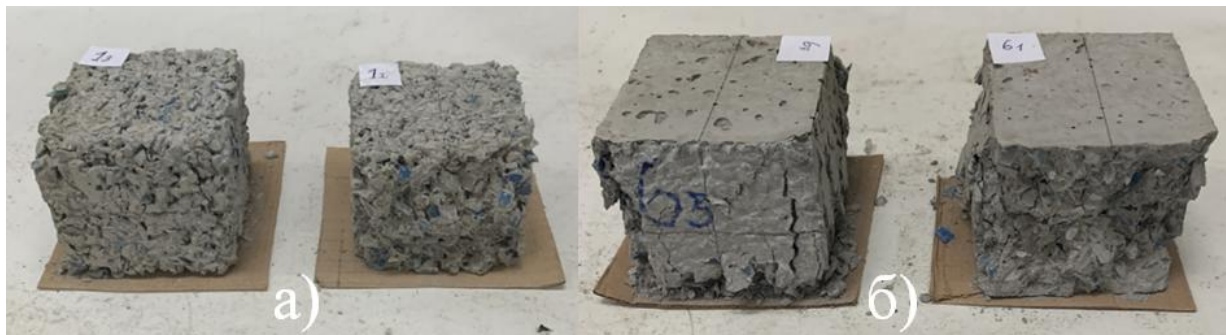


Рис. 1. Типовий характер руйнування і структура внутрішньої поверхні зразків складу 1 (а) та складу 6 (б)

Аналіз результатів визначення міцності зразків-кубів на стиск показав, що усі вони мають нормальний характер руйнування. З рисунка 1 видно, що структура бетону складу 1 характеризується наявністю великої кількості зерен заповнювача і недостатньою кількістю зв'язки, яка розташована між зернами заповнювача. Спостерігається слабка адгезія зв'язки до зерен заповнювача. Структура бетону складу 6 характеризується збільшенням кількості зв'язки і доброю її адгезією до зерен заповнювача. Відкрита пористість зв'язки мінімальна.

Для визначення міцності бетону показники отриманих результатів випробувань зразків-кубів із розмірами ребра 70 мм повинні бути приведені до міцності стандартних

зразків-кубів із розміром ребра 150 мм. У цьому випадку отримані показники міцності зразків-кубів із розміром ребра 70 мм повинні бути помножені на масштабний коефіцієнт α , який згідно з, дорівнює 0,85.

Висновки. Розглянуто можливість використання в складах легких конструктивно-теплоізоляційних бетонів як заповнювача відходів виробництва поліпропіленової тари. Дослідження міцності на стиск та об'ємної ваги бетонів показали можливість отримання легких бетонів об'ємною вагою від 1 395 до 1 805 кг/м³ при досягненні марки бетону по міцності на стиск від M25 до M250.

Список використаних джерел

1. Нетеса Н. И., Паланчук Д. В. Легкие бетоны на основе граншлака. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 2 (215). С. 62–68.
2. Jain Harshit, Kumar Baradiya Vijay. Determination of Mechanical Properties of Mortar by Using Fine Crushed Glass (FCG) and Waste Rubber (WR). (March 16, 2019). *Proceedings of Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications (RAITEA)*. 2019. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3353639>
3. Переробка покрешок. URL: <http://mmgazeta.ru/06.07.2012/pererabotka-pokryshek.htm>. Дата доступу: 10.11.2022.
4. ДСТУ Б В.2.7–214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.
5. Mykola Kotov, Volodymyr Volchuk, Oleksandr Konoplianyk, Yevhen Plakhtii, Olena Rabich, Irina Meshcheriakova. Assessment of the Impact of Fractal Dimension of the Fracture Surface of Cement Mortar on its Strength. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 15.11.2023. URL: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312923>
6. Kotov M. A., Volchuk V. M., Zeziukov D. M., Pavlenko T. M. Application of 3D fractal modeling for predicting concrete strength characteristics. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2526. Pp. 020003. 2023. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0115758>

УДК 620.9:699.86

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УТЕПЛЕННЯ У КОНТЕКСТІ СТАНДАРТУ NZEB ТА ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Косенко Л. В.¹, аспір., Коваль О. О.², доц., канд. техн. наук., с. н. с.,

Юрченко Є. Л.³, доц., канд. техн. наук

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua, ²koval.olena@pdaba.edu.ua, ³yel@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний житловий фонд України характеризується значними тепловтратами та низьким рівнем енергоефективності. Близько 80 % будівель потребують термомодернізації, оскільки були зведені за застарілими будівельними нормами. В умовах зростання цін на енергоресурси та енергетичної залежності країни постає необхідність у переході до будівель з майже нульовим споживанням енергії (NZEB). Такий підхід передбачає максимальне скорочення енергоспоживання за рахунок вискоелективних теплоізоляційних рішень і широке застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Житловий сектор є найбільш перспективним для модернізації, адже його енерговитрати становлять значну частку загального споживання енергії. Це обумовлює необхідність комплексних науково-практичних досліджень, що включають інструментальний енергоаудит, визначення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та оцінку доцільності впровадження систем ВДЕ.

Мета дослідження. Метою роботи є визначення ефективності впровадження теплозахисних заходів та відновлюваних джерел енергії для багатоквартирного житлового будинку з метою приведення його до параметрів NZEB. Завдання включали проведення інструментального енергоаудиту, розрахунків теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій за параметрами (NZEB), розробку заходів утеплення, моделювання роботи сонячної електростанції та аналіз економічної доцільності запропонованих рішень.

Результати дослідження. У ході проведеного дослідження було здійснено розрахунок енергоспоживання житлової будівлі за трьома сценаріями, що дозволило оцінити вплив різних варіантів термомодернізації на її енергетичні характеристики.

Аналіз першого сценарію, який відображає поточний стан будівлі без виконання утеплення зовнішніх стін та перекриття горища, показав, що річна енергопотреба становить 774 144 кВт·год, що відповідає класу енергоефективності «Е» та свідчить про значні теплові втрати через огорожувальні конструкції.

Другий сценарій передбачав виконання утеплення згідно з чинними будівельними нормами України. Розрахунки показали, що при застосуванні фасадної теплоізоляції товщиною 150 мм для стін та утеплення горищного перекриття шаром 250 мм коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій знижуються до нормативних значень ($U = 0,25 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для стін та $U = 0,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для перекриття). Це дозволяє зменшити річну енергопотребу до 691 200 кВт·год, що відповідає економії 10,7 % порівняно з вихідним станом.

Третій сценарій був розрахований відповідно до підвищених вимог стандартів будівель з майже нульовим споживанням енергії (NZEB). При товщині теплоізоляції 250 мм для стін ($U = 0,18 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$) та 320 мм для перекриття ($U = 0,12 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$) річне енергоспоживання становить 656 640 кВт·год, що забезпечує зниження енергопотреби на 15,2 % порівняно з базовим станом та на додаткові 5 % у порівнянні з другим сценарієм.

Таким чином, виконання термомодернізації відповідно до ДБН забезпечує суттєве підвищення енергоефективності при відносно помірних витратах, тоді як реалізація вимог NZEB дозволяє досягти максимальної економії енергії, проте потребує більших фінансових інвестицій.

Окрім теплоізоляційних заходів, було здійснено моделювання роботи сонячної електростанції потужністю 77,3 кВт (DC), встановленої на покрівлі будівлі площею 515 м².

За результатами прогнозних розрахунків очікуваний річний виробіток електроенергії становить 84 846 кВт·год, що дозволяє повністю забезпечити загальнобудинкові потреби, автономну роботу укриття або частково покривати споживання електроенергії у квартирах мешканців. Найвищі обсяги генерації припадають на літні місяці (понад 11 тис. кВт·год на місяць), тоді як у зимовий період (грудень – січень) показники знижуються до 2,5 тис. кВт·год. Виконаний техніко-економічний аналіз підтвердив, що впровадження сонячної електростанції у поєднанні з утепленням дозволяє знизити енергоспоживання будівлі до 26 % та забезпечує прийнятний термін окупності на рівні 17 років, що в умовах прогнозованого зростання тарифів на енергоносії є економічно виправданим рішенням.

Таким чином, результати дослідження доводять, що комплексна термомодернізація із застосуванням утеплення за стандартами NZEB у поєднанні з використанням сонячної електростанції є ефективним шляхом підвищення енергоефективності житлових будівель. Отримані результати можуть слугувати науковим та практичним підґрунтям для розробки типових рішень з реконструкції житлового фонду України [1–5].

Висновки. Проведене дослідження довело, що впровадження теплоізоляційних заходів за стандартами NZEB та впровадженням сонячної електростанції є ефективним шляхом термомодернізації у житлових будівлях. Розроблені рішення відповідають сучасним нормативним вимогам та забезпечують зниження енергоспоживання, покращення теплового комфорту і підвищення енергетичної незалежності. Практичне значення роботи полягає у можливості використання представленої методики у проектуванні та реконструкції житлових об'єктів, а також у підготовці фахівців у сфері енергоефективності. Отримані результати

можуть бути корисними для використання при модернізації схожих об'єктів житлового фонду України.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
2. ДСТУ 9191:2022. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
3. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.
4. Калькулятор PVWATTS – калькулятор для розрахунку сонячних [Електронний ресурс]. URL: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
5. Rehman H., Heimonen I., Vainio T., Ramesh R., Wallin A. Technical recommendations of the new built Nearly Zero Energy Building (NZEB) in Ukraine. Dissemination seminar. Access date: 16 October 2023.

УДК 669.017:519.21

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ВАЖКОГО БЕТОНУ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ МАРКИ 400 НЕРУЙНІВНИМ МЕТОДОМ

Котов М. А.¹, канд. техн. наук, доц., Волчук В. М.², докт. техн. наук, проф.,
Тимошенко О. А.³, канд. техн. наук, доц., Лазарєв Р. В.⁴, студ.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹38kotokoto38@gmail.com, ²volchuk.volodymur@gmail.com,

³mitomdnipro1997@gmail.com, ⁴romzes88862004@gmail.com

Постановка проблеми. Технологія виробництва матеріалів, зокрема бетону, характеризується багатопараметричністю, на яку впливає низка факторів, таких як хімічний склад сировини, температура середовища, технологічні режими змішування, формування та твердіння. Ці фактори ускладнюють прогнозування та контроль якості кінцевого продукту. Актуальність застосування фрактального формалізму для оцінки якості різних матеріалів полягає в можливості кількісного опису складних нерівномірних структур, що дозволяє виявляти приховані закономірності та оптимізувати властивості матеріалів без великої кількості експериментів. Особливо актуальним є застосування теорії фракталів щодо прогнозування якісних характеристик бетонів, оскільки це дає змогу моделювати мікроструктуру та передбачати механічні властивості, такі як міцність на стиск, зменшуючи залежність від емпіричних методів і підвищуючи ефективність проектування конструкцій.

Основна частина. Досліджувалася структура та властивості бетону на основі цементу марки 400. Важкі бетони застосовуються в будівництві для зведення несучих конструкцій, таких як фундаменти, стіни, перекриття, колони та балки в житлових, промислових і інфраструктурних об'єктах; у гідротехнічному будівництві для гребель, дамб і шлюзів; у дорожньому будівництві для покриттів автошляхів і аеродромів; а також у спеціальних спорудах, де потрібна висока щільність і міцність, наприклад, для радіаційного захисту в атомній енергетиці.

Для визначення фрактальної розмірності ділянок бетону з переважанням цементу та дрібного заповнювача – піску застосовувався клітинний метод Хаусдорфа: $D = \log(N(l)) / \log(l)$, де N – мінімальна кількість клітин, необхідних для покриття множини; l – лінійний розмір клітини. Цей метод полягає в накладанні сітки з клітинами зменшеного розміру на зображення структури та підрахунку кількості клітин, що перетинають межі структурних складових. Фрактальна розмірність характеризує складність і нерівність поверхонь розділу фаз, дозволяючи кількісно оцінити мікроструктуру матеріалу.

Результати рахунку розмірностей складових бетону і величини руйнівного навантаження наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фрактальні розмірності цементу і піску та показники руйнівного навантаження бетону важкого бетону

D цементу	D піску	Руйнівне навантаження, МПа
1.88	1.96	380
1.85	1.93	400
1.86	1.81	425
1.80	1.79	440
1.85	1.74	460
1.73	1.73	495
1.69	1.75	510

Фрактальна розмірність цементу D_c позитивно впливає на руйнівне навантаження бетону R : зі збільшенням D_c (тобто з підвищенням складності та нерівності меж цементних складових) руйнівне навантаження зростає, оскільки цемент є твердішою складовою бетону порівняно з піском, і його фрактальна структура сприяє кращій адгезії та розподілу напружень (рис. 1, а). Навпаки, фрактальна розмірність піску D_s (описує складність поверхні піщаних частинок) зменшується із зростанням руйнівного навантаження R (рис. 1, б). Зі збільшенням D_s руйнівне навантаження зменшується, оскільки пісок є м'якшою фазою, і його підвищена фрактальність може сприяти утворенню мікротріщин та слабшим зонам у матриці.

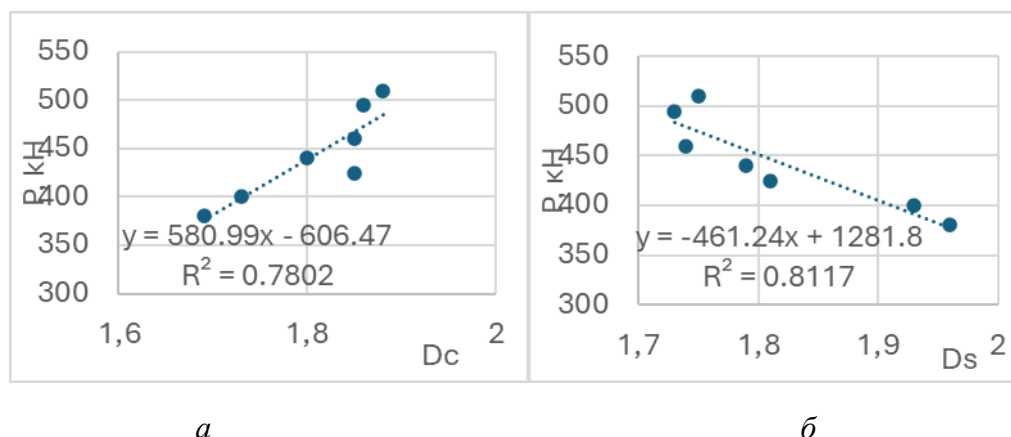


Рис. 1. Співвідношення між фрактальною розмірністю цементу D_c та руйнівним навантаженням бетону (а) і розмірністю включень піску D_s та руйнівним навантаженням бетону (б)

Висновки. Математичні моделі можна використовувати для прогнозу показників міцності важких бетонів на основі аналізу фрактальної розмірності цементу та піску. Це дозволяє звести до мінімуму кількість натурних випробувань, замінюючи їх на прогнозі оцінки отриманих математичних моделей. Дані моделі ставляють собою базу даних по властивостям бетонів, що підвищить точність контролю властивостей бетонів та оптимізує виробничі процеси.

Список використаних джерел

1. Kotov Mykola, Volchuk Volodymyr, Konoplianyk Oleksandr, Plakhtii Yevhen, RabichOlena, Meshcheriakova Irina. Assessment of the Impact of Fractal Dimension of the Fracture Surface of Cement Mortar on its Strength. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 15.11.2023. URL: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312923>
2. Vafaeva K. M., Vatin N. I., Karpov D. F., Romanovski V. Monitoring hybrid glass-basalt

plastic pipes : a fractal approach to failure analysis, *Materials Research Express*. 2025. № 12. P. 075307. URL: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/adf161>

3. Volchuk V. M., Kotov M. A., Plakhtii Y. G., Tymoshenko O. A., Zinkevych O. H. Investigation of the influence of the heterogeneous structure of concrete on its strength. *Results in Materials*. 2025. Vol. 25. P. 100659. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2025.100659>

4. Kotov M. A., Volchuk V. M., Zeziukov D.M., Pavlenko T. M. Application of 3D fractal modeling for predicting concrete strength characteristics. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2526. Pp. 020003. 2023. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0115758>

5. Volchuk V. M., Kotov M. A. Fractal express methods evaluation of a breaking stress of concrete. *Journal of Physics: Conference Series. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021)*. 2021. Vol. 1926. Pp. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1926/1/012023>

6. Kotov M. A., Konoplianyk O. Y., Volchuk V. M., Plakhtii Y. G., Plakhtii A. O. Light Structurally Thermal Insulating Concrete with a Wide Range of Applications from Recycled Waste Polypropylene Container. *Adv. Transdiscipl. Eng.* 2023. Vol. 43. Pp. 515–521. URL: <https://doi.org/10.3233/ATDE230758>

7. Volchuk V., Bolshakov V., Kotov M., Konoplyanik A., Chaikovska H. Influence of the multifractal characteristics of a macrostructure on cement mortar strength. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2678. P. 020024. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0118682>

УДК 330.3:338.4:658

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСІ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Кочегаров С. С., аспір.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

ko4earov@gmail.com

Постановка проблеми. Війна в Україні спричинила безпрецедентні втрати для національної економіки та особливо сильно вдарила по будівельному сектору. Значна частина житлового фонду, промислових об'єктів і транспортної інфраструктури зруйнована або пошкоджена, а потреби у відновленні, за оцінками Світового банку, перевищують 486 млрд дол. США [1]. Водночас самі будівельні підприємства опинилися у кризовому стані через зупинку виробництва, розрив логістики, нестачу капіталу й кадрів [2]. Найбільш уразливими виявилися мікро-, малі та середні підприємства (ММСП), які формують основу будівельної галузі, але не мають достатніх резервів для самостійного відновлення [3]. У таких умовах особливого значення набуває проблема їх економічної безпеки, адже саме від неї залежить швидкість і якість відбудови країни.

Мета дослідження. Метою дослідження є з'ясування сутності економічної безпеки підприємства у післявоєнний період, виявлення інституційних і нормативних механізмів її забезпечення та визначення напрямів підтримки будівельних ММСП у процесі відбудови.

Результати дослідження. Економічну безпеку підприємства доцільно трактувати як його здатність зберігати фінансову стійкість і конкурентоспроможність, своєчасно реагувати на виклики середовища та підтримувати безперервність діяльності. Для будівельних ММСП у нинішніх умовах найбільш критичними є три компоненти: фінансова стійкість, кадровий потенціал і технологічна спроможність. Фінансові ризики посилюються зростанням вартості матеріалів та обмеженим доступом до кредитних ресурсів, що робить актуальними програми державної підтримки, зокрема «Доступні кредити 5–7–9 %», які знижують навантаження на підприємців [2; 7]. Кадрова складова ускладнена значним відтоком працівників та дефіцитом кваліфікованих спеціалістів, який перевищує 150 тис. осіб [8]. Це потребує комплексних заходів із перекваліфікації та створення програм професійної підготовки у партнерстві з громадами й міжнародними організаціями. Технологічна спроможність підприємств

визначається модернізацією обладнання, пошуком нових постачальників і впровадженням інноваційних рішень. Особливої уваги заслуговують підходи «зеленої відбудови», що поєднують енергоефективність та стійкість споруд до кризових ситуацій [9]. Водночас дослідження OECD та ПРООН наголошують на необхідності інтеграції бізнесу до місцевих планів реконструкції, розвитку багаторівневого врядування й прозорих правил для участі ММСП у державних і міжнародних проєктах [3; 10]. Інституційне середовище виступає ключовим чинником економічної безпеки: від ефективності нормативно-правових актів, програм релокації та системи гарантій залежить здатність підприємств відновлюватися та розширювати діяльність. Важливим також є запровадження механізмів страхування воєнних ризиків і державно-приватного партнерства у великих проєктах [1; 8].

Висновки. Будівельні підприємства, особливо ММСП, стикаються з багатогранними викликами економічної безпеки у процесі повоєнного відновлення, серед яких дефіцит фінансових ресурсів, нестача кадрів, розрив логістичних ланцюгів і високий рівень невизначеності інституційного середовища. Для подолання цих проблем необхідно поєднувати внутрішні управлінські заходи із зовнішньою підтримкою національних та міжнародних інституцій. На рівні підприємств пріоритетом має стати підвищення фінансової дисципліни, запровадження систем ризик-менеджменту, створення резервів матеріалів і коштів, а також цифровізація управлінських процесів. Кадрова політика повинна включати перекваліфікацію працівників, формування центрів професійної підготовки спільно з місцевими громадами та залучення української діаспори до проєктів відбудови. У виробничо-технологічній сфері варто орієнтуватися на впровадження енергоефективних технологій, модульного будівництва та систем управління якістю, які знижують витрати та підвищують стійкість продукції. З боку держави та міжнародних партнерів вирішальними є забезпечення прозорого нормативно-правового середовища, яке гарантуватиме стабільні «правила гри» для бізнесу, розширення програм пільгового кредитування та державних гарантій, орієнтованих саме на ММСП, створення механізмів страхування воєнних і політичних ризиків, що стимулюватимуть інвестиції у будівельну галузь. Важливим напрямом є залучення малого бізнесу до реалізації регіональних планів відбудови шляхом спрощення процедур участі у державних закупівлях та міжнародних тендерах. Доцільно розвивати державно-приватне партнерство для великих інфраструктурних проєктів із закріпленням квот для ММСП як субпідрядників. Реалізація цих механізмів сприятиме не лише відновленню зруйнованої інфраструктури, а й формуванню стійкої та конкурентоспроможної будівельної галузі України, здатної забезпечувати довгостроковий економічний розвиток і підтримувати інтеграцію країни до європейського економічного простору.

Список використаних джерел

1. World Bank. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment, February 2023. Washington, DC : World Bank, 2023. 87 p. URL: <https://documents.worldbank.org> (дата звернення: 22.09.2025).
2. Міністерство економіки України. Доступні кредити 5–7–9 % : результати реалізації програми. Київ, 2025. URL: <https://www.me.gov.ua> (дата звернення: 01.09.2025).
3. OECD. Rebuilding Ukraine by Reinforcing Regional and Municipal Governance. OECD Multi-level Governance Studies. Paris : OECD Publishing, 2023. 372 p. URL: <https://doi.org/10.1787/63a6b479-en>
4. Горбач С. В., Щебель А. І. Економічна безпека підприємств: складові та інструменти забезпечення. *Київський економічний науковий журнал*. 2024. № 7. С. 51–55.
5. Кочегаров С. С. Інституційна спроможність будівельних ММСП у забезпеченні економічної безпеки в умовах повоєнного відновлення. *Київський економічний науковий журнал*. 2025. № 9. С. 135–142.
6. Principles of Public Administration. OECD/SIGMA Papers. Paris : OECD Publishing, 2023. 95 p. URL: <https://www.oecd.org/sigma> (дата звернення: 03.09.2025).
7. UNDP Ukraine. Small and Medium Business Survey 2024. Kyiv : UNDP, 2024. 56 p. URL: <https://www.ua.undp.org> (дата звернення: 04.09.2025).

8. Міністерство економіки України. За рік війни у безпечні регіони релоковано понад 800 підприємств. Київ, 2023. URL: <https://www.me.gov.ua> (дата звернення: 05.09.2025).

9. UNDP. Synthesis Report : Private Sector Opportunities for a Green and Resilient Reconstruction in Ukraine. New York : UNDP, 2023. 44 p. URL: <https://www.undp.org> (дата звернення: 05.09.2025).

10. OECD. Ukraine Country Programme. Paris : OECD Publishing, 2023. 112 p. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 08.09.2025).

УДК 69.059.7:658.2

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ’ЄКТІВ

Кравчуновська Т. С.¹, докт. техн. наук, проф., **Ковальов В. В.²**, докт. техн. наук, доц.,
Балакін К. В.³, аспір., **Комісаров Г. В.⁴**, аспір., **Філіп’єв Є. О.⁵**, студ.

¹⁻⁵ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹kravchunovska.tetiana@pdaba.edu.ua, ²kovalov.viacheslav@pdaba.edu.ua,
³balakinkonst@gmail.com, ⁴komgv91@gmail.com, ⁵23289-pcb.filipiev@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Розвиток міст України часто пов’язаний із розширенням їх меж. Разом із тим, в існуючих межах міст є покинуті промислові території, які набувають депресивного вигляду. Але такі об’єкти мають можливості для розвитку, які можуть бути розкриті завдяки проектам ревіталізації промислових будівель. Адже фізично та морально застарілі промислові будівлі, які не використовуються за функціональним призначенням, не обов’язково зносити. За умови достатнього залишкового ресурсу конструкцій будівель, можна перетворити колишні нефункціонуючі промислові будівлі на багатофункціональні комплекси з офісами, торговельними приміщеннями, закладами харчування, об’єктами дозвілля, лофтами тощо. Ревіталізація промислових будівель із їх адаптацією до нових умов економічного середовища допоможе відновити їхню цінність і може бути альтернативою знесенню таких об’єктів [1–3]. У зв’язку з цим актуальним завданням є вдосконалення методичних підходів до обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень ревіталізації промислових будівель.

Мета дослідження. Аналіз моделей ревіталізації промислових об’єктів із урахуванням їх специфічних особливостей.

Результати дослідження. Потреба у ревіталізації промислових будівель може бути обумовлена різними чинниками:

- нерентабельністю діючих промислових виробництв;
- змінами в архітектурно-планувальній структурі міста;
- особливостями розвитку дорожньо-транспортної інфраструктури;
- соціальними змінами міського середовища;
- необхідністю подолання екологічних викликів, пов’язаних із забрудненням навколишнього природного середовища.

При визначенні напрямку перетворення колишніх промислових об’єктів потрібно обґрунтувати майбутню функцію або функції, виходячи з такого:

- стан промислових територій і розташованих на них будівель та споруд;
- визначення найбільш ефективного використання будівель і споруд;
- забезпечення вписуваності будівель та споруд із новими функціями у концепцію розвитку міста;
- перетворення об’єктів на принципах інклюзивності та екологічної збалансованості.

В широкому розумінні ревіталізація промислових будівель передбачає розкриття нових можливостей старих форм. Відповідно до цього виділяють декілька моделей ревіталізації промислових будівель і споруд:

- зі збереженням виробничих функцій;
- із частковим збереженням виробничих функцій та появою нових функцій;
- із повною заміною функцій.

Для моделі, що передбачає збереження виробничих функцій, властиві реставрація будівель та технічне переоснащення виробництва.

Для моделі, що передбачає часткове збереження виробничих функцій і появу нових функцій, властиві реконструкція будівель та споруд і створення функціонально нових об'єктів.

Для моделі, що передбачає повну заміною функцій, властиві реконструкція будівель та споруд із благоустроєм територій.

Отже, ревіталізація нефункціонуючих промислових об'єктів потребує визначення потреб міста та застосування системного підходу до реактивації таких територій із новими формами землекористування та благоустрою. Відповідно до цього можна визначити чотири основні цілі ревіталізації промислових будівель:

- адаптація колишнього промислового об'єкту до нового функціонального використання з покращенням набором функцій та зовнішнім виглядом (наприклад, пристосування до використання як офісних приміщень або лофтів, як невеличких магазинів роздрібної торгівлі, як мистецьких майстерень тощо, з відповідною реконструкцією об'єктів інфраструктури під нові функції, тобто з реконструкцією систем електропостачання, телекомунікаційною модернізацією, систем безпеки тощо);

- відкриття нових можливостей використання промислових територій, звільнених від деградованої забудови: будівництво нових будівель і споруд, інтегрованих у навколишню забудову – наприклад, замість наземного паркінгу будівництво багатофункціонального комплексу, або прибудова об'єктів комерційного призначення на звільнених територіях; при цьому потрібно враховувати обмеження, пов'язані з площею земельної ділянки, з вимогами щодо кількості паркувальних місць, з екологічними зобов'язаннями і обмеженими фінансовими ресурсами;

- заміна застарілих промислових об'єктів новою забудовою, тобто знесення промислових будівель, які не можуть бути ефективно пристосовані до нового використання, та будівництво на їх місці нових будівель; наприклад, знесення будівель і споруд колишнього промислового підприємства та спорудження на їх місці торговельно-розважального центру;

- поліпшення міського середовища, наприклад, модернізація вулиць і їх озеленення, ремонт тротуарів, створення рекреаційних зон тощо, задля поліпшення зовнішнього вигляду міського простору, покращення їх функціональності, збільшення їх привабливості та формування позитивного іміджу.

Висновки. Впровадження проєктів ревіталізації сприятиме перетворенню міського середовища, покращуючи його якість для населення і бізнесу, забезпечуючи отримання вигід містобудівного, економічного, соціального та екологічного характеру.

Список використаних джерел

1. Осипова А. О. Ревіталізація процесів будівельного виробництва. Оптимізація організаційно-технологічних рішень : монографія. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2022. 226 с.
2. Ковальов В. В., Кравчуновська Т. С., Броневицький А. П., Заяць Є. І., Данилова Т. В., Косолапов А. Ф. Удосконалений алгоритм прийняття рішень щодо редевелопменту промислових територій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 3. С. 102–116.
3. Selvina D. Revitalization of Industrial Buildings. *International Journal of Applied Sciences: Current and Future Research Trends (IJASCFRT)*. 2022. Vol. 5, № 1. Pp. 16–29.

УДК 624.05

БУДІВНИЦТВО АВТОМАТИЗОВАНИХ ПАРКУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ІНТЕГРАЦІЯ В ІНФРАСТРУКТУРУ МІСТА

Кравчуновська Т. С.¹, докт. техн. наук, проф., **Кудрейко Є. Д.²**, аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹t.s.kravchunovska@ust.edu.ua, ²ed.kudreyko@gmail.com

Постановка проблеми. Через високий рівень урбанізації та обмежений простір для паркування традиційні методи паркування сприяють розвитку низки екологічних проблем, таких як забруднення повітря, збільшення викидів CO₂, шум та зниження енергоефективності.

У багатьох містах України проблема розміщення особистих автомобілів зазвичай вирішується шляхом створення відкритих паркінгів, що потребує великої кількості площ. І це відбувається на тлі нестачі вільних земельних ділянок для будівництва об'єктів у містах.

Враховуючи темпи розвитку міст та об'єктів міської інфраструктури, будівництво автоматизованих паркувальних систем дозволить забезпечити достатню кількість місць для паркування, суттєво заощадити міській простір і зменшити потребу у великих площах для паркінгів. Це не тільки сприятиме зменшенню викидів парникових газів і підвищенню енергоефективності, а й відкриє можливість використання звільненого простору для озеленення та в цілому реалізації стратегії сталого розвитку [1–4].

Мета дослідження. Дослідження впливу автоматизованих паркувальних систем на забезпечення сталого розвитку міст.

Результати дослідження. Сталий розвиток міст передбачає створення безпечних, інклюзивних та доступних міст, що забезпечує високу якість життя для нинішнього та майбутніх поколінь, включаючи розвиток екологічно чистої інфраструктури, збереження культурної спадщини та адаптацію до викликів урбанізації [5].

До основних завдань сталого розвитку належить зокрема адаптація до викликів, пов'язаних із урбанізацією, та зменшення негативного впливу забруднюючих речовин на довкілля міст на основі використання інноваційних технологій.

Одним із можливих напрямків забезпечення реалізації цих завдань є розвиток будівництва автоматизованих паркувальних систем.

Створення та експлуатація автоматизованих паркувальних систем дозволить значно знизити загальне енергетичне навантаження порівняно з традиційними паркінгами, що потребують значно більших площ і, відповідно, більшого енергоспоживання для забезпечення необхідної інфраструктури (освітлення, охорона, вентиляція тощо).

Важливою особливістю автоматизованих паркувальних систем є можливість інтеграції відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, на дахах або фасадах багаторівневих паркувальних комплексів. Використання сонячних панелей може компенсувати до 60 % енергоспоживання таких систем. Це значно зменшує їхній вуглецевий слід, сприяє зниженню загальних витрат на енергоспоживання та покращує екологічну сталість.

Важливо, що автоматизовані паркувальні системи працюють за принципом stand-by, що дозволяє значно знизити енергоспоживання в режимі очікування. В цьому режимі система споживає мінімальну кількість енергії, підтримуючи необхідні функції, але без активного руху механізмів. Це є важливою характеристикою, оскільки дозволяє значно зменшити енерговитрати в час, коли система не здійснює паркування, тобто коли немає потреби в активному функціонуванні її складових. Це дозволяє ще більше знизити загальне енергоспоживання автоматизованих паркувальних систем порівняно з традиційними паркувальними майданчиками, що працюють без перерви.

Висновки. Автоматизовані паркувальні системи – це ефективне рішення для зменшення потреби в земельних ділянках для паркування, що дозволяє значно скоротити обсяг асфальтованих та бетонних поверхонь. Це не лише знижує викиди парникових газів, а й створює можливості для озеленення, що позитивно впливає на покращення якості повітря,

зниження рівня шуму та зменшення ефекту теплових островів у міських районах. Крім того, озеленення знижує температуру навколишнього середовища, що також сприяє зменшенню потреби в енергоспоживанні для кондиціонування повітря в будівлях, покращуючи загальний мікроклімат.

Енергоспоживання автоматизованих паркувальних систем є відносно низьким, а завдяки можливості інтеграції сонячних панелей та використанню принципу stand-by автоматизовані паркувальні системи можуть зменшити навантаження на енергетичні ресурси міста. Це дозволяє значно знизити вуглецевий слід таких систем і робить їх економічно вигідними в умовах сталого розвитку міст.

Заміна традиційних паркінгів на автоматизовані паркувальні системи в поєднанні з озелененням вивільнених територій сприятиме створенню більш екологічно сталих та комфортних умов для мешканців міст. Таким чином, впровадження проєктів будівництва автоматизованих паркувальних систем та їх інтеграція в інфраструктуру міст сприятиме реалізації стратегії сталого розвитку, зокрема завдяки зменшенню навантаження на навколишнє природне середовище, та підвищенню якості життя мешканців міст.

Список використаних джерел

1. Цвіркун Д. А., Костюченко О. А. Зарубіжний досвід проєктування багаторівневих паркінгів. *Теорія та практика дизайну*. 2024. Вип. 34. С. 136–145. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.16>
2. Куцевич В. В., Кисіль С. С., Білик А. С. та ін. Принципи архітектурно-планувальної організації багатоповерхових автостоянок: колективна наукова : монографія. Київ : КНУТД, УЦСБ, КНУБА, 2019. 184 с.
3. You Kong, Jihong Ou, Longfei Chen, Fengchun Yang, Bo Yu. The Environmental Impacts of Automated Vehicles on Parking : A Systematic Review. *Sustainability*. 2023. № 15 (20). P. 15033. URL: <https://doi.org/10.3390/su152015033>
4. European Parking Association. URL: <https://europeanparking.eu/epa-awards-2021-2022/>
5. Сталый розвиток міст і громад. URL: <https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/11/>

УДК 725.85/.89

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ СПОРТИВНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО БЛОКУ НА СТІЙКІСТЬ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Кригіна А. О., аспірантка

Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, м. Київ
anastasiiia.kryhina@naoma.edu.ua

Анотація. У дослідженні розглянуто актуальні проблеми інтеграції спортивно-рекреаційних блоків (СРБ) у структуру багатофункціональних комплексів (БФК). Показано, що зростання щільності міської забудови та екологізація архітектурного середовища зумовлюють необхідність розробки нових типологічних рішень. Визначено ключові проблеми, пов'язані з розміщенням СРБ: містобудівні обмеження, функціонально-просторові конфлікти та експлуатаційні ризики.

Постановка проблеми. У рамках стрімкої популяризації здорового способу життя та збільшення відсотка фізично активного населення, а отже внаслідок формування нової соціальної потреби в наявності комфортних просторів для спортивних тренувань традиційна архітектура трансформується під нові соціальні запити. Як наслідок цьому процесу притаманні супутні проблеми, на виявленні яких сконцентровано дане дослідження. Інтенсивна урбанізація, розвиток технологій та екологізація простору впливають на розширення спортивно-рекреаційної мережі в міській тканині, що безпосередньо пов'язано з формуванням функціонально-просторової структури нових багатофункціональних комплексів. З одного боку, зростання щільності забудови обмежує можливості для

будівництва окремих спортивних об'єктів, що змушує інтегрувати їх у наявні структури, де СРБ стає елементом єдиної екосистеми БФК. З іншого боку, екологізація простору та розвиток технологій в архітектурі диктує нові можливості розміщення таких функцій відносно навколишнього середовища.

Транспорт стає більш екологічним, що сприяє зниженню рівня забрудненості повітря поблизу транспортних зв'язків. Це, своєю чергою, зменшує ризики для здоров'я спортсменів і створює передумови для перегляду санітарно захисних зон під час розміщення СРБ. Крім того, поява нових типів огорожувальних конструкцій покращує акустичні умови в міських зонах, що відкриває додаткові можливості для комфортного функціонування СРБ в умовах щільної забудови.

Багатофункціональні будівлі стають основою стійкої архітектури, оскільки вони дають змогу оптимально використовувати простір в умовах зростаючої щільності забудови та урбанізації. Роль СРБ у забезпеченні стійкості БФК залишається недостатньо вивченою. Не розроблено типологічних рішень і принципів інтеграції СРБ, які б враховували їхній вплив на екологічну, соціальну та економічну стійкість.

Серед українських дослідників проблемою розширення зон, придатних для проведення спортивних тренувань, займалися Р. Крушельницькій і Д. Байбак [1; 2]. Їхні роботи були зосереджені на вивченні чинників та умов міської забудови, що впливають на розвиток спортивно-рекреаційних мереж, а також на оптимізації сучасних принципів розміщення СРБ у міській тканині. На відміну від їхнього підходу, це дослідження концентрується на вивченні особливостей просторового синтаксису БФК, у структурі яких інтегровано СРБ. Це дає змогу виявити взаємозв'язок між розміщенням спортивних блоків і загальною стійкістю комплексу.

Мета дослідження. Виявити актуальні проблеми та визначити ключові чинники, що формують вплив СРБ на ступінь функціональної та просторової стійкості всього комплексу в цілому.

Результати дослідження. Заняття спортом сьогодні стають невід'ємною частиною повсякденного життя, що пов'язано зі зростаючою потребою суспільства в підтримці здоров'я і балансу. Як наслідок, СРБ, інтегрований у структуру БФК, сприяє створенню цілісної екосистеми для життя, об'єднуючи різні архітектурні типи, що створює синергетичний ефект для всіх сторін, які експлуатують подібні простори.

Аналіз обраних просторових конфігурацій БФК виявив низку проблем, пов'язаних з інтеграцією СРБ у структуру комплексу, що суттєво впливає на стійкість таких об'єктів.

Містобудівні проблеми:

- Невідповідність функціонального призначення ділянки проєктування, що забороняє розміщення спортивно-рекреаційної функції та супутні обмеження, пов'язані з щільністю її забудови та ступенем озеленення.

- Необхідність врахування зв'язку СРБ із загальною спортивно рекреаційною мережею міста. Доступність об'єкта та його вплив на інтенсифікацію соціальної привабливості певного району, міста або країни залежно від рівня обслуговування.

- Вплив на загальну транспортно-пішохідну систему: навантаження на транспортну систему в разі нерівномірного розподілу СРБ у загальній структурі спортивно-рекреаційної мережі міста; навантаження на пішохідну систему в разі відсутності норм інтеграції СРБ в наявні або новопроєктовані громадські простори міської тканини.

- Інженерні особливості: передбачувані підвищені запити ресурсів, що стосуються водо- та енергозабезпечення будівлі.

Функціонально-просторові проблеми:

- Можлива синергія або конфлікт синтаксису функціональних блоків у межах структури МФК: порушення або оптимізація схеми організації приватного і публічного, активного і пасивного просторів у загальній структурі комплексу; оптимізація схеми адаптивності використання просторів у межах експлуатаційних часових рамок; суміжне використання певних функціональних блоків.

Експлуатаційні проблеми:

- Навантаження на вертикальні та горизонтальні транзитні зони – порушення акустичного комфорту взаємодії суміжних функціональних блоків. Ці проблеми являють

собою як виклики, так і можливості для розвитку нової типології спортивно-рекреаційних блоків.

Під стійкістю в даному контексті розуміється здатність багатофункціонального комплексу задовольняти основні соціальні потреби, а отже бути стійким до стрімкої зміни цих потреб у сучасному світі та криз, що виникають у моменти зміни подібних потреб. Це визначення відповідає підходу ООН, згідно з яким стійкість охоплює три аспекти: екологічний, соціальний та економічний [5]. У рамках Цілей сталого розвитку ООН підкреслюється важливість створення стійких міст і спільнот, де архітектура є базисом формування екосистеми середовища проживання [4]. Це включає забезпечення доступності громадських просторів, їхньої екологічної безпеки та здатності підтримувати якість життя. Спортивно-рекреаційні блоки, як частина БФК, можуть відповідати цим критеріям, посилюючи стійкість комплексів.

Висновок. Спортивно-рекреаційні блоки (СРБ) посилюють стійкість багатофункціональних комплексів (БФК), створюючи екосистеми, що задовольняють сучасні соціальні потреби. Їхня інтеграція в структури МФК стає поширеною тенденцією. Однак вплив СРБ на формування екологічної, соціальної та економічної стійкості комплексу залишається недостатньо вивченим. Це підкреслює необхідність розроблення науково обґрунтованих принципів інтеграції СРБ, а також типологічних рішень, що враховують їхній багатофункціональний потенціал.

Список використаних джерел

1. Байбак Д. О. Аналіз закордонного та вітчизняного практичного досвіду архітектурно-містобудівного формування спортивно-дозвіллевих комплексів. *Комунальне господарство міст*. Вип. 163. 2022. С. 75–82. DOI 10.33042/2522-1809-2021-3 -163-75-82.
2. Крушельницький Р. О. Варіанти інтеграції площинних фізкультурно-оздоровчих споруд у структуру житлового кварталу. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2016. Вип. 42. С. 53–59.
3. MVRDV Architectural Office. The Canyon : Spatial solutions and sustainability. Architectural Review. 2023. URL: <https://www.mvrdv.com>.
4. UN Habitat. The Role of Architecture in Sustainable Urban Development. 2021. URL: <https://unhabitat.org>
5. United Nations. Sustainable Development Goals : 17 Goals to Transform Our World. 2015. URL: <https://sdgs.un.org/goals>

УДК 656.14: 711.58: 656.025.2

СТРУКТУРА ПІШОХІДНИХ МАРШРУТІВ МІКРОРАЙОНІВ ДО ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Куліченко Н. В.¹, ст. викл., **Савицький М. В.²**, докт. техн. наук, проф.,
Товбич В. В.³, докт. арх., проф.

^{1, 2} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій,

³Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)

¹n.kulichenko@ukr.net, ²sav15@ukr.net, ³tovbych@gmail.com

Постановка проблеми. В нормативному документі України [1, с.69]: вживається два поняття: «відстань пішохідної досяжності» і «радіус пішохідної досяжності». Але в термінах і визначеннях відсутня трактовка цих понять і не визначені співвідношення між ними. В той же час відзначається: [1, с. 69, п. 10.4.9] «У зонах житлової забудови до зупинок маршрутного пасажирського транспорту необхідно забезпечувати нормативні відстані підходу пасажирів», а в п. 10.4.10 [1, с. 69]: «Відстань між зупинками на лініях маршрутного пасажирського транспорту у межах територій населених пунктів встановлюється з урахуванням забезпечення радіуса пішохідної досяжності».

Загальновизнаним також є, що радіус пішохідної досяжності – це відстань по прямій, а відстань пішохідної досяжності це довжина пішохідного маршруту з урахуванням його непрямолінійності. Для визначення їх взаємного зв'язку застосовуються так звані коефіцієнти не прямолінійності. Для кожного маршруту вони індивідуальні, тому визначення доцільне лише їх середньої величини, наприклад в межах мікрорайону.

Аналіз літературних джерел показав, що всі вони приводять коефіцієнт не прямолінійності пішохідних маршрутів 1,2 без виконання відповідних досліджень [2, с. 59; 3, с. 217].

Мета дослідження. Визначення емпіричних структурних характеристик пішохідних маршрутів до зупинок громадського транспорту, а саме – коефіцієнтів непрямолінійності, співвідношення між окремими ділянками маршрутів; виявлення можливих кореляційних взаємозв'язків між структурними характеристиками.

Методи. Для дослідження відібрано 10 проектів мікрорайонів з колекції Behance Gogle – chrome. Зображення плану мікрорайону відкривалось в програмі AutoCAD і з її допомогою виконувались вимірювання відстаней.

Для кожного маршруту обчислювались: коефіцієнт не прямолінійності пішохідного маршруту відносно відстані по прямій до зупиночного пункту (відносно радіуса досяжності), K1; коефіцієнт не прямолінійності частини пішохідного маршруту відносно відстані по прямій до тротуару по вулиці, K2; коефіцієнт що враховує частку довжини маршруту в межах житлової забудови, K3, а також коефіцієнти не прямолінійності для найвіддаленіших точок мікрорайону, відповідно, до зупинки по прямій і до автомобільної дороги: K4; K5.

Результати дослідження. Було досліджено 1 100 можливих маршрутів до зупиночних пунктів громадського транспорту. Встановлено, що середні коефіцієнти не прямолінійності пішохідних маршрутів значно різняться в різних вибірках (проектах): середнє значення коефіцієнта не прямолінійності відносно відстані по прямій до зупинки K1 – від 1,273 до 1,836 (1,44 рази); середнє значення коефіцієнта не прямолінійності відносно відстані по прямій до тротуару на вулиці (ділянки маршруту в межах житлової забудови) K2 – від 1,39 до 2,49 (в 1,79 рази); середнє значення відносної частки довжини маршруту в межах житлової забудови K3 – від 0,34 до 0,68 (в 2 рази); для загальної (сумарної) вибірки з десяти проектів середні показники коефіцієнтів: K1 = 1,503; K2 = 1,745; K3 = 0,55.

При дослідженні кореляційних взаємозв'язків з допомогою непараметричних критеріїв, а саме – **знаків Фехнера**, так як гіпотеза про нормальний закон розподілу коефіцієнтів не прямолінійності пішохідних маршрутів не підтвердилася, одержані наступні результати:

- коефіцієнт кореляції між коефіцієнтами не прямолінійності K2 і K1 – 0,342;
- коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом K1 і коефіцієнтом K3, що враховує частку довжини маршруту в межах житлової забудови – 0,12;
- коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом не прямолінійності K1 і відстанню до зупинки по прямій (радіусом досяжності) – 0,4;
- коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом K2 і коефіцієнтом K3, що враховує частку довжини маршруту в межах житлової забудови – 0,084;
- коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом не прямолінійності K2 і відстанню до тротуару вздовж вулиці – 0,256.

Таким чином, взявши до уваги приведені вище розрахунки і побудовані точкові діаграми розсіювання, можливо зробити висновок, що кореляційні зв'язки між цими коефіцієнтами відсутні.

Висновки. Приймаючи до уваги значний діапазон розкиду значень емпіричних показників середніх по мікрорайону коефіцієнтів не прямолінійності, навряд чи доцільно застосовувати в проектній практиці і в нормативних документах радіус пішохідної досяжності і коефіцієнти не прямолінійності. Їх можна використовувати тільки для попередніх проектних опрацювань але остаточне рішення має ухвалюватися з урахуванням відстані пішохідної досяжності.

Список використаних джерел

1. ДБН 2. 2-12:2019. Будівельні норми України. Планування та забудова територій. Київ : Мінрегіон України, 2019.
2. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. Москва : Высшая школа, 1980.
3. Омаров Д. М. Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень : дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. Київ : Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, 2018.

УДК 711.3:640.4

ЗНАЧЕННЯ ЧАСОВОЇ ДОСТУПНОСТІ ЗАКЛАДІВ ГРОМАДСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД

Купрієнко Б. О.¹, аспір., Литвиненко Т. П.², канд. техн. наук, проф.

^{1,2}Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹bohdan.kupriienko@nupp.edu.ua, ²ab.lytvynenko_tp@nupp.edu.ua

Анотація: визначено недоліки існуючої системи організації громадського обслуговування в сільських громадах, а також проблеми, з якими стикаються громади в процесі управління територіями. Описано й запропоновано способи визначення проблем доступності соціальної інфраструктури, а також можливі рішення для їх усунення.

Ключові слова: громадське обслуговування, соціальна інфраструктура, доступність, територіальна громада, зона обслуговування.

Постановка проблеми. Сільська місцевість відрізняється дуже низькою густотою населення території порівняно з міською забудовою, тому закономірним є той факт, що рівень громадського обслуговування залежно від умов середовища проживання суттєво різний. Недостатній рівень обслуговування певними видами послуг негативно впливає на якість життя громадян у сільських територіальних громадах (далі – ТГ). Рівень забезпечення жителів сільських громад послугами поступається умовам міських, є проблеми з доступом до якісної медицини, освіти, адміністративних, банківських послуг та ін. [1].

Питання раціонального розміщення закладів громадського обслуговування в сільських територіальних громадах є актуальним і потребує всебічного дослідження з урахуванням специфіки сільських територій.

Мета дослідження. Методика раціонального розміщення закладів громадського обслуговування в сільських територіальних громадах потребує вибору оптимального розрахунку. Метод визначення доступності на основі радіусу обслуговування є узагальненим і недостатньо точним і не враховує існуючу вулично-дорожню мережу, а також природні, тому потребує розробки альтернативних методик розрахунку.

Потрібно розробити методичні підходи з урахуванням часової доступності закладів громадського обслуговування, які б враховували особливості просторового планування конкретної сільської ТГ.

Результати дослідження. Спираючись на теорію 15-хвилинної пішої доступності [2], ми дослідили й визначили, яким є оптимальний розмір зони доступності окремо взятого закладу. За 5 хвилин руху людина може пройти близько 400–416,67 м [3]. Таким чином, лінійна відстань, пройдена за 15 хв. становитиме 1 200–1 250 м – це і є оптимальний радіус пішохідної доступності [3].

На основі цієї схеми (рис. 1) можна поверхнево визначити проблемні населені пункти, виходячи із параметрів їхньої площі сільбищної території та максимальної протяжності села для визначення пріоритетності усунення проблем на більш критичних і проблемних населених пунктах громади.

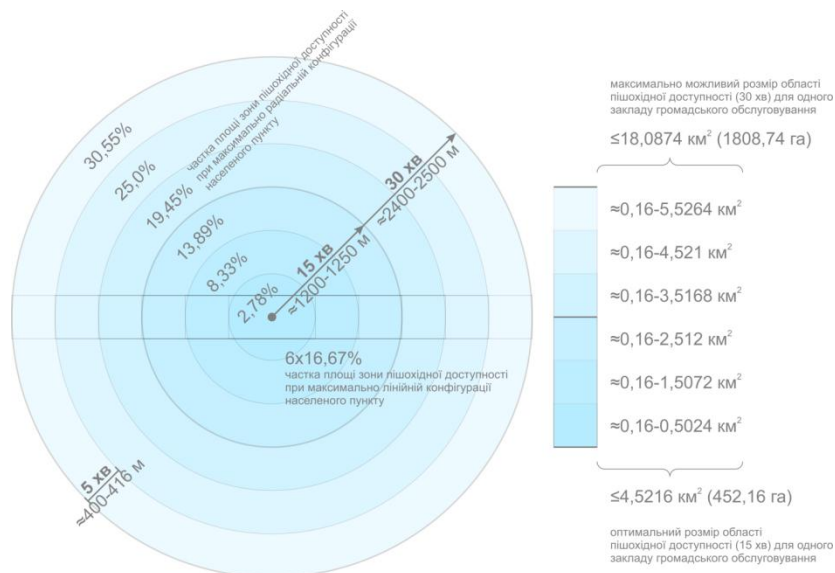


Рис. 1. Загальна схема визначення пішохідної доступності окремого закладу громадського обслуговування [3]

Висновки. Залежно від проблем з пішохідною або транспортною доступністю слід або збільшувати кількість закладів обслуговування, або забезпечити можливість використання жителями села транспортних засобів (організувати рух шкільних автобусів, подбати про рейсові пасажирські перевезення з мережею зупинок громадського транспорту тощо).

Для більш точного аналізу ми пропонуємо диференціювати території населених пунктів громад за їх віддаленістю від об'єктів соціальної інфраструктури за допомогою додаткових параметрів – індексу доступності та індексу доцільності [3].

Пропонується методичний підхід із застосуванням індексів, які дозволять оцінювати й прогнозувати якість громадського обслуговування в сільських громадах на основі вимірюваних показників для кожного окремого випадку та для громади в цілому.

Список використаних джерел

1. Купрієнко Б., Литвиненко Т. Особливості організації соціальної інфраструктури в сільських і селищних територіальних громадах Полтавської області. *Просторове планування для майбутнього України* : зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 25–26 травня 2023 р.). Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2023. С. 57–59. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/12849>

2. Moreno C., Allam Z., Chabaud D., Gall C., Pratlong F. Introducing the “15-Minute City” : Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*. 2021. Vol. 4. Pp. 93–111. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>

Купрієнко Б., Литвиненко Т. Методичні підходи до розміщення закладів громадського обслуговування в сільських територіальних громадах. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2025. Вип. 72. С. 142–157. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.142-157>

УДК 352.075:004

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ МОНІТОРИНГУ НЕРУХОМОГО МАЙНА

Ландо Є. О.¹, канд. техн. наук, доц., Нетяга К. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹lando.evgen@pdaba.edu.ua, ²netiaga.kostiantyn@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Впровадження нових систем інформаційного забезпечення для моніторингу нерухомого майна є складним та багатогранним процесом, який потребує врахування організаційних, технічних та інших аспектів.

Мета дослідження. Адаптація моделей повинна здійснюватися на основі аналізу ринкової ситуації, змін законодавства, а також з урахуванням потреб користувачів. Ринок нерухомості є складним та різноманітним. Існують різні сегменти ринку, кожен з яких має свої особливості. Тому для ефективного моніторингу необхідно розробляти нові моделі, що враховують ці особливості [1–3].

Результати дослідження. Організаційні та технічні питання впровадження нових систем інформаційного забезпечення передбачає вирішення низки питань, серед яких: - формування команди: створення міждисциплінарної команди, яка включає фахівців з ІТ, аналітиків, експертів з нерухомості; - розробка технічного завдання: чітке визначення вимог до системи, її функціональності, інтеграції з існуючими системами; - вибір програмного забезпечення: аналіз та вибір оптимального програмного забезпечення, яке відповідає вимогам та можливостям організації; - налаштування та адаптація: налаштування системи під конкретні потреби організації, адаптація до існуючих бізнес-процесів; - тестування та введення в експлуатацію: проведення комплексного тестування системи, навчання персоналу, поступове введення в експлуатацію.

Важливим аспектом є також забезпечення підтримки системи після її впровадження, регулярне оновлення та вдосконалення. Успіх впровадження нової системи інформаційного забезпечення значною мірою залежить від того, наскільки добре персонал та користувачі навчені роботі з новими інструментами. Навчання може включати в себе: - теоретичні курси: ознайомлення з принципами роботи системи, її функціональністю, можливостями; - практичні заняття: виконання практичних завдань, моделювання реальних ситуацій; - індивідуальні консультації: відповіді на питання, допомога у вирішенні проблем. Навчання повинно бути адаптовано до рівня підготовки різних категорій користувачів, враховувати їх потреби та інтереси. Безпека та конфіденційність даних є критично важливими аспектами при роботі з інформацією про нерухоме майно, тут необхідно забезпечити: - захист даних від несанкціонованого доступу: використання паролів, шифрування, розмежування прав доступу; - захист від втрати даних; - дотримання вимог законодавства: щодо захисту персональних даних та конфіденційної інформації.

Важливо розробити та впровадити політику безпеки, яка регламентує всі аспекти роботи з даними, а також регулярно проводити навчання персоналу з питань безпеки. Після впровадження нової системи інформаційного забезпечення необхідно здійснювати постійний моніторинг її ефективності. Моніторинг може включати в себе: - оцінку якості даних: перевірка актуальності, повноти та достовірності інформації; - оцінку функціональності системи: аналіз зручності використання, швидкості роботи, відповідності вимогам; оцінку задоволеності користувачів: опитування, збір відгуків.

За результатами моніторингу необхідно вносити зміни та вдосконалення в роботу системи, адаптувати її до потреб користувачів та вимог ринку. Регулярний моніторинг та аналіз дозволять забезпечити ефективне використання інформаційного забезпечення для моніторингу нерухомого майна та досягнення поставлених цілей. Проведене дослідження дозволило виявити ключові проблеми та виклики у сфері інформаційного забезпечення моделей моніторингу нерухомого майна. Було встановлено, що якість даних є критично

важливим фактором для ефективності моніторингу, а існуючі джерела інформації мають свої обмеження та недоліки.

Можна виділити наступні недоліки існуючих моделей моніторингу нерухомого майна: застарілі методи, обмежена функціональність, недостатня точність, складна інтеграція, висока вартість. Для розробки нових моделей, які враховують виявлені недоліки та відповідають сучасним вимогам ефективного моніторингу нерухомого майна, необхідно: використовувати сучасні технології, розширити функціональність, забезпечити високу точність, спростити інтеграцію, знизити вартість. Крім того, нові моделі повинні враховувати потреби користувачів та бути адаптованими до різних ситуацій. Вони повинні бути гнучкими та масштабованими, щоб відповідати змінам на ринку нерухомого майна. Розробка нових моделей моніторингу нерухомого майна є важливим завданням, яке потребує комплексного підходу та врахування всіх факторів. Виконання цих рекомендацій дозволить створити ефективні та сучасні моделі, які будуть сприяти розвитку ринку нерухомого майна.

Висновки та перспективи. Для покращення інформаційного забезпечення моделей моніторингу нерухомого майна рекомендується: - удосконалити систему збору даних; - підвищити якість даних: впровадити систему контролю якості даних на всіх етапах моніторингу, використовувати методи очищення, стандартизації та збагачення даних; - створити єдину інформаційну платформу: для інтеграції даних з різних джерел, забезпечення зручного доступу до інформації для користувачів; - розвивати та вдосконалювати моделі моніторингу: адаптувати існуючі моделі до нових умов та вимог, розробляти нові моделі, що враховують особливості різних сегментів ринку нерухомості; - забезпечити безпеку та конфіденційність даних: розробити та впровадити політику безпеки, яка регламентує всі аспекти роботи з даними.

Список використаних джерел

1. Нетяга К. В., Ландо Є. О. Аналіз теоретичних основ інформаційного забезпечення територіальних інформаційних систем. *Матеріали V науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (25–26 квітня 2024 р.)* : збірник тез під редакцією Владислава Данішевського, Юрія Пройдака, Миколи Савицького. Дніпро : ПДАБА, 2024. 311 с. (електронне видання) С. 255–256.
2. Булакевич С., Качановський О., Русіна Н. Проблеми інформаційного забезпечення системи моніторингу земель в Україні. *Молодий вчений*. 2023. № 4 (116). С. 8–12. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-4-116-2>
3. Нетяга К. В., Ландо Є. О. Розробка та покращення інформаційного забезпечення моделей моніторингу нерухомого майна. *Матеріали VI Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (17 квітня 2025 року)*. Дніпро : ПДАБА, 2025. 307 с. С. 249–250. URL: <https://doi.org/10.30838/PSACEA>. ISBN 978-966-3232-53 (електронне видання).

УДК 711.14:004.6

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ТЕРИТОРІАЛЬНОМУ ПЛАНУВАННІ

Гряник В. О.¹, канд. техн. наук, доц., Лапшик М.², аспір., Фетісов С.³, аспір.,
Пилипенко О. В.⁴, канд. техн. наук, доц.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹gryanyk.volodymyr@pdaba.edu.ua, ²maksymlapshyk@gmail.com, ³f.geodat@gmail.com,

⁴pylypenko.oleksandr@365.pgasa.dp.ua

Постановка проблеми. У сучасному світі ефективне управління просторовим розвитком територій неможливе без використання цифрових технологій, які забезпечують якісну візуалізацію та аналіз просторових даних. Серед них особливе місце займають

геоінформаційні системи (ГІС), які стали потужним інструментом для фахівців у сфері планування, екології, економіки та інженерії. Територіальне планування передбачає прийняття рішень, що стосуються функціонального зонування, забудови, використання природних ресурсів, розвитку інфраструктури тощо. Інтеграція ГІС в процеси територіального планування в багатьох країнах, зокрема в Україні, здійснюється недостатньо ефективно через низку проблем: обмежений доступ до якісних геопросторових даних, відсутність єдиних стандартів та методологій, а також низький рівень кваліфікації фахівців у цій галузі. Таким чином, виникає необхідність дослідити особливості та перспективи впровадження ГІС у практику територіального планування, що дозволить підвищити якість прийняття рішень, оптимізувати використання землі та зберегти екологічний баланс.

Мета дослідження. Дослідити використання геоінформаційних систем як інструменту оптимізації процесів територіального планування та розглянуто теоретичні основи функціонування ГІС, їхні практичні можливості та роль у прийнятті рішень на різних рівнях просторового управління.

Результати дослідження. Територіальне планування, як окремий вид діяльності, пов'язане з розробленням політики та проєктних рішень щодо просторових об'єктів різного ієрархічного рівня, є відображенням сформованої у суспільстві системи соціальних відносин й покликане втілювати (через існуючі інституції, підходи та конкретні проєкти) відповідні принципи та пріоритети як державної політики, так і суспільних відносин [5].

Наразі відбувається інтенсивна цифровізація та використання ГІС-технологій і цифрових платформ для збору, аналізу та візуалізації даних про території, що дозволяє покращити точність планування, враховуючи різні фактори та умови. Геоінформаційна система (ГІС), яка поєднує географічні (просторові) дані, як-от карти та супутникові знімки, з іншими даними (статистичними, демографічними, екологічними), дозволяючи збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати цю інформацію для прийняття обґрунтованих рішень у різних галузях, зокрема в управлінні територіями, плануванні міст, моніторингу довкілля та сільському господарстві. До основних сфер застосування ГІС в управлінні на місцевому рівні можна віднести: містобудівне планування та управління; розробка генеральних планів розвитку міст та інших населених пунктів; планування інфраструктури та комунальних послуг; моніторинг забудови та використання земель тощо.

Щодо практичного впровадження ГІС то вони дозволяють скоротити час розробки містобудівної документації, підвищити точність і якість проєктів, забезпечити інтеграцію великого обсягу даних із різних джерел та підтримати прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Також ГІС сприяє прозорості в роботі органів місцевого самоврядування, залученню громади через відкриті дані та систему зворотного зв'язку, а також підвищенню ефективності моніторингу розвитку території [1].

Наразі неможливо уявити процес управління територіями без використання ГІС технологій як інструменту ефективного розвитку містобудівної галузі та створення, ведення і вдосконалення роботи банків цифрової картографічної інформації саме у сфері містобудування. Все це дає можливість оптимізації процесів територіального планування шляхом : інтеграція даних з різних джерел (кадастрові, аерофотознімки, супутникові дані, інженерні мережі) в єдиний інформаційний масив для всебічного аналізу; автоматизація обробки картографічної інформації, що скорочує час технологічного циклу створення планів і моделей; просторовий аналіз і моделювання для оцінки варіантів розвитку територій, прогнозування наслідків впливу різних факторів, у тому числі стихійних лих; візуалізація в 2D та 3D для покращення сприйняття даних і ефективного представлення результатів планування; оптимізація розміщення об'єктів інфраструктури (наприклад, пожежно-рятувальних підрозділів) з урахуванням топографії, доступності та соціально-економічних факторів; підвищення прозорості та координації між різними органами влади і зацікавленими сторонами за рахунок спільного доступу до актуальної геодані.

Однією з найбільш розповсюджених ГІС на сьогодні є програма QGIS, яка є потужним безкоштовним інструментом, що широко використовується для аналізу використання земельних ресурсів у громадах. Складова наповнення місцевих бюджетів платою за землю в Україні складає від 30 до 80 %, а для того щоб наповнювати бюджет треба чітко розуміти, які

ділянки і в якій кількості знаходяться в підпорядкуванні громади. Земельний аудит допомагає громадам отримати цю детальну інформацію про власні земельні ресурси.

Висновки. Геоінформаційні системи є невід’ємною частиною сучасного інструментарію територіального планування. Їхнє застосування забезпечує більш ефективне, науково обґрунтоване та прозоре прийняття рішень. Для успішної інтеграції ГІС у муніципальне управління необхідна системна підтримка з боку держави, навчання фахівців та забезпечення технічної інфраструктури. Наразі ГІС стають ключовим інструментом для стратегічного розвитку громад, адже дозволяють поєднати просторові дані з планами та проєктами, бачити реальну картину ресурсів, ефективно планувати інвестиції та уникати дублювання ініціатив.

Список використаних джерел

1. Байдацький А. Й. Геоінформаційні системи, застосування GIS Геопроєкт при автоматизованих зйомках територій. [Електронний ресурс] URL: <http://npcz-rivne.ucoz.ua/Text2009/Olimpiadu/222/Nem1.pdf>
2. Литвинчук М. Ю., Денисенко О. О., Мельничук А. Л. Інструменти планування на місцевому рівні : довгостроковий аналіз перетворень в Україні. *Український географічний журнал*. 2022. № 2. С. 73–81. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGZ_2022_03_4_2%28site-6%29.pdf ; <https://doi.org/10.15407/ugz2022.03.045>
3. Любченко А. В., Шепітько І. І. Теоретико-методологічні підходи використання земельних технологій. *Юридичний науковий електронний журнал*. № 2. 2024. С. 217–220. URL: http://lsej.org.ua/2_2024/53.pdf
4. Удовиченко В. В., Пасько В. Ф. Територіальне планування: навч. посіб. Київ, 2024. 120 с.
5. Ясинецька І. А., Кушнірук Т. М., Лобанова О. П. Створення муніципальної інформаційної системи за допомогою ГІС-технологій. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Вип.17, ч. 2. 2018. С. 158–161.

УДК 378.147:62:008 (477)

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ АСПЕКТ ПІДГОТОВКИ СУЧАСНОГО ФАХІВЦЯ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ І ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Лисенко Г. І.¹, канд. іст. наук, доц., Волкова С. П.², ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹lysenko.halyna@pdaba.edu.ua, ²svitlana.volkova@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У вітчизняній педагогічній традиції ще з XIX ст. існувало розуміння, що інженер чи архітектор має бути не лише вузьким фахівцем, а й людиною культури. У працях українських педагогів та діячів освіти наголошувалося, що знання з історії, філософії, літератури й мистецтва допомагають формувати цілісний світогляд, підвищують суспільну цінність технічних знань. Водночас у радянський період пріоритетом стала підготовка спеціалістів для промисловості, де гуманітарні предмети розглядалися як «другорядні». Це спричинило дисбаланс у навчальних планах: на гуманітарні дисципліни відводилося значно менше годин, ніж на технічні. Наслідком стало формування у студентів функціональних умінь без достатнього розвитку світоглядних, моральних та комунікативних компетентностей.

Метою дослідження є обґрунтування значущості гуманітарної складової у підготовці технічних спеціалістів в Україні, аналіз історичних та сучасних тенденцій її розвитку, а також визначення перспектив інтеграції гуманітарних дисциплін у технічну освіту в умовах війни, цифровізації та євроінтеграційних процесів.

Результати дослідження. У країнах ЄС та США гуманітарна складова є невід’ємним елементом технічної освіти [4; 5]. Програми підготовки інженерів та архітекторів містять

обов'язкові курси з історії науки, філософії технологій, етики, культурології. Це забезпечує мобільність випускників, розширює їхні можливості для працевлаштування у глобальному контексті, формує здатність до міжкультурної комунікації. Порівняння з цими освітніми моделями засвідчує: збереження й розвиток гуманітарного блоку є запорукою конкурентоспроможності та забезпечення якості української освіти [1].

У сучасних умовах швидких суспільних змін, цифровізації та війни гуманітарна складова у підготовці технічних спеціалістів набуває особливого значення. Війна загострила проблему національної ідентичності та громадянської відповідальності: фахівець повинен бути здатним не лише виконувати виробничі завдання, а й усвідомлювати їх соціальні й культурні наслідки. Саме гуманітарні дисципліни забезпечують розуміння зв'язку професійної діяльності з історичною пам'яттю, культурними цінностями та потребами громади [2].

У навчально-науковому інституті ПДАБА протягом 2005–2024 рр. простежується тенденція до скорочення аудиторних годин з гуманітарних дисциплін. Водночас введення коефіцієнтів для малокомплектних груп обмежує можливості якісного викладання. Проте, попри зменшення навантаження, студенти активно беруть участь у культурних і краєзнавчих заходах, студентських конференціях, музейних проєктах. Це свідчить про те, що гуманітарні знання залишаються затребуваними, адже вони задовольняють потребу молоді в самореалізації, у формуванні громадянської позиції та культурного світогляду.

В умовах війни гуманітаризація технічних спеціальностей виконує ще одну функцію - збереження національної пам'яті та історико-культурної спадщини. Студенти технічних університетів долучаються до волонтерських і краєзнавчих проєктів, працюють над відновленням об'єктів культури й архітектури, беруть участь у заходах із вшанування історичних подій. Це свідчить про те, що гуманітарна підготовка має не лише освітнє, а й суспільне значення, адже формує покоління фахівців, які поєднують технічні знання з патріотизмом і громадянською свідомістю.

Окремим прикладом інтеграції гуманітарної складової є освітня програма «Краєзнавчо-екскурсійна робота» (032 «Історія та археологія») [3]. Серед програмних результатів навчання передбачено: уміння аналізувати й зберігати історико-культурну спадщину, організовувати екскурсійну діяльність, взаємодіяти з громадськими інституціями, працювати у сфері культурного туризму. Ці компетентності можуть бути застосовані не лише студентами історичного профілю, а й інтегровані у підготовку технічних спеціалістів. Адже архітектор, інженер чи будівельник, які володіють гуманітарними знаннями, здатні проєктувати об'єкти з урахуванням історичного контексту, зберігати культурні символи та враховувати соціокультурні потреби громад.

Висновки. Гуманітаризація підготовки технічних спеціалістів в Україні є надзвичайно важливим аспектом сучасної освіти, що відповідає вимогам часу та соціальним викликам. Історичний контекст, що свідчить про необхідність інтеграції гуманітарних знань у технічні спеціальності, підтверджує важливість формування всебічно розвинених фахівців, які здатні не лише виконувати професійні завдання, але й усвідомлювати їхній соціальний та культурний вплив.

Сучасні реалії, зокрема війна та цифровізація, підкреслюють значення національної ідентичності та громадянської відповідальності, що робить гуманітарну складову освіти ще більш актуальною. Вона сприяє розвитку критичного мислення, моральних цінностей і комунікативних навичок, необхідних для ефективної професійної діяльності у глобальному світі.

Список використаних джерел

1. Доповідь про якість вищої освіти в Україні, її відповідність завданням сталого інноваційного розвитку суспільства у 2022 році. За ред. А. Бутенка, О. Єременко, Н. Стукало. Київ : Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти, 2023. 59 с. URL: <https://naqa.gov.ua/wp-content/uploads/2023/03/Доповідь-про-якість-вищої-освіти-в-Україні-за-2022-рік.pdf>

2. Євсєєва Г., Лисенко Г., Яковишина Т., Волкова С. Трансформація технічної освіти в Україні : інтеграція гуманітарного та екологічного вимірів для сприяння цілям сталого розвитку. *Науково-теоретичний альманах «Грані»*. 2025. Вип. 28 (1). С. 223–232. URL: <https://doi.org/10.15421/172527>

3. Сінчукова Ю. Г., Неплюй О. Л., Лисенко Г. І., Волкова С. П. Краєзнавчо-екскурсійна діяльність у контексті сучасних викликів у будівельно-архітектурній галузі. *Матеріали V науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених* (25–26 квітня 2024 р.) : збірник тез під редакцією Владислава Данішевського, Юрія Проїдака, Миколи Савицького. Дніпро : ПДАБА, 2024. 311 с. (електронне видання). С. 277–279.

4. Baaoum M. Humanizing engineering education: A comprehensive model for fostering humanitarian engineering education. *International Journal of Modern Education Studies*. 2018. № 2 (1). Pp. 01–23.

5. Passino K. *Humanitarian Engineering Creating Technologies that Help People* (2nd ed.). Columbus, Ohio : Library of Congress, 2018.

УДК 711.4

ДО ПИТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО

Лисяк С. К.¹, студ., Харлан О. В.², канд. арх., доц., Суворова Т. О.³, ст. викл.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹20037arc.lysiak@365.pdaba.edu.ua, ²alexkharlan@pdaba.edu.ua,

³suvorova0873@gmail.com

Постановка проблеми. Міська морфологія вивчає форму та історичні процеси розвитку міських територій. Окрім традиційних методів, вона застосовує нетрадиційні підходи – фрактальний аналіз, агентне моделювання, штучний інтелект, числові мережі та просторові метрики.

Європейські дослідники аналізують типи житла, міські плани та їх взаємозв'язок із плануванням (П. Геддес, М. Р. Г. Конзен, Вайтхенд, Мугавін, М. Макадамс). Американські науковці розвинули власні підходи завдяки чиказькій екологічній школі (Г. Хойт, Ч. Гарріс). Для міст Центральної й Південної Америки також створені концептуальні моделі (Форд, Арреола, Кертіс, Мак Адамс) [1].

Першим комплексним дослідженням фрактальної структури міста є книга М. Бетті «Фрактальні міста» (1996), а в «Складність і міста» (2005) автор розвинув ці ідеї. Фрактали аналізують за розмірністю, блискучістю та масштабуванням (Falconer, 2003). Лише деякі типи придатні для моделювання міст, адже реальні фрактали формуються під впливом топографії, розвиваються нерівномірно, а поліцентричні міста мають особливості через периферійні центри активності (McAdams, 1995). Дослідження Шена (2002) підтвердило фрактальну природу міської форми, але результати ще не дозволяють повністю порівняти міста [2].

У цьому дослідженні проведено фрактальний аналіз Дніпра – великого промислового центру на обох берегах річки. Хоча офіційна дата виникнення пов'язана з імперським періодом, ще в пізньому середньовіччі тут існували Новий Кодак і козацькі слободи. Наприкінці XIX ст. Катеринослав розвивався завдяки залізниці, що сприяло індустріалізації та розширенню міста. Важливу роль відігравала річка Дніпро, а в радянський час місто стало Дніпропетровськом.

Для моделювання використано картографію основної урбанізованої території; надалі планується врахувати акваторію річки та зони межиріччя Дніпро – Самара.

Мета дослідження. За допомогою фрактального моделювання поставлено завдання проаналізувати існуючу планувальну структуру і виявити потенційно нові зв'язки та зони тяжіння в межах постіндустріального міста, виходячи з його існуючих меж та з урахуванням просторового образу сприйняття його мешканців.

Результати дослідження. Для реалізації основної мети було виконано наступні завдання: – Створено базову модель міста. Розроблено векторну (SVG) модель контуру м. Дніпро, що складалася більше ніж з тисячі точок, які точно повторюють його адміністративну межу (рис. 1). – Виконано обробку моделі за допомогою програмних засобів. Модель була завантажена в програмне середовище, де штучний інтелект призначив координати для кожної точки. Отримані дані були передані програмісту, який на даному етапі допомагає створити фрактальну модель міста, засновану на його фактичних контурах. – Проведено соціальний компонент дослідження. Опитування мешканців міста: респонденти на карті Дніпра позначали власні «особисті кордони» – місця проживання, роботи та відпочинку. Попередні результати свідчать про те, що просторове сприйняття міста є обмеженим: більшість людей мислять лише тими районами, у яких вони перебувають найчастіше, що візуально «зменшує» місто в їхній свідомості; - Зроблено порівняльний аналіз та побудова другої моделі. Після отримання та узагальнення результатів опитування планується побудувати другу фрактальну модель, що відповідатиме «суб’єктивним межам» міста. Подальший порівняльний аналіз двох моделей – фактичної та «усередненої» – дозволить виділити нові зони концентрації активності та можливі напрямки розвитку транспортнокомунікаційних зв’язків. – Візуалізація та графічна інтерпретація результатів. Накладання двох фрактальних моделей дозволить оцінити різницю між об’єктивною та суб’єктивною структурою міста. На основі цього можна буде сформулювати рекомендації щодо потенційних точок розвитку громадських просторів та створення нових магістралей або зон тяжіння, що сприятимуть збалансованому розвитку міського середовища. У роботі також наведені проміжні результати побудови фракталів (рис. 2).

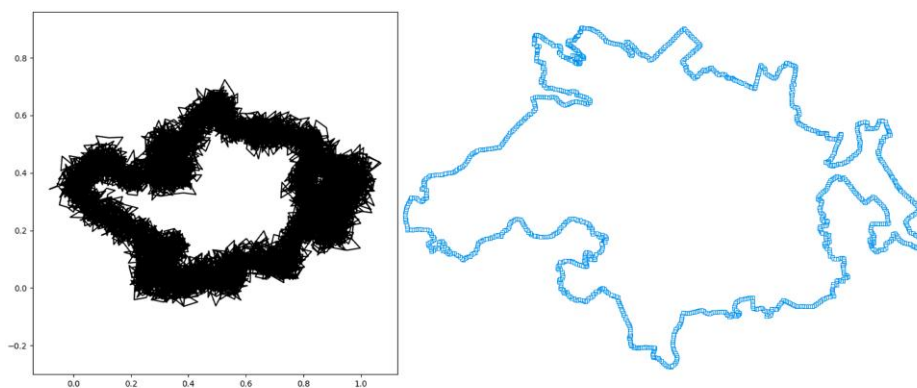


Рис. 1. SVG моделі міста Дніпро

У фрактальних візерунках Дніпра простежується дендритична структура – розгалужена, схожа на крону дерева, з центральним елементом і численними «гілками», що тягнуться вздовж основних доріг та річки Дніпро. Розвиток уздовж ріки є спадком доавтомобільної епохи, коли транспорт здійснювався переважно водним шляхом. У місцях колишніх переправ нині збудовані мости. Центр міста щільно забудований, вільні землі залишилися переважно у вигляді парків і островів. Розширення міста відбувалося шляхом приєднання периферійних поселень. Північно-західні території є заповідником, але на прибережні землі тисне незаконна забудова, і подальший розвиток залежатиме від рішень місцевої влади щодо збереження охоронного статусу.

Для детальнішого аналізу планується дослідження центрального району – історичного ареалу, що відповідає межам Катеринослава XIX – поч. XX ст., сформованого навколо козацької слободи Половиці (1734 р.). Це дозволить визначити щільність забудови, морфологію доіндустріального міста та співвідношення зон компактної та розгалуженої забудови.

В наслідок того, що різні райони розвивалися в різні періоди часу, інтенсивність забудови варіюється. Відмінністю є великі простори ріки. Лівобережна сторона відображає середовище, яке все ще розвивається.

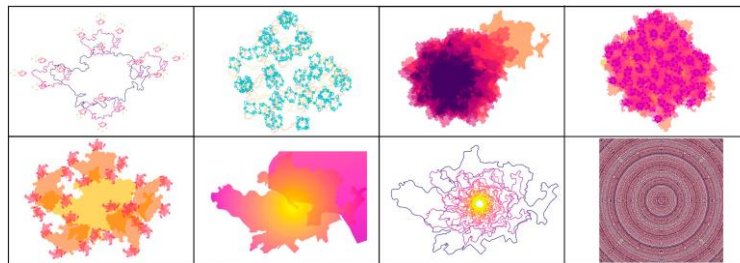


Рис. 2. Проміжні результати побудови фракталів

Висновки. Дослідження підтвердило потенціал фрактального аналізу як ефективного інструменту вивчення міської морфології. Отримані результати можуть бути використані для підготовки рекомендацій щодо збалансованого розвитку міського середовища, та планування нових громадських просторів, що сприятиме підвищенню якості життя мешканців Дніпра.

Список використаних джерел

1. Arreola D., Curtis J. The Mexican border cities: landscape anatomy and place personality. Tucson : University of Arizona Press, 1993.
2. Batty M., Longney P. Fractal cities : a geometry of form and function. Academic Press, London and San Diego, 1996.

УДК 69.055.2

ВИКОРИСТАННЯ 3D-СКАНУВАННЯ ТА ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІСТОРИЧНОЇ БУДІВЛІ ЦЕРКВИ НА ТЕРИТОРІЇ ПДАБА

Луценко Є. К.¹, студ., Сопільняк А. М.², канд. техн. наук, доц.,

Харлан О. В.³, канд. арх., доц.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

lutsenckoliza@gmail.com, sopilniak.srtem@pdaba.edu.ua, alexkharlan@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасне будівництво вимагає високої точності даних про вже наявні об'єкти. Звичайні методи обмірів будівель часто є довготривалими та трудомісткими, а також, на жаль, не забезпечують необхідної точності, особливо коли мова йде про історичні споруди зі складними архітектурними формами. Це значно ускладнює як процес проектування конструкції так і реставрацію архітектурних пам'яток. З цього формується проблема з пошуку ефективних методів на інструментів, які сприятимуть швидкому виміру об'єктів та точному проектуванню цих будівель. Одним з таких методів є застосування технологій 3D-сканування.

Мета дослідження. Спробувати сучасну технологію 3D-сканування на прикладі реального об'єкта – колишньої церкви (Нова військова церква у м. Дніпро). Основними завданнями було:

- отримання хмари точок за допомогою лазерного сканера Leica BLK360;
- обробка хмари точок у спеціалізованому програмному забезпеченні (Autodesk ReCap);
- створення ВІМ-моделі в середовищі Revit;
- аналіз проробленої роботи та отриманих результатів.

Відбувалось дослідження саме церкви, тому що вона є цікавим і незвичним об'єктом для сканування. Було важливо не тільки зафіксувати її зовнішній вигляд, а й дослідити внутрішній простір, особливо купол. Вже від початку сканування такої будівлі було розуміння, що це стане хорошим викликом та допоможе отримати новий досвід, а також надасть змогу випробувати обладнання в складних умовах.

Хід досліджень. Досліджування здійснювалось у декілька етапів. На початку було проведено кілька процесів підготовки до роботи зі сканером, тобто розмічено зони та налаштовано обладнання. Після підключення сканера до планшета розпочалася робота. Далі виконувалось повне сканування фасадів церкви, куполу та інтер'єрних приміщень. Спочатку було відскановано фасади церкви, встановивши точки по периметру. Для детального захоплення рельєфного фасаду на верхніх рівнях довелося піднятися на дах. Усередині церкви сканували всі приміщення, починаючи з дверного отвору для зв'язку з точками фасаду. Також довелося піднятися під купол, аби зафіксувати верхній ярус. Покрівля залишилася недоступною, тому її конструктивні елементи відобразилися лише в моделі. Для кращого охоплення фасадів використовували драбину, сканування з покрівель сусідніх будівель та встановлювали сканер на третьому поверсі заочного деканату. Основними труднощами були втрата зв'язку між сканером і планшетом у певних місцях та необхідність ручного коригування після зміни акумулятора. Незважаючи на це, сканування було виконано якісно.

Наступним етапом була обробка хмари точок, отриманої при скануванні. Хмара точок була експортована зі сканера на робочий ноутбук та оброблена за допомогою застосунку Autodesk ReCap. Для початку виконувалось очищення хмари точок від зайвих об'єктів, таких як меблі та сторонні будівлі. Далі було проведено вирівнювання та реєстрація точок, що забезпечило точне поєднання хмар точок 3Д сканування між собою. Наступною дією було видалення шумів, аби покращити якість даних та зробити модель чіткою. Завдяки якісному очищенню вдалось значно зменшити розмір хмари з 25Гб до 5Гб, що значно полегшило подальшу роботу. Готова хмара була збережена у необхідних форматах та завантажена на диск для подальшого використання в Revit.

На основі обробленої хмари точок було розпочато створення Revit-моделі. Процес її побудови починався не з осей, як зазвичай, а з моделювання основних стін, щоб потім підігнати осі під існуючі стіни. Після було виконано порівняння моделі з реальною будівлею, аби впевнитись, що хмара точок – точна. Надалі було продовжено моделювання: відтворили фундамент, покриття, підлоги, конструкцію даху, цоколь та перегородки. Після, знову було виконано порівняння моделі з хмарию точок. В кінці, додано до моделі мілкі деталі згідно з хмарию (декоративні елементи на фасаді, меблі)

Останнім етапом, був аналіз роботи. Відповідність моделі реального об'єкту перевіряли співставленням хмари та моделі, а також, за допомогою контрольних «пострілів» рулеткою.

Висновки. Під час проведеної роботи було досягнуто значних результатів. Сканування такого архітектурного об'єкту дало змогу точно випробувати роботу сканера на різних ділянках. Також було перевірено можливості роботи програмного забезпечення, звідки виявили, що можна сканувати дійсно великі об'єкти та обробляти великі хмари, за якими потім створювати точні моделі. В майбутньому, було б добре покращити систему пошуку місцезнаходження сканера після заміни акумулятора. А також, розробити додаткові види кріплень, так як сканер може робити сканування в стандартному положенні та в положенні «догори дном». Звідси і впливає рішення створення кріплення на стелю, аби сканер міг детально просканувати поверхні на різних рівнях по висоті.

Список використаних джерел

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley. 2018.
2. Remondino F., Rizzi A. Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites – techniques, problems, and examples. *Applied Geomatics*. 2010.
3. Fandiei A., Sopilniak A., Shabanova K. 3D scanning as a modern architect's tool. *Engineer of the Third Millennium : Proceedings of International Students' Scientific Conference*. Dnipro : USUST, 2024. Pp. 29–31 [Електронний ресурс] URL: <https://tst.stu.cn.ua/article/view/337241/325809>
4. Титюк А. А., Ярова Т. П., Середа С. Ю., Сіренко К. О., Правоторова А. В. Інтеграція технологій 3D-сканування при створенні моделі лицею у місті Дніпро. *Технічні науки та технології*. 2025. № 2 (40). С. 493–501. [Електронний ресурс]. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2\(40\)-493-501](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2(40)-493-501)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ

Ляховецька-Токарева М. М.¹, канд. техн. наук, доц., Гаврилюк С. В.², інж.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua, ²s.v.gavr28@gmail.com

Мета. Розробка та вдосконалення математичних моделей теплового режиму будівель для підвищення енергоефективності, прогнозування тепловтрат і оптимізації експлуатаційних витрат. **Методика.** Використано фундаментальні принципи теплофізики, зокрема рівняння теплопровідності Фур'є, закон Ньютона для конвективного теплообміну та закон Стефана-Больцмана для теплового випромінювання. Для розв'язання рівнянь застосовувалися чисельні методи: метод скінченних різниць і метод скінченних елементів. Аналіз проводився з урахуванням стаціонарних і нестаціонарних моделей, а також впливу зовнішніх кліматичних умов.

Математичне моделювання теплового режиму будівлі є ключовим інструментом для аналізу та оптимізації енергоефективності сучасних споруд.

У контексті глобальних викликів, пов'язаних із зміною клімату та необхідністю зменшення енергоспоживання, створення точних моделей теплопередачі дозволяє прогнозувати теплові втрати, оцінювати ефективність ізоляційних матеріалів і розробляти стратегії енергозбереження [1–2].

Ці моделі базуються на фундаментальних принципах теплофізики, зокрема законах теплопровідності, конвекції та теплового випромінювання, які описують складні процеси теплообміну в будівельних конструкціях.

Математичне моделювання теплового режиму будівлі базується на законах збереження енергії та принципах теплофізики.

Основним рівнянням, яке описує процеси теплопередачі, є рівняння теплопровідності Фур'є, що враховує накопичення тепла в матеріалі, теплопровідність і можливі джерела тепла, наприклад, опалювальні системи.

Окрім теплопровідності, у моделюванні враховуються процеси конвекції та теплового випромінювання.

Конвективний теплообмін описується законом Ньютона, який визначає тепловий потік між поверхнею та навколишнім середовищем.

Теплове випромінювання моделюється за законом Стефана-Больцмана, що описує тепловий обмін через електромагнітне випромінювання [3].

Стаціонарні моделі теплового режиму застосовуються для аналізу усталеного теплового стану будівлі, коли температура не змінюється з часом.

Вони базуються на спрощених рівняннях, таких як рівняння Лапласа, і є менш ресурсоемними.

Нестаціонарні моделі, навпаки, враховують динаміку теплових процесів, що важливо для аналізу впливу змінних кліматичних умов, таких як добові чи сезонні коливання температури.

Для їх розв'язання використовуються чисельні методи, зокрема метод скінченних різниць і метод скінченних елементів.

Чисельні методи є основою для розв'язання складних рівнянь теплопередачі, враховуючи геометричну складність будівельних конструкцій і нелінійні властивості матеріалів.

Метод скінченних різниць дискретизує просторово-часовий континуум, перетворюючи диференціальні рівняння на систему алгебраїчних рівнянь.

Це дозволяє моделювати теплові процеси в простих геометріях.

Метод скінченних елементів є більш гнучким і застосовується для складних конструкцій.

Він широко використовується в програмних комплексах, таких як ANSYS або COMSOL Multiphysics, для моделювання будівельних елементів із різними матеріалами [3–5].

Зовнішні кліматичні умови, такі як температура повітря, сонячна радіація, вологість і швидкість вітру, суттєво впливають на тепловий режим будівлі.

В моделях вони враховуються через граничні умови, що комбінують конвективний і радіаційний теплообмін.

Наприклад, температура зовнішньої поверхні стіни залежить від комбінації цих факторів, що потребує точного визначення відповідних коефіцієнтів.

Ці моделі дозволяють прогнозувати енергоспоживання будівлі за різних умов експлуатації, що сприяє зниженню витрат і підвищенню комфорту.

Незважаючи на досягнення в моделюванні, залишаються певні виклики:

- Неоднорідність матеріалів і нелінійні ефекти, такі як фазові переходи в ізоляційних матеріалах.
- Невизначеність у вхідних параметрах, наприклад, коефіцієнтах тепловіддачі.
- Висока обчислювальна складність нестационарних моделей, що вимагає значних ресурсів.

Висновки. Математичне моделювання теплового режиму будівлі є важливим інструментом для забезпечення енергоефективності та створення комфортних умов експлуатації.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення чисельних методів, інтеграцію моделей із системами штучного інтелекту та розробку адаптивних алгоритмів для прогнозування теплового режиму в реальному часі.

Список використаних джерел

1. Ковальчук О. П., Шевчук В. І. Математичне моделювання теплових процесів у будівлях: сучасні підходи. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія : Будівництво*. 2022. № 4. С. 45–52.
2. Білецький В. С., Дзюба С. В. Енергоефективність будівель: методи теплового моделювання. Харків : ХНУБА, 2019. 280 с.
3. Савченко О. О. Чисельні методи в теплофізичних розрахунках будівельних конструкцій. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2021. № 3. С. 18–25.
4. Михайленко В. М., Клименко О. В. Теплові режими будівель: теорія та практика. Київ: КНУБА, 2020. 200 с.
5. Шевчук І. П. Моделювання тепловтрат у житлових будівлях: вплив ізоляційних матеріалів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і будівництво*. 2023. № 25. С. 67–74.

УДК 628.9

ІНТЕГРАЦІЯ ГІБРИДНИХ ТА КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ У ПРИВАТНИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

Ляховецька-Токарєва М. М.¹, докт. техн. наук, доц., Оліфер Д. О.², магістр.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua, ²dolifer4@gmail.com

Постановка проблеми. Традиційні системи теплопостачання будівель, що базуються на використанні невідновлювальних ресурсів Землі тобто викопного палива, характеризуються високими експлуатаційними витратами та високим рівнем викидів парникових газів. Зростання цін на енергоресурси призводить до необхідності підвищення енергетичної незалежності. Тому впровадження комбінованих та гібридних систем до теплопостачання

стає актуальним. , які поєднують декілька джерел енергії. Проте вибір вигідної конфігурації та оцінки ефективності таких систем потребує подальших досліджень

Мета дослідження. Наукове обґрунтування доцільності впровадження гібридних або комбінованих систем теплопостачання у будівлях різного функціонального призначення шляхом: аналізу їх енергетичної ефективності, визначення оптимальних режимів роботи та оцінки екологічних і економічних переваг порівняно з традиційними системами.

Результати дослідження. Інтеграція може мати такі цілі:

1. Економію невідновлювальних ресурсів, тобто їхнє збереження. Також впровадження обладнання, яке працює на відновлювальному джерелі енергії може не шкодити природі, як це робить наприклад традиційний котел. За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), сектор будівель формує до 30 % глобальних викидів CO₂, що робить його одним із пріоритетних об'єктів декарбонізації.
2. Підвищення енергоефективності – забезпечення максимально можливого коефіцієнта корисної дії системи за рахунок оптимального поєднання джерел енергії.
3. Енергетична незалежність – зниження залежності від централізованих мереж і коливань цін на викопне паливо. Згідно з Директивою ЄС 2010/31/ЄС, нові будівлі мають відповідати стандарту «майже нульового споживання енергії» (nZEB), що стимулює пошук альтернативних рішень у сфері теплопостачання.
4. Підвищення надійності та безперервності теплопостачання – створення резервування джерел тепла для уникнення перебоїв у роботі системи.

В Україні, де спостерігається значна різниця температур зовнішнього повітря впродовж року та поступовий перехід на ринкові ціни на енергоносії, питання оптимізації гібридних систем набуває особливої актуальності.

Комбіновані та гібридні системи – нове покоління у сфері інженерних систем. Гібридні рішення дають можливість автоматично переключатися між джерелами залежно від поточних умов: температури зовнішнього повітря, тарифів на енергоресурси, технічного стану обладнання.

Через присутність багатьох внутрішніх чи зовнішніх факторів (зведено до таблиці 1) впровадження комбінованості чи гібридності до системи може мати різний характер.

Таблиця 1

Зовнішні фактори	Внутрішні фактори
Кліматичні умови (температурний режим, тривалість опалювального сезону)	Функціональне призначення будівлі (житлова, громадська, промислова)
Тарифи на енергоресурси (газ, електроенергія) та їх динаміка	Теплове навантаження та графік його зміни
Державна політика у сфері енергоефективності та підтримка ВДЕ	Технічний стан існуючих систем теплопостачання
Наявність інфраструктури для підключення до мереж (газ, електрика, тепло)	Фінансові можливості власника/інвестора
Екологічні обмеження, норми щодо викидів CO ₂	Вимоги до надійності та комфорту (температурні режими, безшумність роботи)

Тому шляхи інтеграції можуть бути виконані такими шляхами:

1. Модернізація – 40 % (найбільш популярний шлях, бо дешевше за нове будівництво).
2. Нове будівництво – 25 % (виконується при спорудженні нових енергоефективних будівель).
3. Реконструкція існуючих систем – 20 % (актуальна для старих котелень та мереж).
4. Поетапна інтеграція – 15 % (вибирається, коли неможливо інвестувати одразу всю суму).



Висновки. Вибір оптимального рішення залежить від таких факторів, як кліматичні умови, тарифи на енергоресурси, а також функціональне призначення та технічний стан будівлі. Такі рішення дозволяють досягти підвищеної надійності, безперервності тепlopостачання та відповідати сучасним європейським стандартам енергоефективності.

Список використаних джерел

1. Клімов Р. О., Морозовська А. С. Енергетична ефективність комбінованих систем тепlopостачання. Дніпровський державний технічний університет. Дослідження режимів генерації та споживання теплоти у комбінованих системах. URL: sj.dstu.dp.ua
2. Лужанська Г. В. та ін. Тепlopостачання з використанням альтернативних джерел енергії. Одеса : Одеський політехнічний університет, 2024.
3. Hybrid heating system for increased energy efficiency and flexible control of low temperature heat : опубліковано в Energy Efficiency. 2018.

УДК 699.86

РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ТЕРМІЧНОГО СПРОТИВУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ, ЯКІ ПОТРЕБУЮТЬ ДОДАТКОВОГО УТЕПЛЕННЯ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ СУЧАСНИХ НОРМ

Маковецький Б. І.¹, канд. техн. наук, доц., Гільов В. В.², канд. техн. наук, доц.,
Мещерякова І. В.³, докт. філос. (PhD), доц., Трошин М. Ю.⁴, ст. викл.,
Тимошенко Л. О.⁵, ст. викл.

¹⁻⁵ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹b.i.makovetskyi@ust.edu.ua, ²hilyov.v@pdaba.edu.ua,

³meshcheriakova.iryana@pdaba.edu.ua, ⁴troshyn.mykhailo@pdaba.edu.ua,

⁵mitomdnipro1997@gmail.com

Постановка проблеми. Задачі утеплення будівель, які були побудовані з урахуванням теплотехнічного проектування за вимогами попередніх норм [1], які діяли в Україні, залишаються актуальними і в теперішній час. Левова частина житлової забудови потребує додаткового утеплення, враховуючи випуск нових норм з більш жорсткими вимогами [2; 3].

Мета дослідження. Для дослідження не брались до уваги публікації науковців за кордоном, тому, що в західних країнах з самого початку виникнення науки будівельної теплотехніки норми для визначення термічного спротиву огорожувальних конструкцій і для урахування тепловтрат в будівлях були прив'язані до цін на енергоносії. В Україні в складі СРСР, енергоносії мали дуже занижену ціну. Норми на теплоізоляцію і тепловитрати теж занижені для економії вартості масового житлового будівництва. В зв'язку з тим, що

розроблений в [4] графоаналітичний метод базувався на використанні номограм, за допомогою яких, за лічені секунди, визначалась шукана товщина утеплювача, виникла необхідність створити подібний інструмент розрахунку на основі нових вимог ДБН [2], а також допоміжного впливу на температурний режим в середині житлових приміщень елементів вологого проектування. На цій основі сформулювались основні задачі дослідження для досягнення поставленої вище цілі:

- спираючись на дослідження і створену типологію зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін) історичної житлової забудови України [4] визначити найбільш значущі і поширені конструкції і їх будівельні матеріали;
- використовуючи розроблену типологію огорожувальних конструкцій, сучасних теплоізоляційних матеріалів [4], дослідити всі можливі варіанти дії кліматичних впливів на огорожувальні конструкції будівель, включаючи вологий режим, в зимових умовах;
- розробити графоаналітичний метод розрахунку товщини шару утеплювача на основі нормативів [2; 3].

Результати дослідження. Використовуючи елементи наукового аналізу, а також користуючись проміжними результатами попередніх досліджень [4] був визначений ряд конструкцій зовнішніх стін в яких застосовувались будівельні елементи і матеріали типові для свого часу. Вони і стали основою для розробки розрахунку. Типові рішення з геометричними розмірами представлені на рисунку 1 (пункти з 1 по 7).

В залежності від конструкції зовнішньої стіни досліджувались закономірності впливу на них кліматичних факторів для зимових умов, таких як вологість і температура і виявлені найбільш ефективні складові конструкцій стін з точки зору теплотехніки і вартості. Користуючись цими даними, а також даними з [2; 3], побудовані номограми для визначення товщини утеплювача, який є складовою конструкції системи утеплення «мокрый фасад». Ці номограми побудовані для 1 і 2 кліматичних зон України (див. рис. 1).

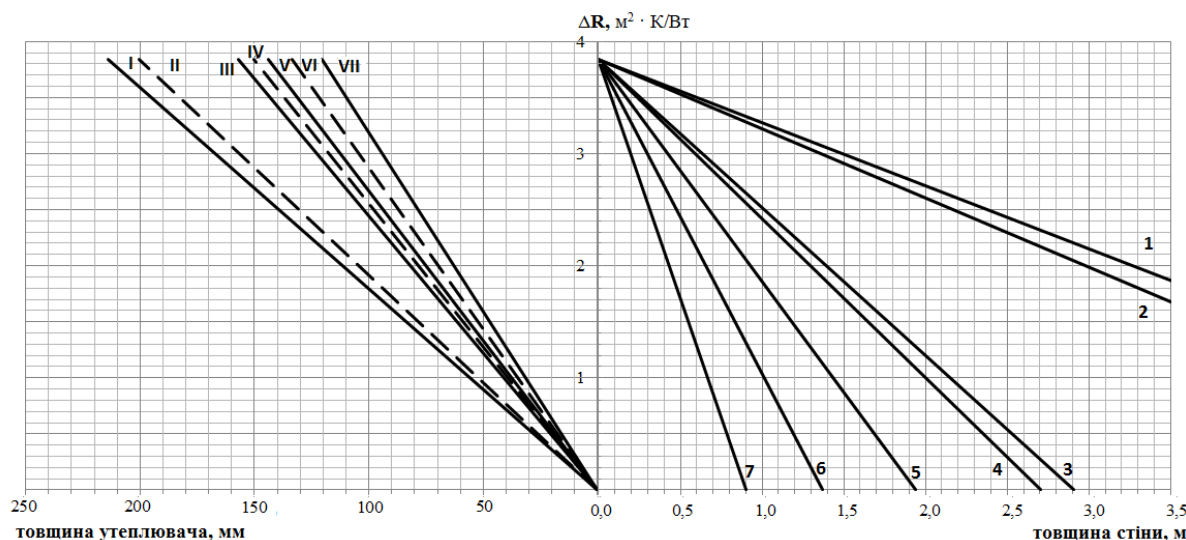


Рис. 1. Номограма для визначення потрібної товщини утеплювача в залежності від товщини і матеріалів стіни, для 1 температурної зони: 1 – залізобетон $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, 2 – бетон на ґравії або щебені з природного каменю $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$, 3 – повнотіла цегла силікатна $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, 4 – повнотіла цегла керамічна звичайна $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, 5 – газо- та пінозобетон $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$, 6 – керамзитошлакобетон $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, 7 – блоки кремнезитоцементні $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; I – вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли $\rho = 15 \text{ кг/м}^3$, II – плити з резольно-формальдегідного пінопласту $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$, III – вироби з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho = 75 \text{ кг/м}^3$, IV – вироби з мінеральної вати на основі скляного волокна $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$, V – вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену $\rho = 30 \text{ кг/м}^3$, VI – вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$, VII – вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho = 30 \text{ кг/м}^3$.

Примітка : приведено стандартні або середні значення згідно даних виробників

Висновки. Отримані номограми дозволяють миттєво визначати потрібну товщину утеплювача зовнішніх стін для різних кліматичних поясів України.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинні від 2017-05-01]. Мінрегіон України. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2017. 31 с. (Державні будівельні норми України).
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022. 27 с.
3. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 63 с.
4. Makovetsky B., Sankov P., Hilov V., Troshin M. Thermal Calculation and Its Optimization. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022. Vol. 181. Pp. 263–271.

УДК 766

АВТОРСЬКИЙ ШРИФТ ЯК МАРКЕР НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ

Малиновська Т. С.¹, ст. викл., **Харченко К. С.²**, канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹malynovska.tetiana@365.pdaba.edu.ua, ²kharchenko.kateryna@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Шрифт є одним із ключових елементів в графічному дизайні та виконує не лише утилітарну функцію передачі текстової інформації, а й формує культурні коди, відображає історичні, мовні та національні особливості суспільства. В контексті російсько-української війни гостро стоїть проблема подолання візуальної колоніальної спадщини, ствердження української мови та українських кодів у візуальному просторі, де авторський шрифт стає важливим інструментом національної ідентичності.

Мета дослідження. Виявлення ролі авторського шрифту в графічному дизайні як засобу формування та репрезентації національної ідентичності, а також визначення потенціалу авторських шрифтів як інструмента культурної деколонізації та міжнародної комунікації України.

Результати дослідження. Сучасні авторські шрифти відповідають запиту суспільства, виконуючи естетичну, комунікативну та ідентифікаційну функції у сфері графічного дизайну. Авторський шрифт є зоровою метафорою, що споріднює його з художньою творчістю, де існують свої принципи побудови зображення, образне мислення і художня мова, гармонійно переплітаються конструкція, рисунок, пластика, ритм і пропорції. Разом з тим форма шрифту висловлює його ідею і характер [2].

Шрифт, будучи «мовою» візуальної комунікації, має потенціал відображати національні особливості й відрізняти культурні простори в умовах глобалізації, виконує естетичну, комунікативну та ідентифікаційну функції у графічному дизайні.

Основою для авторських шрифтів, що відображають українську мову та культурні символи є Українська кирилична традиція, звідси з'являється у шрифтовій графіці поняття українського шрифтового стилю, яке передбачає у створенні шрифту врахування стереотипних впізнаваних образів, мови, території, культурного спадку, а також інтуїції дизайнера. У ХХ столітті українські графіки створили основу піктографії сучасної України. Ключовими авторами українського шрифтового стилю стали Георгій Нарбут, Роберт Лісовський та Ніл Хасевич. Також до майстрів, що створювали український шрифтовий стиль та опрацювали шрифтові напрямки, які сучасні графічні дизайнери наслідують і сьогодні належать: Василь Кричевський (1872–1952) – зодчий і живописець, майстер книжкової графіки та сценограф; Павло Ковжун (1896–1939) – художник-графік, ілюстратор; Ісаак Хотінок, (1908–1980) – український графік, дизайнер і модельєр; Анатолій

Пономаренко (1922–2006) – майстер у сфері театральнo-декораційного мистецтва та книжкової графіки; Віталій Мітченко (1947) – український каліграф, художник-графік, дизайнер шрифту [1; 4].

За радянських часів українські шрифтові практики маргіналізувались, що спричинило культурну залежність від російських гарнітур. Сьогодні створення нових шрифтових форм стало найбільшим викликом для українських дизайнерів, соціокультурні процеси, війна та цифровізація стали каталізаторами розвитку українського шрифтового дизайну. Сьогодні з'являються шрифти, що стають символами української ідентичності, а саме:

- «Ruthenia» (Василь Чебаник) – повернення до національної кириличної традиції;
- e-Ukraine (Дмитро Растворцев) – державна комунікація, офіційний шрифт для «цифрової держави»;
- Opir, Nastup, Volja (Максим Кобузан, та ін.) – шрифти, створені в умовах війни, як символи спротиву [4].

Також сучасні авторські локальні шрифти активно використовується у брендингу міст як елемент національного позиціонування:

- «Kyiv Region» (Дмитро Растворцев у співпраці з White Studio Design) став елементом символу Київської області, поєднує історію із сучасним баченням типографіки. Використовується як для створення сучасної реклами, так і для оформлення історичних текстів церковнослов'янською мовою.

- «Kyiv Type» (Дмитро Растворцев) поєднання енергії сучасного Києва з відлунням українського авангарду, передано характер Києва: динамічний, і водночас, наповнений культурними кодами української столиці.

- «Irip Type» (Олексій Поповцев) поєднує в собі геометричну чіткість із художньою виразністю, в його основі лежить дослідження української писемної спадщини півуставу і скорописів часів Київської Русі, українського бароко і конструктивізму XX століття.

- «Kharkiv Tone» (Катерина Дрозд) став відображенням духу Харкова, де в основу покладено візуальні коди самого міста, від експресивних графіті до технічних написів у метро, передає контрастну природу Харкова, де індустріальна міць переплітається з мистецькою свободою, виступає універсальним інструментом для дизайну від креативних плакатів до міської навігації.

- «Lutsk» (Кирило Ткачов) передає самобутній характер Луцька, де автор надихався українським авангардом і графічним дизайном початку XX століття, вдало виглядає при створенні вивісок та оформленні міського простору [3].

Треба також відзначити, що використання українських авторських шрифтів у міжнародних кампаніях підкреслює культурну унікальність України та робить її видимою у світовому дизайні. Розвиток авторських шрифтів стає інструментом просування української ідентичності у світі.

Висновки. Авторський шрифт у графічному дизайні є не лише візуальним елементом, а й важливим маркером національної ідентичності, що поєднує історичні традиції, мову та сучасні культурні виклики. У сучасному українському графічному дизайні він виконує функцію збереження культурної спадщини, формування візуального коду нації та репрезентації України у світі.

Перспективним завданням українських дизайнерів має стати розширення колекції українських авторських шрифтів, їх міжнародна інтеграція та освітня популяризація.

Список використаних джерел

1. Підгурний І. С. Графічний дизайн. Типографіка : навч. Посіб. Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2015. 86 с.
2. Лєсняк В. І. Акцидентний шрифт : 75 оригінальних шрифтів. Харків : Колорит, 2004. 140 с.
3. Катерина Чуб. Українські шрифти про які ви могли не знати. [Електронний ресурс]. URL: <https://proit.ua/ukrayinski-shrifti-pro-iaki-vi-moghli-nie-znati/>

Костенко І. О. Акцидентний шрифт як символ національної ідентичності. *Український мистецтвознавчий дискурс*. 2025. № 2. С. 27–32. [Електронний ресурс]. URL: <https://ukrainianartscience.in.ua/index.php/uad/article/view/368>

УДК 666.946.4

АРХІТЕКТУРНИЙ БЕТОН З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ТЕХНОГЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

Мальцев С. В.¹, аспір., Колохов В. В.², канд. техн. наук, доц.,

Моспан В. І.³, канд. техн. наук, доц.,

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹maltsev.stanislav310@gmail.com, ²kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua,

³mospan.volodumur@pdaba.edu.ua

В Україні щорічно утворюється близько 7,5 мільйона тон золошлакових відходів, з яких приблизно 6 мільйонів тон генерується енергетичною компанією ДТЕК. Однак рівень утилізації цих відходів залишається низьким. За даними на кінець 2019 року, щорічно перероблялося лише 0,5–0,7 мільйона тон золошлакових матеріалів, що становить близько 8–12 % від загального обсягу. Тоді як у Європейському Союзі утилізується щонайменше 44 % подібних відходів, а в деяких країнах цей показник сягає 100 %. У результаті, за нинішніх темпів виробництва та утилізації золошлаків, до 2035 року обсяг відвалів досягне 415 млн т. Ця проблема погіршуватиметься з кожним роком, оскільки вугілля залишиться важливим енергоносієм в Україні щонайменше на найближчі 20 років. Варто зазначити, що золошлакові відходи згубно впливають на навколишнє середовище: під час зберігання і транспортування зола легко піднімається в повітря і стає джерелом дрібнодисперсного пилу (PM2.5, PM10), небезпечного для дихальної системи людини і тварин; у разі неправильного зберігання зола і шлак можуть вимиватися дощовою водою, проникаючи в ґрунт і ґрунтові води; зола може підвищити лужність ґрунту, порушуючи природний баланс і погіршуючи умови для росту рослин; величезні золовідвали займають великі площі, створюють візуально непривабливі й екологічно небезпечні зони, часто без рослинності та з ризиком ерозії.

В умовах війни утилізація як мінімум ускладнюється, а як максимум і зовсім припиняється. Ця робота покликана знайти ще один спосіб застосування золошлакових відходів, шляхом додавання його до архітектурного бетону для економії бюджету та удосконалення його естетичних характеристик.

Існують певні виклики: контроль на токсичність і склад золи (важкі метали та леткі елементи); за неправильного дозування – збільшується час твердіння; можлива нестабільність кольору бетону.

Так само варто розглянути архітектурну виразність будівельних матеріалів, бо архітектурний бетон використовують насамперед у цих цілях. Шкали архітектурної виразності немає, тому варто повністю переглянути підхід до будівельних матеріалів з точки зору почуттів сприйняття. Це може бути колір, текстура, екологічність або ж асоціативність. Робота покликана розробити свою методологію визначення і шкалу виразності для будівельних матеріалів, методи, способи, а також інструменти досліджень, які будуть використовувати в майбутньому для нових архітектурно-естетичних матеріалів. Вона так само допоможе архітекторам підбирати матеріали виходячи з типу характеру замовника, доповнювати або ж вирівнюючи його психотип. Це допоможе величезній кількості людей із посттравматичним синдромом.

Особлива увага приділяється економії, бо в умовах скорочення бюджетів і післявоєнного відновлення важливо витратити гроші з користю для кожного члена суспільства. Економічні вигоди особливо актуальні в регіонах з високим рівнем ТЕС і накопиченими золовідвалами.

Золошлакові відходи – це не просто альтернатива, а можливість зробити бетон більш екологічним, виразним і технічно досконалим.

Список використаних джерел

1. Lahtinen P. Fly ash mixtures as flexible structural materials for low-volume roads : dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Helsinki, 2001. 102 p.
2. Lahtinen P., Jyrävä H., Suni H. New methods for the renovation of gravel roads. *Paper for IRF Regional Conference. European Transport and Roads*. 1999. 7 p.
3. Бугрова Е. А. Напряженно-деформированное состояни искусственных оснований в нелинейной стадии их работы : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук : 05.23.02. Санкт-Петербург : Всерос. гос. НДИ гидротехники им. Б. Е. Веденеева, 1992. 17 с.
4. Волженский А. В., Иванов И. А., Виноградов Б. Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. Москва : Стройиздат, 1984. 255 с.
5. Гужеля Е. П., Усманский Ю. Т. Рациональное применение золы ТЭС : результаты научно-практических исследований. Омск : Омский гос. ун-т, 1998. 238 с.
6. Lahtinen P. Tuhkat huotykayttoon. *Kunnallisteknukka*, 1997. № 5. P. 52.
7. Wittmann F. H., Zhang P., Zhao T. Damage of Concrete under Combined Actions. Restoration of Buildings and Monuments. *Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege*. 2011. Vol. 17, № 5. Pp. 321–330.

УДК 004.9:69

ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЄКТУВАННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Манжара Д. О.¹, магістр, Мосьпан Є. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹manzharadenis03@gmail.com, ²bynthytn0@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасна будівельна галузь вирізняється значною складністю, великою кількістю учасників процесу та потребою у швидкому прийнятті рішень. Традиційні методи проєктування часто не дають можливості своєчасно виявити помилки чи колізії між конструктивними та інженерними системами. Це призводить до додаткових витрат на будівельному майданчику, затримок у графіку виконання робіт та нераціонального використання ресурсів. Тому актуальним є впровадження цифрових інструментів, що забезпечують інтеграцію всіх елементів будівлі в єдине інформаційне середовище.

Мета дослідження. Метою є демонстрація ефективності використання ВІМ-технологій на прикладі практичної роботи з програмними продуктами Autodesk Revit та Navisworks Manage у процесі створення та координації будівельних конструкцій.

Результати дослідження. У процесі роботи над проєктом будівлі здійснюється моделювання конструктивних елементів у середовищі Revit. Програма дозволяє створювати параметричні об'єкти, які містять не лише геометричну інформацію, а й дані про матеріали, технічні характеристики та специфікації. Це суттєво підвищує точність проєктування та спрощує подальші розрахунки.

Після формування архітектурно-конструктивної моделі відбувається її інтеграція з моделями інженерних систем, які розробляють інші фахівці. На цьому етапі застосовується Navisworks Manage, що дає змогу виконати координацію моделей та здійснити перевірку на колізії. Використання інструменту Clash Detection дозволяє виявити перетини конструкційних елементів із трубопроводами, вентиляційними каналами чи електричними мережами ще на етапі проєктування.

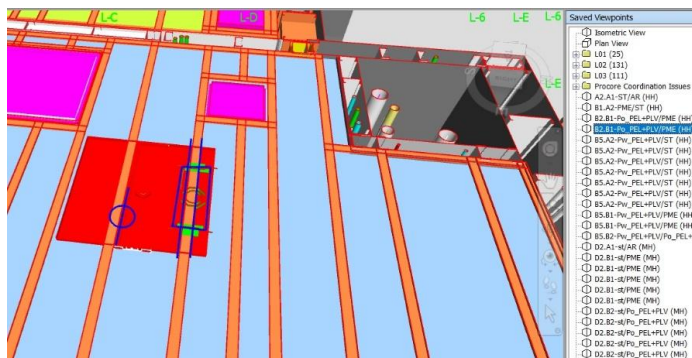


Рис. 1. Приклад перетину протипожежного розпилювача з фреймінгом стелі

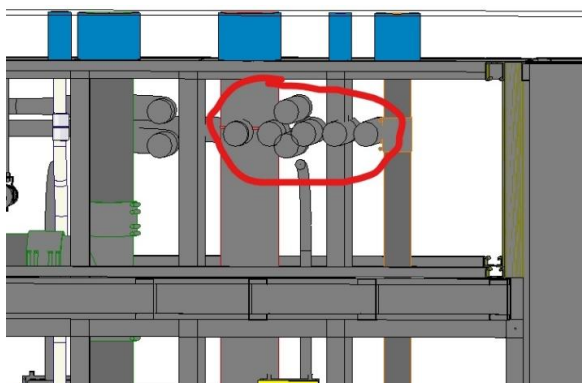


Рис. 2. Приклад перетину електричної мережі з алюмінієвими профілями перегородки

Вирішення проблеми на етапі цифрового моделювання дає змогу уникнути дорогих переробок безпосередньо на будівельному майданчику. Крім того, це забезпечує більш ефективне використання матеріальних та трудових ресурсів, зменшує ризики затримок у виконанні робіт та підвищує якість кінцевого об'єкта [1–3].

Таким чином, BIM-технології виступають важливим інструментом оптимізації будівельного процесу. Вони інтегрують роботу архітекторів, інженерів та конструкторів у єдиному цифровому середовищі, що відповідає сучасним вимогам до будівництва.

Висновки. Застосування BIM-технологій, зокрема Revit та Navisworks Manage, у проєктуванні будівельних конструкцій дозволяє досягти багатьох аспектів, наприклад: забезпечити точність створення параметричних моделей, виконувати комплексну координацію моделей з різними інженерними системами, своєчасно виявляти та усувати колізії, скорочувати витрати та час на реалізацію проєкту, підвищувати якість кінцевого результату. Розглянутий підхід підтверджує, що впровадження BIM у проєктну діяльність є одним із ключових чинників розвитку інноваційних технологій у будівництві.

Список використаних джерел

1. Чугу М. А. BIM-технології в будівництві : перспективи розвитку в Україні. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2024. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/47074> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Autodesk. Autodesk Revit User Guide. URL: <https://help.autodesk.com> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Autodesk. Navisworks Manage Overview. URL: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview> (дата звернення: 10.09.2025).
4. ДСТУ ISO 19650-1:2020. Організація інформації про будівельні об'єкти та цивільні споруди з використанням інформаційного моделювання (BIM). Частина 1: Концепції та принципи. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 42 с.
5. ДСТУ ISO/TS 12911:2019. Загальні принципи розроблення стандартів будівельного інформаційного моделювання (BIM). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 28 с.

УДК 624.017.24: 528.8.042

3D-СКАНУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мартім'янов М. М.¹, студ., Сіренко К. О.², асист.,
Середа С. Ю.³, ст. викл.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹nmartimanov@gmail.com, ²sirenok.kyrylo@365.pdaba.edu.ua.com,

³sereda.svitlana@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В умовах післявоєнного відновлення об'єктів критичної інфраструктури особливої важливості набуває забезпечення належної якості та відповідності будівельних робіт проєктним рішенням. Руйнування Каховської ГЕС призвело до втрати значної частини системи водопостачання Півдня України, що зумовило необхідність оперативного зведення нових споруд водогонів для постачання води в м. Миколаїв.

Традиційні методи технічного контролю якості будівельних робіт (візуальні огляди, інструментальні заміри ручними приладами) є трудомісткими, малоефективними при великих обсягах робіт та не завжди здатні забезпечити комплексну оцінку відповідності геометричних параметрів конструкцій проєктній документації.

У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні сучасних цифрових технологій, зокрема 3D-сканування, яке дозволяє:

- виконувати високоточні вимірювання будівельних конструкцій;
- оцінювати відповідність загальних габаритів споруди проєктним параметрам;
- контролювати якість виконання будівельних робіт на всіх етапах спорудження.

Таким чином, проблема полягає у пошуку ефективних методів контролю будівельних робіт на об'єктах критичної інфраструктури, що дозволяють підвищити достовірність і оперативність технічного нагляду.

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування доцільності застосування технології 3D-сканування у процесі обстеження та технічного нагляду за будівельними роботами на об'єктах критичної інфраструктури. Особливий акцент зроблено на спорудах водогінної мережі, зведених після руйнування Каховської ГЕС для забезпечення водопостачання міст Півдня України. Використання сучасних цифрових технологій покликане забезпечити високу точність вимірювань, оперативність отримання даних та підвищення рівня контролю якості будівництва.

Реалізація поставлених завдань дозволить створити високоточну цифрову модель конструкцій водогону та виробити методичні рекомендації щодо застосування 3D-сканування для об'єктів критичної інфраструктури. Очікується, що отримані результати сприятимуть розвитку наукових досліджень у цій сфері та посиленню використання сучасних цифрових технологій у практиці будівництва та технічного нагляду в Україні.

Результати дослідження. У результаті було сформовано високоточну тривимірну модель, зшиту та очищену від шумів, придатну для інженерного аналізу, BIM-моделювання, створення цифрових креслень і розрізів, а також довгострокового зберігання у професійних форматах (E57, RCP, IFC). Отримана модель слугує надійною основою для прийняття проєктних рішень, технічної верифікації та супроводу будівельного процесу на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Таблиця 1

Порівняння проєктних та фактичних параметрів однієї з будівель водогону

Точка контролю	Параметри вказані в проєкті	Параметри фактичні	Відхил, %

Довжина машинного залу всередині	26,55 м	26,555 м	0,02 (5 мм)
Ширина машинного залу всередині	20,6 м	20,61 м	0,05 (10 мм)
Відстань в світлі між колонами	6,4 м	6,403 м	0,05 (3 мм)
Відстань в світлі між колоною та стіною	6,5 м	6,502 м	0,03 (2 мм)
Товщина внутрішньої стіни	0,5 м	0,505 м	1 (5 мм)
Розмір поперечного перерізу колони	0,6 × 0,6 м	0,604 × 0,609 м	0,7 × 1,5 (4 × 9 мм)
Висота колони (до рівня низу балки)	7,8 м	7,796 м	0,05 (4 мм)

Висновки. Проведене дослідження має наукову цінність, оскільки демонструє ефективність 3D-сканування як інструменту контролю якості будівельних робіт на об'єктах критичної інфраструктури. Технологія дозволяє оцінювати геометрію конструкцій, перевіряти відповідність проекту та виявляти відхилення. Отримані цифрові моделі відображають фактичний стан споруд, дають змогу прогнозувати їхню довговічність і розробляти рекомендації щодо управління технічним станом. Результати узгоджуються з міжнародною практикою створення цифрових двійників, підтверджуючи практичну й наукову значущість роботи та формуючи основу для подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Фандієй А., Сопільняк А., Шабанова К. 3D-сканування як сучасний інструмент архітектора. *Інженер третього тисячоліття : матер. міжнар. студ. наук. конф.* Дніпро : УДУНТ, 2024. С. 29–31.
2. Сопільняк А. М., Пилипенко О. В., Нємцева Т. О., Олейников В. Д., Біляєва М. М. Впровадження інноваційних світових тенденцій 3D-сканування при побудові об'ємної моделі ліцею № 15 в місті Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 5. С. 118–124.
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-p#Text>
4. Навігаційно-геодезичний центр. Лазерний сканер Leica BLK360 [Електронний ресурс]. URL: <https://leica-geosystems.com.ua/product/blk360>

УДК 69.05:69.003.13:624.05

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ОСНОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Матюшенко С. Ю.¹, аспір., Соколов І. А.², докт. техн. наук, проф.,
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
¹sergov.matyushenko@gmail.com, ²sokolov.igor@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасне будівництво стикається з вимогами енергоефективності, раціонального використання ресурсів та зростання продуктивності праці. В Україні ці завдання особливо актуальні у зв'язку з необхідністю відновлення й модернізації будівельного фонду, що потребує оптимізації організаційно-технологічних

рішень. Важливим напрямом є поєднання зменшення енергоспоживання з оптимізацією трудових ресурсів, адже саме вони визначають ефективність і екологічність проєктів. Одним із дієвих способів є аналіз трудомісткості основних процесів, що дозволяє встановити зв'язок між конструктивними рішеннями та фактичними витратами праці. У цьому контексті проведено дослідження, спрямоване на визначення закономірностей формування трудомісткості й пошук шляхів оптимізації будівельних рішень із мінімізацією енергетичних витрат.

Мета дослідження. Основною метою проведеної роботи є встановлення взаємозв'язку між трудомісткістю виконання ключових будівельних процесів та прийнятими організаційно-технологічними рішеннями, розглянутими крізь призму енергоефективності. Важливим завданням дослідження також є виявлення закономірностей, що можуть бути використані для оптимізації зведення будівель із урахуванням зниження енергетичних витрат. Окремо слід зазначити, що отримані результати створюють базу для подальших досліджень, зокрема для можливої розробки у майбутньому розрахункової математичної моделі, яка дозволить кількісно оцінювати енергоефективність різних будівельних процесів. У перспективі така модель може стати основою для створення алгоритму підтримки прийняття рішень при виборі оптимальних організаційно-технологічних рішень спорудження будівель із урахуванням мінімізації витрат енергоресурсів. Для цього проаналізовано трудові показники основних видів робіт – земляних, фундаментних, стінових, покрівельних, фасадних і монтажу віконних блоків — на прикладі фактично реалізованих будівельних об'єктів різного функціонального призначення. Окрему увагу приділено виявленню чинників, які найбільш відчутно впливають на формування трудових витрат, зокрема параметрам будівель і специфіці конструктивних рішень. Крім того, здійснено порівняльний аналіз різних технологічних варіантів (монолітні та збірні фундаменти, цегляні й газобетонні стіни, плоскі та скатні дахи, «мокрі» й вентильовані фасади) з погляду їх трудомісткості та організаційних особливостей виконання. Підсумком дослідження стало виявлення закономірностей та формування практичних рекомендацій щодо вибору конструктивно-технологічних рішень, які забезпечують мінімізацію трудових і енергетичних витрат у сучасному будівництві.

Результати дослідження. Дослідження ґрунтувалося на аналізі восьми будівельних об'єктів соціальної інфраструктури, серед яких три амбулаторії первинної медичної допомоги, три малі групові будинки для дітей, позбавлених батьківського піклування, та два дошкільні навчальні заклади. По-перше, було визначено коефіцієнти кореляції Пірсона між загальною трудомісткістю робіт та нормованими геометричними характеристиками будівель [1]. Виявлено високий рівень взаємозв'язку: для площі забудови $r = 0,962$, для об'єму будівлі $r = 0,937$, для умовної поверховості $r = 0,877$. Це підтверджує, що геометричні параметри мають суттєвий вплив на трудові витрати й можуть використовуватися як прогностичні змінні. По-друге, з урахуванням отриманих кореляційних зв'язків здійснено підбір адекватних регресійних моделей. Найкращими виявилися: експоненційна залежність трудомісткості від нормованої поверховості, лінійна модель для площі забудови та функція із квадратним коренем для об'єму будівлі [2]. Значення коефіцієнтів детермінації ($R^2 = 0,83\text{--}0,93$) засвідчили, що вибрані функції адекватно відображають реальні тенденції та можуть застосовуватися для прогнозування.

Основна увага в дослідженні була зосереджена на визначенні трудомісткості тих видів робіт, які формують основу зведення будівлі та найбільшою мірою відображають вплив конструктивно-технологічних рішень. До них належать: земляні роботи, фундаментні роботи, зведення стін, улаштування покрівлі, монтаж віконних блоків та фасадні роботи. Відібрані види робіт були визначені як найважливіші за результатами експертного оцінювання, проведеного робочою групою фахівців у галузі будівництва. Для забезпечення об'єктивності відбору застосовано метод рангових матриць попарних порівнянь факторів, що дозволило виділити найбільш вагомні процеси для подальшого аналізу. Для кожного з відібраних об'єктів ці дані отримано на основі проєктно-кошторисної та виконавчої документації, що забезпечило достовірність і порівнюваність результатів. Частина показників трудомісткості основних видів робіт наведена у таблиці 1. Саме ці дані стали базою для подальшого

дослідження та аналізу різних технологічних рішень з метою виявлення характерних закономірностей їх впливу на організацію будівельного процесу.

Таблиця 1

**Фрагмент таблиці трудомісткості основних видів робіт
по перших трьох об'єктах нового будівництва**

№ п/п	Вид робіт	Об'єкт 1 – Трудомісткість (люд.-днів)	Об'єм робіт, м ³	Об'єкт 2 (люд.- днів)	Об'єм робіт, м ³	Об'єкт 3 (люд.- днів)	Об'єм робіт, м ³
1	Земляні роботи	98,41	1 503	1,26	669	64,97	1 033
2	Фундаментні роботи	80,24	122,908	36,86	79,54	62,497	121,543

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено низку закономірностей між трудовитратами та основними технологічними рішеннями будівельних процесів. Поєднання цих закономірностей із фактичними умовами реалізації проєктів може бути використане для підвищення енергоефективності будівництва, а також для впровадження оптимізаційних та економічно доцільних рішень з боку замовника. Отримані результати формують інформаційну базу для подальших наукових розвідок, зокрема у напрямі розробки розрахункової математичної моделі, яка у майбутньому дозволить кількісно оцінювати енергоефективність різних будівельних процесів та слугуватиме основою для створення алгоритмів підтримки прийняття рішень у сфері організаційно-технологічної оптимізації.

Список використаних джерел

1. Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
2. Бідюк П. І., Данилов В. Я., Жиров О. Л. Прикладна статистика : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.

УДК 666.97.031/.033:621.928.2

**ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ
БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ЗА НЕОБХІДНИМИ РОЗМІРАМИ**

Мацевич І. М.¹, канд. техн. наук, доц., Павленко А. А.², студ.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹matsevyich.ihor@pdaba.edu.ua, ²22571.pavlenko@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Для отримання структури бетону, яка б була наближена до оптимальної, необхідно застосовувати суміш великого, середнього та мілкового заповнювачів із відповідним співвідношення їх розмірів один до одного. Тобто, необхідно витримати співвідношення $D/d/\Delta$, яке має бути теоретично розраховано [1]. Найбільш впливовим фактором на запровадження таких розрахунків є відсутність обладнання для сортування заповнювача за необхідними розмірами. Існує багато робіт із визначення таких співвідношень, але до практичного впровадження результати таких робіт ще не доведено.

Мета дослідження. Існуюче виробництво щебеню за фракційним складами спирається на сортування суміші подрібненої гірської породи на великий D (розмір від D_1 до D_i), середній d (розмір від d_1 до d_j) та мілкий Δ (розмір від Δ_1 до Δ_n) заповнювач. Зазвичай мілкий заповнювач не використовується у виробництві бетонних сумішей тому позиціонується як відхід. Виконавши відповідні розрахунки стосовно раціональних співвідношень $D/d/\Delta$ на

підставі реального складу подрібненої породи необхідно запропонувати обладнання для сортування виготовлення декількох складів комплексної суміші заповнювачів для бетону.

Результати дослідження. У результаті літературного і патентного пошуку були відібрані і проаналізовані літературні джерела і патенти вітчизняних і закордонних авторів по класифікаторам, дозаторам, грохотам і ситам грохотів.

У гірничодобувній промисловості використовуються різні методи класифікації. Двома найважливішими процесами для розділення частинок певного розміру є гідроциклони та грохоти [2]. На грохотах вихідна сировина розділяється на два продукти – надрешітний та підрешітний.

Загальною оцінкою роботи грохоту є розрахунок ефективності грохочення. У практичному сенсі під ефективністю грохочення розуміється кількість правильно розподіленого матеріалу, як правило, виражена у відсотках. За заданим класом можуть бути розраховані три показники ефективності: по надрешітному продукту (по плюсовому класу), по підрешітному продукту (за мінусовим класом) і загальна ефективність. Надрешітна ефективність – це частка плюсового щодо розміру розділення класу в вихідній сировині, яка отримана в надрешітний клас. Аналогічно, підрешітна ефективності – це частка мінусового щодо розміру розділення класу в вихідній сировині, яка отримана в підрешітному класі. Загальна ефективність – це вміст частинок, що взагалі правильно розподілені у продукті відносно їх кількості у вихідній сировині. Недоліками можна вважати необхідність додаткового доопрацювання надрешітного продукту в окремому циклі для отримання необхідного розміру.

Дроблення здійснюється для доведення матеріалу до заданої крупності і максимального розкриття компонентів при заданому виході класів, що надходять на сортування. Вихід класу можна регулювати зміною розміру розвантажувальної щілини дробарки [3–5].

За послідовністю виділення класів крупності розрізняють такі види грохочення: від дрібного до крупного; від крупного до дрібного; комбінований. Для отримання оптимальної структури бетону найбільш доцільним є комбінований зі змінним робочим розміром між колосниками.

На рисунку наведена технологічна схема обладнання підготовки компонентів для отримання оптимальної структури бетону. На пульті керування задають необхідні співвідношення $D/d/\Delta$. Подрібнений матеріал надходить на грохот зі змінним робочим розміром між колосниками і далі подається на дробарку. Блок порівняння в залежності від заданого співвідношення регулює розмір розвантажувальної щілини дробарки. Після цього отримані фракції накопичуються у проміжних ємностях і далі подаються у змішувач.

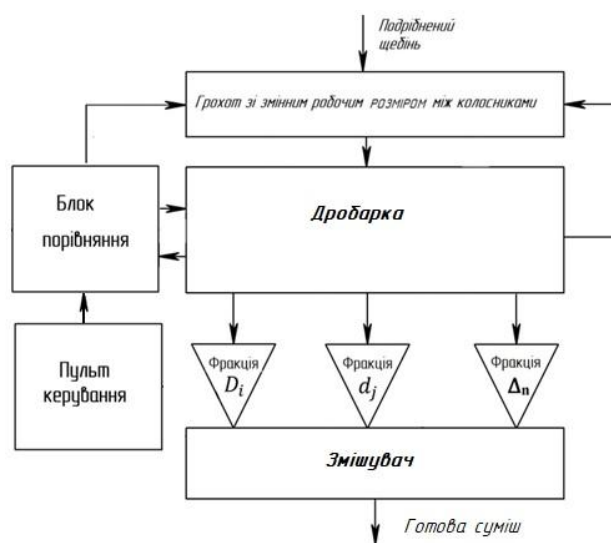


Рис. 1. Технологічна схема розташування обладнання підготовки компонентів для отримання оптимальної структури бетону

Висновки. У результаті роботи були запропоноване робоче обладнання підготовки компонентів для отримання оптимальної структури бетону, обґрунтовані вихідні параметри

грохоту зі змінним робочим розміром між колосниками і тип та параметри дробарки зі змінним розміром розвантажувальної щілини.

Список використаних джерел

1. Колохов В. В., Мацевич І. М. Приготування комплексного заповнювача для бетонних сумішей. *Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій* : зб. тез міжнар. наук.-техн. конф. Одеса, 22–23 квітня 2025 р. С. 30.
2. Олійник Т. А., Невзоров В. В. Тонке грохочення як спосіб вирішення технологічних питань при виробництві високоякісних залізородних концентратів. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип. 57. 2023. С. 80–88.
3. Смирнов В. О., Білецький В. С., Шолда Р. О. Переробка корисних копалин. Донецьк : Східний видавничий дім, 2013. 600 с. ISBN 978-966-317-163-0.
4. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Ч. І. Підготовчі процеси. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2019. 200 с. ISBN 978-617-7553-73-0.
5. Андреев С. Е., Петров В. А., Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Москва : Недра, 1980. 415 с.

УДК 69.059.25

МОНІТОРИНГ СТАНУ ІСТОРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗД-СКАНУВАННЯ

Мельник І. В.¹, Зінченко Д. О.², Грищенко М. М.³, Нікітін М. С.⁴, студенти,
Петренко І. О.⁵, асист.

¹⁻⁵Національний університет «Чернігівська політехніка»

¹kotikvytapke@stu.cn.ua, ²davidzincenko@stu.cn.ua, ³nikgrishchenko@stu.cn.ua,

⁴whiskas@stu.cn.ua, ⁵igor.petrenko0511@stu.cn.ua

Постановка проблеми. Процес отримання хмари точок та подальшого створення тривимірної моделі історичного об'єкта супроводжується низкою технічних і методичних складнощів. Вони пов'язані як із вибором оптимальних засобів збирання просторових даних, так і з особливостями їх обробки у програмному забезпеченні. Необхідність забезпечення високої точності та деталізації моделей історичних споруд зумовлює актуальність застосування сучасних методів цифрової фіксації культурної спадщини.

Мета дослідження. Здійснити генерацію тривимірної моделі на основі хмари точок з метою подальшого використання отриманого цифрового об'єкта для відтворення та збереження історичної спадщини у програмному середовищі.

Результати дослідження. У світі є багато історичних споруд, які відіграли свою роль у деяких історичних подіях. Деякі з них залишились до нашого часу. Спеціальні організації роблять все щоб їх зберегти. Один із методів збереження історичної спадщини – це оцифрувати їх та створення 3D-моделей для подальших вишукувань [1; 4].



Рис. 1. 3D-модель історичної споруди

Принцип роботи технології 3D-сканування полягає у зборі даних про просторову форму та поверхню об'єкта шляхом використання лазерного променя чи іншого виду випромінювання, яке відбивається від досліджуваної поверхні. Отримані дані перетворюються у хмару точок, яка далі обробляється спеціалізованим програмним забезпеченням для створення детальної цифрової 3D-моделі [2; 3].

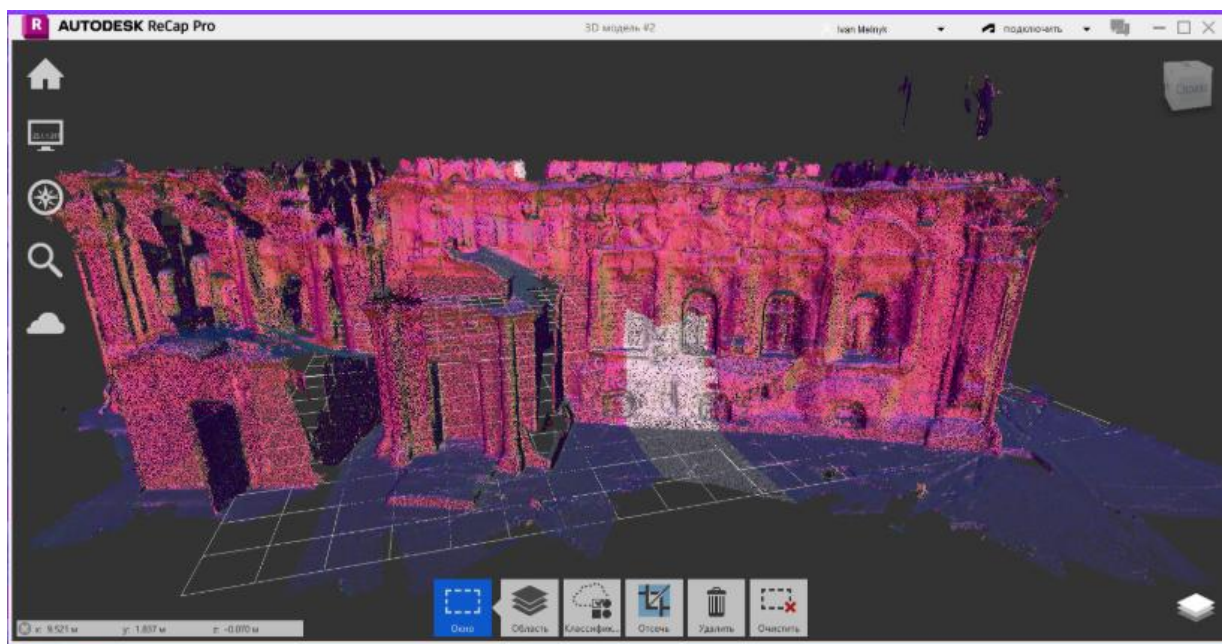


Рис. 2. Хмара точок в ReCap

У межах проведеного дослідження сканування виконувалося за допомогою вбудованого LiDAR-сканера пристрою iPhone 12 Pro. В результаті було отримано хмару точок, яка слугувала вихідним матеріалом для побудови тривимірної моделі історичного об'єкта.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було підтверджено доцільність застосування технологій 3D-сканування для цифрової фіксації та відтворення історичних об'єктів. Використання хмари точок як вихідного матеріалу забезпечує високу точність відображення геометрії та збереження просторових характеристик об'єкта. Практична апробація з використанням LiDAR-сканера, інтегрованого в мобільний пристрій iPhone 12 Pro, показала можливість ефективного отримання базових даних для подальшого формування тривимірної моделі. Отримані результати свідчать про перспективність

впровадження подібних методик у сферу охорони культурної спадщини, зокрема для створення цифрових копій архітектурних споруд та їх довгострокового збереження.

Список використаних джерел

1. I. Petrenko, D. Zinchenko, M. Sitko, T. Hanieiev. Photogrammetry in the preservation of cultural and historical heritage. Methodology and perspectives. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2024) : тези доп. XIV Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Чернігів, 23–4 травня 2024 р.): у 2 т. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 2. С. 134–135.
2. Петренко І. О., Ганєєв Т. Р. Визначення похибки оптичного сканеру. *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021) : II Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Чернігів, 17 грудня 2021 р.): тези доп. : у 2 ч. Ч. І. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. С. 212.
3. REMONDINO, Fabio. Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote sensing*. 2011. Vol. 3.6. Pp. 1104–1138.
4. Wachowiak Melvin J., Karas Basiliki Vicky. 3D scanning and replication for museum and cultural heritage applications. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2009. Vol. 48.2. Pp. 141–158.

УДК 69.055:004.9

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ ПОВОЄННОЇ УКРАЇНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШАБЛОНІВ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ

Менейлюк О. І.¹, докт. техн. наук, проф., Нікіфоров О. Л.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}Одеська державна академія будівництва та архітектури

¹meneilyk@gmail.com, ²nikiforov.aleksey@yahoo.com

Постановка проблеми. В умовах військової агресії, що триває, необхідна відбудова може реалізовуватися у різноманітному організаційному середовищі, зазвичай сформованому без використання стандартів щодо методів управління. Відповідно, існує необхідність обґрунтування ефективності та запровадження інформаційно-комунікаційної концепції, яка пояснює, яким чином керувати будівництвом, в тому числі за наявності сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Обґрунтування ефективності використання цих інструментів в умовах будівельної галузі України є актуальним завданням, адже дозволить підтвердити можливість підвищення точності та швидкості керівних впливів, зниження витрат на управління і відповідного скорочення тривалості будівництва.

Мета дослідження. Розробка методики обґрунтування ефективності шаблонів управління будівництвом шляхом створення відповідної логічної моделі, вибору математичних методів експериментального дослідження та розробки опитувальної анкети.

Результати дослідження. Для ліквідації невизначеності організаційного середовища відбудови від наслідків військової агресії потрібна суттєво нова бізнес-модель, що об'єднувала б принципи системи управління якістю, управління проектами, наукової організації праці та управління в будівництві і можливості сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Такою бізнес-моделлю може стати метод управління будівельним виробництвом із застосуванням нової інформаційно-комунікаційної концепції «шаблон управління будівництвом» (рис. 1).

Використання новітньої інформаційно-комунікаційної концепції «шаблон управління будівництвом» враховує сучасне програмне забезпечення, найбільш ефективні інноваційні та традиційні методи управління: система управління якістю; управління проектами; будівельне інформаційне моделювання (Building Information Modeling – BIM); найбільш ефективні традиційні методи наукової організації праці та управління в будівництві; характерні особливості будівельної галузі (технологічна та інформаційна складність; проектно-орієнтованість і різноманітність умов реалізації будівельних проектів, значна кількість учасників і т. д.).

Сутність нової концепції полягає у: виконанні інвестиційно-будівельного проекту від створення концепції об'єкта до здачі його в експлуатацію; використанні шаблонів управління будівництвом як основи управління підприємством; скороченні проміжних ієрархічних ланок при організації та контролі виробництва; створенні додаткових контурів контролю на додачу до традиційної ієрархічної структури управління в будівництві: управління знаннями, управління проектами, фінансового менеджменту та служб аудиту (внутрішніх та зовнішніх).

Вказані особливості можуть підвищити оперативність та точність управління, зменшивши тим самим тривалість портфелю проектів. Це має призвести до підвищення економічної ефективності інвестиційно-будівельних проектів: підвищення операційної рентабельності, оборотності капітальних вкладень, зменшення дисконтованих витрат.



Рис. 1. Ефективність інформаційно-комунікаційної концепції «шаблон управління будівництвом» [1]

Обґрунтування ефективності нової інформаційно-комунікаційної концепції можна зробити наступним чином.

1. Розробити теоретичні методи та моделі управління у складі інформаційно-комунікаційної концепції «шаблон управління будівництвом».

2. Запропонувати теоретичні засади та розробити модель операційної діяльності підприємства повного інвестиційно-будівельного циклу із використанням шаблонів управління будівництвом.

3. Провести статистичне дослідження впливу сучасних та традиційних методів управління на тривалість будівництва.

4. Отримати результати експериментально-статистичного моделювання показників операційної діяльності підприємства повного інвестиційно-будівельного циклу від зменшення тривалості будівництва внаслідок впровадження методів управління та інформаційно-комунікаційних технологій. Ітераційне моделювання сукупності інвестиційно-будівельних проектів з використанням методу Монте-Карло та експериментально-статистичного моделювання дозволить із заданою ймовірністю розрахувати економічний ефект від запровадження нової концепції: підвищення економічної ефективності інвестиційно-будівельних проектів: підвищення операційної рентабельності, оборотності капітальних вкладень, зменшення дисконтованих витрат.

Опитувальна анкета доступна за інтернет-посиланням [3], а також за QR-кодом для зручності зчитування смартфоном (рис. 2). Кваліфіковані фахівці будівельної галузі заохочуються до висвітлення в даній анкеті свого досвіду щодо впровадження в Україні

новітніх та традиційних методів управління в будівництві. В якості подяки за проходження опитування автори зобов'язуються надіслати його результати усім учасникам після статистичної обробки, а також надати наявні наукові результати для необмеженого використання та розповсюдження: монографію «Шаблон управління будівництвом – нова інформаційно-комунікаційна концепція» [1].

Участь у даному дослідженні дозволить об'єднати думки експертів галузі у взаємно інтегрованій інформаційно-комунікаційній концепції – «шаблон управління будівництвом», – що дасть можливість сформувати засади для зменшення тривалості будівництва, збільшення системності та культури управління в будівництві та, за достатньої підтримки, сформувати напрямок подальшого розвитку державної політики в галузі.

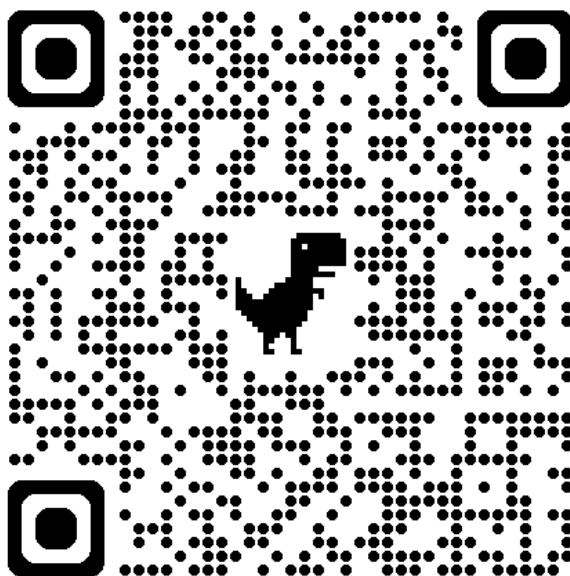


Рис. 2. Посилання на опитувальну анкету з дослідження ефективності впровадження в Україні сучасних методів управління в будівництві [3]

Висновки. Опитувальна анкета з оцінки скорочення тривалості будівництва від впровадження новітніх та традиційних методів управління та інформаційно-комунікаційних технологій оцінює складові інформаційно-комунікаційної концепції «шаблон управління будівництвом». Анкета дозволяє охарактеризувати ступінь ознайомленості респондента з тим чи іншим методом та їхній професійний досвід.

Список використаних джерел

1. Ковров А. В., Менеїлюк О. І., Нікіфоров О. Л. Шаблон управління будівництвом – нова інформаційно-комунікаційна концепція. Одеса : ОДАБА, 2021. 165 с.
2. Настанова до зводу Знань з управління проєктами (настанова РМВОК). 7-е видання та стандарт з управління проєктами. Переклад з англ. Савін А. А. та ін. Пенсильванія: Інститут проєктного менеджменту, 2021. 370 с. URL: <https://res2.weblium.site/res/65b233680835c5000feec557/65ca57d1d6ab06000f91bd67>
3. Менеїлюк О. І., Нікіфоров О. Л. Опитувальна анкета з дослідження ефективності впровадження в Україні сучасних методів управління в будівництві. Одеса : ОДАБА, 2024. URL: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXKUfzGhxAa58Lbe7-xt_h82nnaniTAS5_3xnrv7YLGu8pMg/viewform
4. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю (ISO 9004:2009, IDT) : ДСТУ ISO 9004:2012 [Чинний від 2012–11–28]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013. 45 с.

УДК 624.012.35

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З'ЄДНАНЬ ПЛИТ В ЗБІРНО-МОНОЛІТНОМУ ПЕРЕКРИТТІ

Микитенко С. М., доц., канд. техн. наук

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

mukutas@gmail.com

Сучасне будівництво стикається з необхідністю зменшення собівартості об'єктів через скорочення трудових затрат на спорудження, економію будівельних матеріалів та впровадження енергоефективних захисних конструкцій. Одним з ефективних рішень цієї проблеми є використання заводських конструкцій, які мають суттєві переваги порівняно з монолітними аналогами.

Сьогодні існує чимало успішних прикладів застосування таких конструкцій як у новому будівництві, так і під час реконструкції. Серед них особливо вирізняється збірно-монолітний каркас без капітелей та балок (серія «КУБ»), що почав використовуватися наприкінці минулого століття і дотепер зазнав численних вдосконалень у контексті програм забезпечення населення доступним житлом.

Використання такого каркаса практично розв'язує суперечність між характеристиками міцності та теплоізоляційними властивостями стінових матеріалів завдяки розподілу несучих та огорожувальних функцій стін. Саме тому промисловий каркас без капітелей та балок останнім часом стає дедалі популярнішим.

Конструювання елементів збірно-монолітного перекриття без капітелей та балок має специфічні риси, пов'язані з методами з'єднання плит з колонами та плит між собою [1]. При створенні серії «КУБ» застосовані традиційні методи, котрі не завжди враховували конструктивні особливості збірно-монолітних з'єднань колон з плитами та плит між собою. Це спричинило потребу в додаткових теоретичних та експериментальних дослідженнях збірно-монолітних з'єднань та каркасу взагалі [2].

Вузол шпонкового з'єднання надколонної плити з колоною являє собою збірно-монолітну конструкцію. Плита приєднується до колони шляхом приварювання обичайки внутрішнього отвору до поздовжньої арматури колони за допомогою проміжних закладних елементів. Проміжок між колоною та обичайкою плити заповнюється дрібнозернистим бетоном, який після затвердіння виконує функцію шпонки. Така конструкція вузла є компактною, без виступаючих частин, але потребує високоякісного виконання як зварювальних, так і бетонних робіт.

Розробники серії вважають такий вузол жорстким, здатним сприймати згинальний момент та перерозподіляти його між колоною та плитою. Проте критичний аналіз такого вузла з урахуванням невеликої висоти ригеля (160 мм), якості зварних з'єднань та бетонування дозволяє зробити висновок про його часткову жорсткість, тобто здатність сприймати поперечну силу та обмежений згинальний момент, який може витримати зварне з'єднання закладного елемента.

Диск перекриття утворюється з квадратних плит розміром $2,98 \times 2,98$ м, які з усіх сторін з'єднуються через стики у вигляді арматурних петель (рис. 1). Після монтажу арматури стик бетонується, і після досягнення бетоном проектної міцності конструкція може включатися в роботу. Такий стик є універсальним і повинен забезпечувати роботу об'єднаної конструкції на зріз, згин та розтяг. Така конструкція стику здатна забезпечити сприйняття згинального моменту $M = 52 \text{ кН} \cdot \text{м}$ на смугу перекриття шириною 6 м.

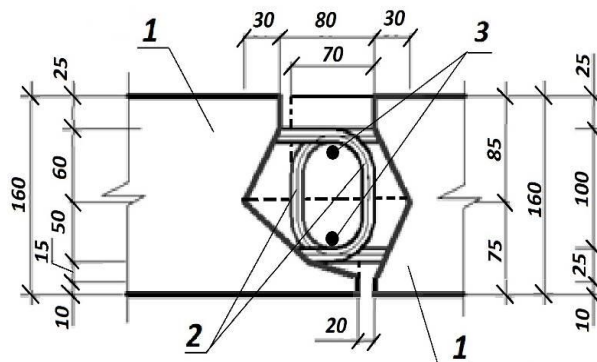


Рис. 1. Конструкція з'єднання плит перекриття між собою 1 – плита;
2 – арматурні випуски; 3 – арматурні стержні А500 діаметром 10 мм

Для підтвердження теоретичних припущень, на яких базується розрахунок елементів збірного каркаса без капітелей та балок, було виготовлено та випробувано вузол з'єднання плит перекриття (рис. 2).



Рис. 2. Вузол з'єднання плит між собою: а – вузол до бетонування;
б – фрагмент перекриття перед випробуванням

Результати випробувань показали особливості напружено-деформованого стану петльового стику та його відповідність вимогам несучої здатності та тріщиностійкості.

Список використаних джерел

1. Микитенко С. М. Аналіз основних розрахункових положень збірно-монолітного безбалкового безкапітельного каркаса. *Галузеве машинобудування, будівництво* : зб. наук. пр. 2013. Вип. 39. С. 171–178.
2. Микитенко С. Експериментальні дослідження елементів збірно-монолітного безкапітельно-безбалкового перекриття. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2024. Вип. 20. С. 79–85. URL: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-10\(20\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-10(20)-09)

УДК 728

ПРОЄКТ «ВЕЛИКЕ ЗАПОРІЖЖЯ» : ВІД СОЦІАЛЬНОЇ УТОПІЇ ДО СОЦІАЛІСТИЧНОГО РЕАЛІЗМУ

Михайлишин О. Л.¹, доктор архітектури, Буланов Д. В.², аспірант

^{1,2}Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне

¹o.l.mykhaylyshyn@nuwm.edu.ua, ²d.v.bulanov@nuwm.edu.ua

Постановка проблеми. У вітчизняній урбаністичній історіографії спостерігається дефіцит комплексного дослідження проєкту «Велике Запоріжжя» як феномена трансформації радянської соціальної утопії в архітектурно-містобудівний дискурс соціалістичного реалізму. У центрі проблеми лежить суперечність між радикальними утопічними засадами перших соціалістичних планів і вимогами сталінської естетики, яка дедалі більше домінувала у 1930–1950-х роках. Ці дві парадигми не просто співіснували – вони конкурували в ідеологічних, організаційних і матеріально-технічних рішеннях, породжуючи низку невирішених питань.

Мета дослідження. Комплексне висвітлення трансформації проєкту «Велике Запоріжжя» від початкових утопічних концепцій соціалістичного міста до архітектурно-стилістичного наративу соціалістичного реалізму впродовж 1920-50-х років, а також простежити, як ідеологічні та естетичні імперативи вплинули на процес формування образу і функціональної структури «Великого Запоріжжя».

Результати дослідження. Розвиток міст – центрів промисловості на території України у 1920-30-х роках (тоді – республіки у складі Радянського Союзу) відбувався в умовах гострого дефіциту житла, спричиненого високими темпами урбанізації. Формування нових міських районів мало не тільки прагматичну мету вирішення житлової проблеми для службовців та працівників підприємств, але й демонстрації нового підходу до створення міського середовища в умовах соціалістичного ладу.

У Запоріжжі, як і в Харкові та містах «Донецького басейну», відбулась імплементація концепції «ідеального» міста радянської утопії – соціалістичного міста («Соцгород»). Вперше в радянській містобудівній практиці був застосований принцип «паралельного» розвитку населеного пункту. Нове Запоріжжя проєктувалось окремо від існуючого міста Олександрівська, ставало автономною одиницею цілісного містобудівного утворення. Проєкт передбачав створення семи районів (Олександрівськ, Воскресенка, район Дніпрокомбінату, Павло-Кічкас, Кічкас, острів Хортиця – VI район, Бабурка). Концепція соцміста базувалась на раціональності і доцільності, візуалізованій впорядкованою структурою, чіткою ортогональною мережею вулиць, функціональним зонуванням, де передбачався громадський центр, площа з усіма атрибутами влади і символами (адміністративними, культурними і побутовими). Була виконана і одна з основних умов, що визначала типологічну належність нової частини Запоріжжя: Соцмісто розташовувалось поруч з містоутворюючими підприємствами – Дніпрогесом та Дніпрокомбінатом, а основним містоутворюючим чинником став робітник, що працює на цих підприємствах. Соціалістичне місто розглядалось як центр пролетарського ядра населення, елемент державного управління в структурі централізованої влади.

Одночасно, як відомо, в основу планування була покладена схема «лінійного міста», де міські райони розташовувались вздовж берегової лінії Дніпра. Структурна організація території потребувала певної ієрархії в організації обслуговування та розташування житлових зон і громадських просторів, озеленення території. Житлові райони забудовувались будинками, зведеним за типовими проєктами. В такий спосіб мешканцям мав би забезпечуватись рівноцінний доступ до усіх переваг проживання в місті, що візуалізувало головне гасло соціалізму про рівність усіх громадян.

У 1930-х роках великого значення надавали створенню цілісного архітектурного образу нових районів Запоріжжя. Роль композиційної осі відігравав центральний проспект (сьогодні – Соборний проспект), що поєднав в єдине ціле найважливіші міські ансамблі (комплекс гідротехнічних споруд на Запорізькій площі, забудова загальноміського центру на Вознесенці і центр старого міста). Головна магістраль була найширшою і забудовувалась найбільш представницькими будівлями. Широкі проспекти з осьовою композицією створювали враження централізованого контролю, символізували тріумф індустріалізації. У 1940-х роках, внаслідок реконструкції, житлові квартали стали частинами єдиного ансамблю забудови зі стандартизованими архітектурним декоруванням фасадами та типовим плануванням. Відбувся поступовий перехід від «функціонального міста до монументального, сформованого під впливом ідей класицизму «міста-ансамблю». В такий спосіб формувалося «місто сталінського періоду» – місто «соціалістичного реалізму», все спрямовано на підпорядкування людини державній системі. Сформована ієрархія просторів і об'єктів

засвідчила зміни у трактуванні соціальної рівності і способу життя: від «усуспільнення» побуту до ієрархічного принципу розподілу житлової площі.

Висновки. У результаті аналізу встановлено, що проєкт «Велике Запоріжжя» пройшов еволюцію від соціалістичної утопії до архітектурно-естетичного наративу соціалістичного реалізму. Первинні функціонально-композиційні прийоми збереглися в базовій планувальній структурі, проте їхня візуальна інтерпретація значно трансформувалася під впливом ідеологічних директив та економічних обмежень. Спостерігається чітка лінія переходу від раціонального конструктивізму до монументального неокласицизму, що відобразилося у стилістиці і масштабах будівель, символічному наповненні громадських просторів. Отже, аналіз проєкту «Велике Запоріжжя» свідчить, як ідеологічні імперативи радянської влади співіснували та взаємодіяли з технічними і естетичними вимогами часу, формуючи унікальний міський ландшафт із власним стилістичним й соціальним профілем. Спадщина «Великого Запоріжжя» є базисом для розробки сучасних стратегій збереження історичної забудови та міського середовища загалом.

Список використаних джерел

1. Орлов Г., Лавров В. Велике Запоріжжя. *Архітектура СРСР*. 1933. № 3–4. С. 33–38.
2. Малоземов И. Велике Запоріжжя. *Радянська архітектура*. 1932. № 5–6. С. 72–80.
3. Орлов Г., Лавров В. Велике Запоріжжя. *Архітектура СРСР*. 1939. № 12. С. 49–55.
4. Бажанова Т. Історія селища Номер Шість у Запоріжжі. *Архітектура України*. 1992. Вип. січень–лютий, 1992. С. 28.
5. Запоріжжя. Соцмісто. Альбом. Запоріжжя : Обласний відділ у справах архітектури. 1948. С. 1–39.

УДК 001

ІНТЕГРАЦІЯ ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН У СУЧАСНУ БУДІВЕЛЬНО-АРХІТЕКТУРНУ ОСВІТУ

Михайлова Л. В., ст. викл.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

mykhailova.liliia@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасна будівельно-архітектурна галузь перебуває на етапі інтенсивного розвитку, де технічні досягнення тісно переплітаються з культурними, екологічними та соціальними викликами. Недостатня увага до гуманітарної складової підготовки архітекторів і будівельників призводить до появи проєктів, які не завжди відповідають потребам суспільства, ігнорують культурну спадщину та екологічні стандарти. Проблема полягає у необхідності гармонійного поєднання технічних знань із гуманітарними й освітніми підходами для формування фахівця нового покоління.

Мета дослідження. Метою є обґрунтування значення гуманітарної та освітньої складових у професійній підготовці архітекторів і будівельників, а також визначення їхньої ролі у формуванні компетентного, соціально відповідального й культурно орієнтованого спеціаліста.

Результати дослідження. Аналіз показав, що поєднання технічних дисциплін із гуманітарними знаннями сприяє формуванню світогляду майбутнього архітектора, його естетичного смаку, критичного мислення та здатності враховувати соціальні й культурні потреби суспільства. Освітня складова, орієнтована на впровадження сучасних цифрових технологій, дозволяє студентам опановувати інноваційні інструменти проєктування, розвивати soft skills та інтегруватися у світовий професійний простір. У результаті формується нова генерація спеціалістів, здатних створювати архітектурні об'єкти, що поєднують функціональність, естетику та соціальну значущість.

Сучасна будівельно-архітектурна галузь є однією з ключових сфер розвитку суспільства, оскільки саме вона формує середовище, у якому живе людина. Від того, якими є будівлі та міські простори, залежить не лише зручність повсякденного життя, але й культурна ідентичність нації, екологічна безпека та рівень соціального комфорту. У цих умовах особливого значення набуває поєднання технічних знань із гуманітарною та освітньою складовою, що забезпечує комплексний підхід до підготовки майбутніх архітекторів та будівельників.

Гуманітарна складова відіграє фундаментальну роль у формуванні світогляду спеціаліста. Вона допомагає усвідомити, що архітектура – це не лише інженерні розрахунки, а й мистецтво створення гармонійного простору. Знання історії архітектури, культурології, мистецтвознавства та філософії дозволяє майбутнім фахівцям бачити власну професію у ширшому контексті цивілізаційного розвитку. Наприклад, вивчаючи архітектурні стилі минулих епох, студент розуміє спадкоємність ідей та цінність культурної спадщини. Це сприяє формуванню відповідального ставлення до містобудівної діяльності й допомагає уникати шаблонних або відірваних від соціальних реалій проєктів.

Важливою є також освітня складова, яка сьогодні все більше орієнтована на інтеграцію новітніх технологій. Сучасні навчальні програми включають використання цифрових інструментів: систем інформаційного моделювання будівель (BIM), 3D-моделювання, віртуальної та доповненої реальності. Такі засоби дозволяють студентам перевіряти ефективність власних рішень, прогнозувати наслідки проєктування, враховувати енергозбереження та екологічні стандарти. При цьому важливо поєднувати технічні дисципліни з гуманітарними, адже лише гармонія цих підходів формує повноцінного спеціаліста.

Сучасні вимоги ринку праці вимагають від архітектора не лише технічної компетентності, але й розвинених «м'яких навичок». Успішний фахівець повинен вміти ефективно комунікувати, працювати в команді, аргументовано відстоювати власні рішення та брати участь у міждисциплінарних проєктах. Велике значення має знання іноземних мов, що відкриває можливість долучатися до міжнародних конкурсів, обмінюватися досвідом та брати участь у реалізації глобальних архітектурних проєктів. Наприклад, провідні університети Європи та світу пропонують студентам можливість стажування у відомих архітектурних бюро, що формує практичний досвід і водночас розвиває культурну відкритість.

Не менш актуальним є гуманістичний підхід, орієнтований на потреби людини та суспільства. Архітектура XXI століття має бути екологічною, інклюзивною та комфортною. Вона повинна враховувати інтереси різних соціальних груп: дітей, людей похилого віку, осіб з інвалідністю. Наприклад, сучасні проєкти громадських просторів передбачають пандуси, тактильні поверхні, зелені зони для відпочинку, що створює доступне та дружнє середовище. Саме гуманітарна складова освіти формує у майбутніх фахівців відчуття соціальної відповідальності та етики професії.

Сучасна освіта також ґрунтується на принципі навчання протягом життя. Оскільки будівельно-архітектурна галузь постійно змінюється під впливом технологічних інновацій і нових стандартів, архітектор чи будівельник повинен бути готовим постійно вдосконалювати свої знання. Підвищення кваліфікації через онлайн-курси, тренінги, міжнародні програми обміну стає необхідною умовою професійного зростання. Це дозволяє не лише підтримувати високий рівень компетентності, а й інтегрувати національну архітектурну школу в глобальний професійний простір.

Додатково варто підкреслити, що гуманітарна складова допомагає формувати естетичний смак і критичне мислення. У процесі навчання майбутні фахівці отримують навички аналізу культурних процесів, розуміння потреб суспільства та вміння адаптувати архітектурні рішення до конкретного соціального контексту. Це робить їхні проєкти більш гнучкими, адаптивними та орієнтованими на людину. Саме поєднання технічної та гуманітарної освіти створює передумови для формування нової генерації архітекторів, які здатні поєднувати функціональність, красу й соціальну значущість у своїх проєктах.

Отже, гуманітарна та освітня складова є невід’ємними чинниками підготовки сучасного архітектора і будівельника. Поєднання технічних знань із культурним та соціальним виміром професії забезпечує формування фахівця нового покоління, здатного створювати не просто будівлі, а гармонійне середовище для життя людини. Це відповідає викликам XXI століття та робить будівельно-архітектурну галузь важливим інструментом розвитку суспільства.

Список використаних джерел

1. Архітектурна освіта в Україні : традиції та сучасність. За ред. В. В. Тимофійєнка. Київ : Наукова думка, 2019. 320 с.
2. Білоконь О. В. Інноваційні технології в архітектурно-будівельній освіті. Харків : ХНУБА, 2020, 214 с.
3. Ching F. D. K. Architecture : Form, Space and Order. Hoboken : Wiley, 2020. 464 p.

УДК 624.21

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОГО АРМУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КЛАСУ НАВАНТАЖЕНЬ МОСТОВИХ БАЛОК З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Мінюкова А. Д., аспір.

Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ

anyminyukov@gmail.com

Анотація. У доповіді представлено результати дослідження ефективності застосування зовнішнього попередньо напруженого армування для підвищення несної здатності типових залізобетонних мостових балок (серія Вип. 56), які потребують адаптації до сучасних транспортних навантажень класу АК-15 та НК-100. Основна увага зосереджена на кількісному аналізі впливу довжини прогонової будови на збільшення несної здатності. Шляхом чисельного моделювання та аналізу напружено-деформованого стану виявлено залежність ефективності підсилення від геометричних параметрів прогонових будов. Запропоновано критерії пріоритезації (K1, K2) для обґрунтованого вибору об’єктів реконструкції.

Постановка проблеми. Проблема старіння та недостатньої несної здатності залізобетонних мостових конструкцій є предметом широких наукових досліджень як в Україні, так і за кордоном. Аналіз останніх публікацій свідчить, що особлива увага приділяється методам підсилення, які дозволяють подовжити термін служби споруд та адаптувати їх до сучасних навантажень. У численних дослідженнях українських науковців розглядаються методи підвищення жорсткості та несної здатності прогонових будов мостів. Зокрема, Ключник та Марочка досліджували вплив поперечних діафрагм та горизонтальних шпренгельних ферм на зменшення подовжніх переміщень балок у зоні головних ферм та підвищення ефективності спільної роботи балок і верхніх поясів ферми у металевих мостових конструкціях [1]. Також українські науковці приділяють увагу методам підсилення прогонових балок із застосуванням композитних матеріалів. Однак, попри визнану ефективність методу зовнішнього попередньо напруженого армування, залишається недостатньо вивченим кількісний вплив довжини прогонової будови на фактичне збільшення несної здатності після підсилення.

Мета дослідження. Метою дослідження є встановлення кількісної залежності між довжиною залізобетонних мостових прогонових будов та ефективністю підвищення їхньої несної здатності, методом зовнішнього попередньо напруженого армування, за згинальним моментом та забезпечення умов безпечної експлуатації під сучасними нормативними навантаженнями, зокрема АК-15 та НК-100.

Результати дослідження. Проведено чисельне моделювання та аналіз напружено-деформованого стану типових залізобетонних мостових балок різної довжини до та після підсилення зовнішнім попередньо напруженим армуванням. У дослідженні розглянуто три варіанти довжини прогонових будов: 11,36 м, 16,76 м та 22,16 м. Такий вибір дозволяє простежити тенденції зміни міцності та роботи конструкцій залежно від їхньої розрахункової схеми та геометричних параметрів.

Встановлено, що приріст несної здатності в абсолютному вираженні залишається значним для всіх прогонів, проте відносна ефективність підсилення (коефіцієнт K_2) суттєво знижується зі зростанням довжини балки. Розроблено критерій K_1 (оцінка дефіциту несної здатності) та критерій K_2 (коефіцієнт чутливості до довжини), які дозволяють кількісно оцінювати доцільність і пріоритетність застосування зовнішнього попередньо напруженого армування. Дослідження довело, що застосування такого армування (чотири канати діаметром 12,5 мм) забезпечує необхідну несуну здатність для всіх прогонових будов. Виявлено, що абсолютний приріст несної здатності (ефект від підсилення) значно зростає разом із довжиною балки. Це пояснюється тим, що згинальний момент від зовнішніх навантажень, який необхідно компенсувати, зростає пропорційно довжині прогону. Водночас, встановлено, що темп зростання ефекту сповільнюється на довших прогонах.

Висновки. Метод зовнішнього попереднього напруження є високоефективною технологією для підвищення несної здатності залізобетонних мостових прогонових будов, забезпечуючи їхнє переведення на сучасний клас навантажень АК-15 та НК-100.

Розроблені критерії K_1 та K_2 можуть слугувати інструментом пріоритезації заходів з підсилення прогонових будов.

Список використаних джерел

1. Ключник С. В., Марочка В. В. Огляд варіантів підсилення та ремонту балок проїзної частини поверхового типу. *Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика*. 2014. № 5. С. 35–40.
2. Kim T.-K., Jung W.-T., Park J.-S., Park H.-B. Experimental Study on Effects of Additional Prestressing Using Fiber Reinforced Polymers and Strands on Deterioration of PSC Bridge Structure (англійською).
3. Боднар Л. П., Завгородній С. С., Яструбінецький В. Л. Аналіз типових проектів найбільш поширених залізобетонних прогонових будов мостів на автомобільних дорогах України. *Дороги і мости*. 2020. Вип. 22. С. 176–186.
4. Стоянович С. В., Полюга Р. І. Дослідження напружено-деформованого стану залізобетонної монолітної попередньо напруженої прогонової будови шляхопроводу. *Дороги і мости*. 2023. Вип. 28. С. 221–233.
5. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ, 2022. 32 с. (Інформація та документація).
6. Лантух-Лященко А. І. Модель визначення надійності прогонової будови в умовах неповної інформації. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 62. 2001.
7. Лантух-Лященко А. І. Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 57. 1999. С. 183–188.
8. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.
9. Борщов В. І., Загора О. Л. Мости і труби : підруч. Т. 2. Залізобетонні мости. Дніпро : Вид-во ДНУЗТ, 2012. 393 с.
10. Попович М. М., Миронюк О. С., Борщов В. І. Підсилення залізобетонних балкових прогінних будов з використанням шпренгелів і попередньо напружених стрижнів.
11. Р В.3.2-03450778-832:2013. Рекомендації з проектування монолітних попередньо-напружених мостів з напруженням на бетон (пост-напружені системи).
12. Thuraichamy Gugesan Suntharavadivel, Thiru Aravinthan Overview of external post-tensioning in bridges.

УДК 691.3:004.94

4D-ДРУК АДАПТИВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ : МОЖЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ, АНАЛІЗ ПРАКТИЧНИХ КЕЙСІВ

Мішук К. М.¹, канд. техн. наук, доц., Кузнєцов В. А.², бакалавр

^{1,2}Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

¹mishukivk@gmail.com, ²kouznetsov595@gmail.com

Постановка проблеми. Станом на сьогодні, будівельна індустрія стикається з низкою таких викликів, як проблеми підвищення енергоефективності будівель, зменшення впливу на екологію, забезпечення довговічності будівельних матеріалів тощо, що потребує вивчення та знаходження способу їх вирішення. Зокрема, однією з інновацій, яка здатна вирішити вказані проблеми, є 4D-друк адаптивних будівельних матеріалів. Дослідження основних положень, напрямів й прикладів застосування цієї концепції є досить актуальним явищем, оскільки виявляє високий потенціал у створенні адаптивних, енергоефективних та самовідновних конструкцій.

Мета дослідження. Проаналізувати зміст 4D-друку адаптивних будівельних матеріалів, оцінити можливості реалізації цієї концепції та виклики, дослідити практичні кейси використання цієї технології, станом на сьогодні.

Результати дослідження. Концепція 4D-друку адаптивних будівельних матеріалів, передбачає створення «розумних» матеріалів, які можуть змінюватися, з часом, залежно від подразників навколишнього середовища: освітленості, температури, вологи, магнітного поля та інших. Основою створення таких матеріалів, є розробка їх молекулярної або мікроструктури, яка є чутливою до зовнішніх факторів, що дозволяє контролювати реакції та гарантувати передбачувану поведінку. Такі матеріали володіють низкою перспективних властивостей: адаптивністю (зміна властивостей відповідно до умов); керованістю (контроль відповіді на подразники); пам'яттю (фіксація конкретної форми та її відновлення); універсальністю; динамічністю [1].

Серед адаптивних будівельних матеріалів, найвідомішими є:

- Термочутливі матеріали, які реагуючи на тепло, здатні повертатися до початкового стану. Наприклад, сплави з ефектом пам'яті форми, які використовуються для створення муфтових з'єднань труб, анкерних кріплень, сейсмосахисних систем;
- Вологочутливі матеріали, які реагуючи на вологу, здатні розширюватися або стискатися. Наприклад, гідрогелі, які можуть бути використані в пасивних будівельних системах (покрівельні мембрани або саморегульовані стінові панелі);
- Рідкокристалічні еластомери (РКЕ), які реагуючи на тепло та світло, здатні деформуватися. Наприклад, їх можна використовувати як енергоефективні системи затінення або сонцезахисні жалюзі;
- Електрочутливі матеріали, які реагуючи на електричне поле, здатні змінювати форму або перетворювати механічну енергію на електричну, і навпаки. Наприклад, п'єзоелектричні матеріали використовуються в датчиках та перетворювачах для моніторингу стану конструкцій, у системах збору енергії, що генерується від механічних коливань і ударів, у системах віброізоляції;
- Фоточутливі матеріали, які реагуючи на світло, здатні змінювати колір, структуру, стан. Наприклад, їх можна застосовувати для створення енергоефективного скла, «розумних фасадів», спеціальних покриттів [1; 2].

Незважаючи на досить перспективні властивості, виготовлення та використання таких матеріалів створює ряд викликів для фахівців, зокрема, дороговартісне обладнання, нагальна потреба в стандартизації та розробці експериментального обладнання, нестача висококваліфікованих кадрів, незначна кількість проведених досліджень та експериментів, відсутність нормативних документів щодо застосування таких інноваційних технологій тощо.

Станом на сьогодні, є спроби застосування адаптивних будівельних матеріалів в архітектурній, енергоефективній, матеріалознавчій та інших галузях. Так, наприклад, у січні

2025 року було розроблено амфіфільний динамічний термореактивний поліуретан (DTPU), який досяг коефіцієнта набухання від 11,6 % до 118,1 %. У лабораторії Массачусетського технологічного інституту було створено гідрореактивні композитні полімери, які під впливом води набувають точних геометричних форм. Також було розроблено елементи мостів, які підлаштовуються під різні навантаження, самозбірні тунельні системи, адаптивні дамби для захисту від повеней та пішохідні мости, що протидіють коливанням температури. У Коста-Ріці було створено павільйон, який змінює свою конфігурацію протягом дня, залежно від зміни візерунків сонячного світла. [2]. Інститутом обчислювального проектування та будівництва (ICD) Штутгартського університету було створено павільйон HygroSkin, який імітує рух соснових шишок за допомогою тонких фанерних панелей, які спонтанно відкриваються або закриваються залежно від умов вологості (рис. 1) [3].



Рис. 1. Павільйон HygroSkin

Висновки. Підсумовуючи, варто зазначити, що технологія 4D-друку адаптивних будівельних матеріалів демонструє високий потенціал, але для більш практичного застосування таких інновацій необхідно подолати такі виклики, як забезпечення матеріальної довговічності, розробка відповідних процесів та технологій, зниження вартості «розумних» матеріалів та створення відповідної нормативної бази.

Список використаних джерел

1. Програмовані матеріали та технологія 4D друку. *Hostragons®*. URL: <https://www.hostragons.com/uk/блог/програмовані-матеріали-та-технологі/> (дата звернення: 07.09.2025).
2. 4D Printing in Architecture : Materials and Uses. *AI-Based Architecture Design Recognition*. URL: <https://architecturehelper.com/blog/4d-printing-in-architecture-materials-and-uses/> (дата звернення: 07.09.2025).
3. Ansari F. 4D Materials : The Future Of Design | PAACADEMY. *Learn Most Advanced Design Tools. PAACADEMY*. URL: <https://paacademy.com/blog/4d-materials-the-future-of-design> (дата звернення: 07.09.2025).

УДК 629.783:528.4

GNSS-ЗНІМАННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ : ВИКЛИКИ ТА АЛЬТЕРНАТИВИ В УКРАЇНІ

Міщенко Р. А.¹, канд. техн. наук, доц., Карюк А. М.², канд. техн. наук, доц.,
Ільченко В. В.³, канд. техн. наук, доц.

¹⁻³Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹ab.Mishchenko_RA@nupp.edu.ua, ²ab.Kariuk_AM@nupp.edu.ua,

³ab.Ilchenko_VV@nupp.edu.ua

Постановка проблеми. Повномасштабне російське вторгнення в Україну створило безпрецедентні виклики для геодезичного забезпечення та GNSS-знімання. В умовах активних бойових дій, окупації територій та систематичного застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) традиційні методи супутникових спостережень зазнають значних обмежень. Глушіння та спуфінг GNSS-сигналів, руйнування геодезичної

інфраструктури, відсутність доступу до базових станцій у прифронтових зонах та на тимчасово окупованих територіях унеможливають або суттєво ускладнюють виконання геодезичних робіт за стандартними методиками.

Ці обставини актуалізують необхідність розробки та впровадження альтернативних методів координатного забезпечення, адаптації існуючих технологій до екстремальних умов та пошуку гібридних рішень, які б забезпечили безперервність геодезичних робіт навіть за умов протидії супутниковій навігації.

Мета дослідження. Аналіз впливу воєнних дій на можливості застосування GNSS-технологій в Україні та обґрунтування альтернативних методів координатного забезпечення геодезичних робіт в умовах радіоелектронної протидії та обмеженої доступності інфраструктури супутникових спостережень.

Результати дослідження. За результатами аналізу впливу воєнних дій на GNSS-знімання в Україні виявлено основні категорії проблем: технічні (глушіння та спуфінг сигналів у радіусі до 50–100 км від лінії фронту), інфраструктурні (руйнування та недоступність понад 30 % базових станцій мереж RTK у східних та південних регіонах), а також безпекові (неможливість виконання польових робіт у зонах активних бойових дій). Ефективність GNSS-вимірювань знижується на 40–70 % у прифронтових зонах внаслідок застосування засобів РЕБ, що призводить до втрати фіксованого рішення та збільшення похибок позиціонування до недопустимих значень [1; 2].

23 грудня 2022 року Указом Президента України №884/2022 введено в дію рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про заходи з розвитку та використання вітчизняних систем супутникової навігації в інтересах безпеки і оборони держави», відповідно до якого встановлено обмеження функціонування GNSS-станцій наземної корекції приватних, державних підприємств і організацій з надання послуг супутникової навігації [3]. Ці обмеження, запроваджені з міркувань національної безпеки, додатково ускладнили доступ до високоточних диференціальних поправок у режимі реального часу, що традиційно забезпечували сантиметрову точність GNSS-вимірювань. Фактично, геодезисти опинилися в ситуації подвійного обмеження: з одного боку – технічна протидія від противника (РЕБ, глушіння), з іншого – нормативні обмеження на використання корекційних мереж з міркувань безпеки.

Доцільно створювати резервні геодезичні мережі, використовувати автономні методи вимірювання та впровадження гібридних технологій, що поєднують GNSS (у моменти доступності сигналу) з традиційними геодезичними методами для забезпечення безперервності робіт.

В умовах нестабільності GNSS-сигналів особливої актуальності набуває підвищений контроль якості зйомок. Традиційні критерії оцінки точності, розроблені для стабільних умов спостережень, виявляються недостатніми в ситуації постійної загрози радіоелектронної протидії та можливої компрометації даних.

Необхідне впровадження багаторівневої системи перевірок, що охоплює всі етапи геодезичних робіт. Моніторинг параметрів спостережень у реальному часі передбачає постійний контроль кількості та геометрії видимих супутників, значень DOP (Dilution of Precision), рівня сигнал/шум, наявності циклічних зривів та аномальних стрибків координат. Критично важливим є виявлення ознак спуфінгу: незвичайна стабільність сигналу в умовах перешкод, невідповідність часових міток, аномальні значення псевдовіддалей.

Обов'язкове дублювання вимірювань альтернативними методами стає не рекомендацією, а необхідною вимогою. Кожен пункт зйомочної мережі повинен визначатися мінімум двома незалежними способами: GNSS-спостереженнями в різні сеанси, класичними геодезичними вимірюваннями (лінійно-кутовими), фотограмметричними методами або їх комбінацією. Розбіжності між методами не повинні перевищувати подвійної середньоквадратичної похибки для даної категорії робіт.

Створення надлишкових опорних мереж забезпечує можливість взаємного контролю пунктів та виявлення локальних аномалій. Замість мінімально необхідної кількості базових станцій рекомендується розгортання щільних мереж із коефіцієнтом надлишковості 1.5-2.0, що дозволяє виявляти компрометовані пункти через аналіз зв'язків між ними. Особливу увагу

слід приділяти стабільності репрезентацій пунктів у різних сеансах спостережень та сезонних циклах.

Рекомендується ведення журналів якості з фіксацією всіх аномалій, умов спостережень, застосованих коригувальних процедур. Накопичення такої інформації дозволяє виробити критерії прийнятності даних для конкретного регіону та умов робіт.

Висновки. Воєнні дії на території України створили критичні обмеження для функціонування GNSS-систем, що вимагає переосмислення підходів до геодезичного забезпечення. Систематична радіоелектронна протидія, руйнування інфраструктури та обмежений доступ до окремих територій унеможливають повноцінне використання супутникових технологій у традиційному форматі.

Застосування комплексного підходу, що поєднують GNSS-технології з класичними геодезичними методами, фотограмметрією, забезпечує технологічну стійкість та можливість виконання критично важливих геодезичних робіт навіть за умов повної відсутності супутникового сигналу.

В умовах нестабільності GNSS-сигналів особливої актуальності набуває підвищений контроль якості зйомок. Необхідне впровадження багаторівневої системи перевірок: моніторинг параметрів спостережень у реальному часі, обов'язкове дублювання вимірювань альтернативними методами, створення надлишкових опорних мереж та систематичний аналіз невідповідностей. Лише посилений метрологічний контроль може гарантувати достовірність геодезичних даних у екстремальних умовах.

Список використаних джерел

1. Фоменко В. Тенденції топографо-геодезичних робіт в умовах воєнного стану. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти : зб. мат-лів IV Міжнар. наук.-практ. конф. науковців* (м. Одеса, 24–25 жовтня 2024 р.). Одеса : ОДАУ, 2024. С. 327–328.
2. Канівець О. М. Важливість та значення геодезії в період воєнного стану [Електронний ресурс]. *Розвиток науки в Україні під час воєнного стану : зб. наук. матеріалів LXXXII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Луцьк, 30 березня 2022 р.). Луцьк, 2022. С. 64–67.
3. Указ Президента України від 23.12.2022 № 884/2022. Про заходи з розвитку та використання вітчизняних систем супутникової навігації в інтересах безпеки і оборони держави. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/884/2022#Text>

УДК 69.032.22:658.51

КРИВОЛІНІЙНА ПІДПІРНА СТІНА : ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ В СКЛАДНИХ УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Мороз Д. В.¹, магістр, Ткач Т. В.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹24207.moroz@365.pdaba.edu.ua, ²tkach.taisii@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку будівельної галузі України, що відбувається в умовах масштабного відновлення інфраструктури, зумовлює потребу у впровадженні нових інженерних рішень [1–3]. Особливу складність становить проектування висотних і багатофункціональних комплексів із підземними частинами в умовах щільної міської забудови, де наявні значні перепади висот, зсувонебезпечні схили та складні гідрогеологічні умови [4]. Традиційні методи укріплення не завжди гарантують надійність і економічну ефективність, тому актуальним є застосування інноваційних конструктивно-технологічних систем.

Мета дослідження. Обґрунтування доцільності та оцінка ефективності застосування криволінійної підпірної стіни з буронабивних паль у складних умовах міської забудови з урахуванням конструктивних, технологічних та економічних чинників.

Виклад матеріалу. Відновлення інфраструктури після масштабних руйнувань 2022–2023 рр. в Україні супроводжується впровадженням сучасних технологій та інтегрованих конструктивних рішень. Однією з провідних тенденцій є поєднання функцій конструктивних елементів, що забезпечує:

- скорочення термінів будівництва;
- зниження вартості реалізації проєктів;
- мінімізацію ризиків для суміжної забудови;
- використання передових світових інженерних практик.

Криволінійна підпірна стіна з буронабивних паль відповідає цим вимогам. Вона одночасно виконує функції укріплення ґрунтового масиву та огороження підземної частини споруди, забезпечуючи надійність і економічність.

Ефективність використання криволінійної підпірної стіни з буронабивних паль підтверджується прикладом, наведеним на (рис. 1) [5].

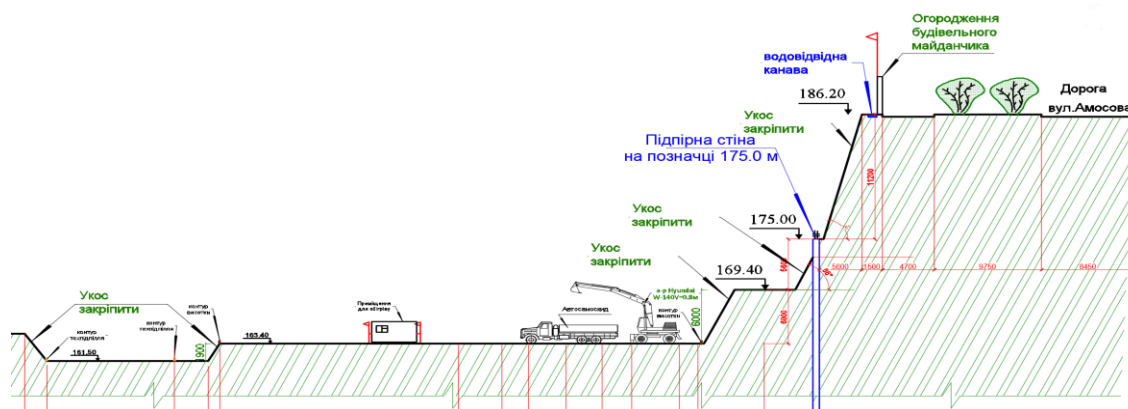


Рис. 1. Розробка ґрунту під захистом підпірної стіни з буронабивних паль

На рисунку 1 досліджувана ділянка характеризується перепадом висот близько 20 м і зсувонебезпечним схилом, що обумовлює необхідність спеціальних інженерних рішень. Відображено ключові елементи цього рішення, зокрема закладання стіни на позначці 175 м, глибину паль до 169,40 м, укріплення укосів, влаштування водовідвідної канави та огороження будівельного майданчика. Саме поєднання цих рішень демонструє не лише надійність конструкції, а й її економічну доцільність у щільній міській забудові.

Завдяки використанню сучасних технологій виконання робіт в надскладних геологічних умовах будівництва стає реальністю для України. Проте необхідно ретельно досліджувати передовий світовий досвід та аналізувати ефективність сучасних організаційно-технологічних рішень для подальшої адаптації та застосування проєктних рішень.

Висновки. В умовах масштабного відновлення та реконструкції України технологія криволінійної підпірної стіни з буронабивних паль є одним із найефективніших інженерних рішень. Її застосування дозволяє:

- укріплювати зсувонебезпечні схили у міській забудові;
- поєднувати функції кріплення та огороження підземної частини будівель;
- скорочувати терміни та зменшувати кошторис будівництва;
- знижувати ризики аварійних ситуацій і деформацій навколишніх споруд.

У 2025 році технологія криволінійної підпірної стіни є важливим інструментом відбудови та модернізації українських міст, адже забезпечує баланс між надійністю, економічністю та архітектурною виразністю проєктів.

Список використаних джерел

1. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків : ДБН В.2.2-24-2009. Уведено вперше [чинні з 2009-09-01]. Київ : Мінбуд України, 2009. 161 с. (Державні будівельні норми).
2. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки: ДБН В.1.2-12-2008. Введ. вперше [чинні з 2009-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 36 с.

3. Організація будівельного виробництва : ДБН А.3.1-5:2016. Вид. офіц. [На заміну ДБН А.3-1-5-2009, чинний з 01.01.2017]. Київ : М-во регіон. розвитку, буд-ва та житл-комун. госп-ва, 2016. 61 с.

4. Заяць Є. І. Особливості застосування методу будівництва «вверх–вниз» під час зведення висотних будівель. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. № 1. С. 64–69.

5. Zaiats Y., Mlodetskiy V., Tkach T., Netesa A. Analysis of the efficiency of the application of a curvinally supporting wall in the development of the residential, office and trade complex with hotel and parking in Mykola Amosov's street in Solomyansk region of Kyiv. *Kyiv – Ways to Improve Construction Efficiency*. 2020. № 43. Pp. 115–123.

УДК 69:378

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОСВІТИ І НАУКИ В РАМКАХ ГРАНТОВОЇ ПРОГРАМИ THE BRIDGE

Назаренко І. І., докт. техн. наук,
президент Академії будівництва України, м. Київ
ii_nazar@ukr.net

Постановка проблеми. Сучасний розвиток будівельної галузі відбувається в умовах глобальної цифрової трансформації та інтеграції в європейський науково-освітній простір. Важливого значення набуває створення магістерських програм, які поєднують наукову методологію, освітні практики та міжнародні грантові механізми. Програма The Bridge є прикладом такого підходу, оскільки вона формує спільний простір підготовки нового покоління фахівців у сфері будівництва, архітектури, енергоефективності та цифрових технологій [1; 4].

Мета дослідження. Обґрунтувати методологічні особливості освіти й науки у рамках грантової програми The Bridge із оцінкою Академії будівництва України як експертного партнера.

Результати дослідження. Методологічні особливості грантової програми визначаються поєднанням фундаментальної, прикладної та практико-орієнтованої підготовки. Студенти мають оволодіти теоретичними основами організації будівельних процесів, економіки життєвого циклу будівель, методами оцінки екологічної ефективності. Водночас, освітній процес передбачає активну участь у дослідницьких і практичних проєктах, що фінансуються грантовими програмами ЄС (Horizon Europe, Erasmus+) [2]. Особливу увагу приділено технологіям BIM, які забезпечують інтеграцію науки й освіти, дозволяючи розглядати об'єкт як систему з енергетичними, соціальними та економічними параметрами [1; 5]. Це сприяє формуванню у студентів системного мислення, здатності інтегрувати багаторівневу інформацію та застосовувати LCA/LCC-аналіз. Міждисциплінарність є ключовим принципом: студенти з України, Словаччини, Польщі, Німеччини та Італії можуть співпрацювати у мультикультурних командах, набуваючи досвіду реальних проєктів [3]. Академія будівництва України виступає експертом грантової програми, забезпечуючи методичний супровід, узгодження стандартів та інтеграцію українських наукових напрацювань у міжнародний освітній простір [4; 6].

Це створює довіру до результатів і гарантує відповідність європейським стандартам.

Висновки. 1. Методологічні особливості програми магістерської підготовки магістрів за спеціальністю G9 в рамках грантової програми The Bridge ґрунтуються на інтеграції науки, освіти та міжнародної співпраці.

2. Роль освіти і науки полягає у формуванні системи підготовки фахівців, здатних забезпечити цифрову трансформацію й сталий розвиток будівельної галузі.

3. Розроблена програма магістерської підготовки магістрів за спеціальністю G9 стає не лише навчальним продуктом, а й стратегічним інструментом інтеграції України в європейський простір знань і практик.

Список використаних джерел

1. Wang L., Huang M., Zhang X., Jin R., Yang T. A Review of BIM Adoption in the Higher Education of AEC Disciplines. *Journal of Civil Engineering Education*. 2020. Vol. 146 (3). URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000018](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000018)
2. Ahankoob A., Abbasnejad B., Aranda-Mena G. Building Information Modelling (BIM) Acceptance and Learning Experiences in Undergraduate Construction Education: A TAM Perspective. *Buildings*. 2025. Vol. 15 (11). P. 1804. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings15111804>
3. Trach O., Pawluk K., Lendo-Siwicka M. The assessment of the effect of BIM and IPD on construction projects in Ukraine. *International Journal of Construction Management*. 2022. Vol. 22 (10). Pp. 1844–1851. URL: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1742636>
4. Demian P., Hassan T. M., Kalmykov O., Demianenko I., Makarov R. BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*. 2024. Vol. 14 (11). P. 3495. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings14113495>
5. Hudyma L. O. BIM-Technologies in Construction: Modern Challenges for Ukraine. *Business Inform.* 2024. № 2 (553). Pp. 97-104. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-97-104>
6. Rudenko O., Koval V. BIM Technologies in Training Specialists for Post-War Reconstruction in Ukraine. *Economic Annals-XXI*. 2023. Vol. 200 (5–6). Pp. 46–53. URL: <https://doi.org/10.21003/ea.V200-06>

УДК 331.45

ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ІНІЦІАТОРА ВИБУХОВОГО ГОРІННЯ
В ЛАБОРАТОРНІЙ УСТАНОВЦІ УДАРНА ТРУБА

Налисько М. М.¹, докт. техн. наук, проф., Стрежекуров Ю. Е.², аспір.,
Махінко А. О.³, аспір.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹nalisko.nikolay@pdaba.edu.ua, ²strezhekurov.yuriy@365.pdaba.edu.ua,

³makhinko.anna@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Аварійні вибухи газоповітряних сумішей у виробничих, житлових будівлях та будівлях іншого призначення залишається значною проблемою в сучасних реаліях. Наряду з напрямком попередження виникнення таких аварій, активно розробляються заходи зменшення важкості наслідків при реалізації подібних ризиків і в першу чергу це проектування стійких до подібних навантажень будівель та будівельних конструкцій. Можливість виконання проектних робіт в цих умовах гуртуються, в тому числі, і на можливості прогнозуванні реальних навантажень та впливів на будівельні конструкції в умовах аварійних вибухів. У зв'язку з цим дослідження можливих режимів вибухового горіння в умовах закритих приміщень будівель при витоках газоповітряних сумішей є актуальною задачею, яку можливо вирішувати шляхом лабораторного моделювання.

Мета дослідження. На основі лабораторного моделювання мікробибуху метаноповітряної суміші у скляних трубах визначити найбільш раціональні конструкції та характеристики джерел електричного іскрового ініціювання для отримання стабільного вибухового імпульсу та заданих параметрів поширення вибухової хвилі.

Результати дослідження. Дослідження процесу протікання вибухового горіння шляхом лабораторного моделювання мікробибухів газоповітряних сумішей у скляних трубах є одним із ефективним шляхом встановлення закономірностей у формуванні параметрів аварійних вибухів. Для його застосування необхідно розробити схему експерименту яка дозволяла надійно відтворювати паралельні досліди з ідентичним параметрами. В цьому плані найбільш проблемним є відтворювання вибухової хвилі в каналі боросілікатної

жаростійкої скляної труби. Відомо, що параметри вибухової хвилі залежать від режиму вибухового горіння газоповітряної суміші, який в свою чергу залежить від параметрів джерела ініціації. Номенклатурним показником пожежовибухонебезпеки газів, відповідно до ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація» [1] прийнята мінімальна енергія запалювання, що підводиться через електричний розряд. Однак, стандарт на встановлює який тип електричного розряду необхідно застосовувати для відтворення умов запалювання. Запалювальна здатність електричного розряду визначається рядом змінних факторів: типу розряду, потужності розряду, джерела розряду, енергії розряду, мінімальної енергії займання (МЕЗ) легкозаймистого середовища. При застосуванні іскрового розряду можна визначити його теплову продуктивність, але в іскровому запалюванні механізм ініціювання частково реалізується через дію іонізованих частинок, і не зовсім ясно, яка частка енергії іскри йде на підвищення локальної температури, а яка на генерацію активних радикалів [2]. Тому у лабораторному експерименті необхідно виконати обґрунтування типу і параметрів електричного джерела ініціювання вибухового горіння.

Найбільш доцільним, з огляду на геометричні розміри установки та загальну енергію мікробибуху, було визначено порівняльне застосування двох типів електричного розряду: іскрового та дугового. В першому випадку буде реалізована теплова теорія запалювання Я. Б. Зельдовича, за якою можна встановити та регулювати енергію займання, та таким чином впливати на початковий режим вибухового горіння. У запропонованій схемі генерації іскрового розряду використовується індукційна схема яка створює іскровий розряд у момент розриву електричного ланцюга на іскрових контактах реле. Тепло, що виділяється за час індуктивної фази іскрового розряду, можна встановити за функціональною залежністю:

$$Q_{ip} = \eta U_{ip} \int_0^{t_{ip}} I_{ip}(t_{ip}) dt, \quad (1)$$

де U_{ip} – напруга індуктивної фази іскрового розряду, В.

Другий, дуговий тип електричного розряду, в роботі запропоновано реалізувати за електричною схемою наведеною на рисунку 1.

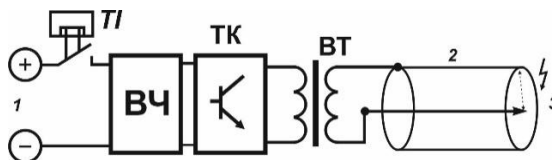


Рис.1. Принципова схема генератора імпульсу високочастотного дугового розряду:

1 – джерело живлення постійного струму; ТІ – таймер імпульсу живлення схеми;

ВЧ – генератор високочастотних коливань електроструму; ТК – транзисторний силовий ключ; ВТ – високочастотний трансформатор підвищення напруги;

2 – коаксіальний кабель передачі високовольтної напруги;

3 – розрядна високочастотна електрична дуга

Енергія імпульсу дугового електричного розряду в запропонованій схемі формується за рахунок обмеження часу живлення схеми таймером ТІ. Регулювання потужності дугового електричного розряду, в лабораторній установці, досягається за рахунок застосування декількох (від 1 до 3) джерел дугового електричного розряду.

Висновки. Запропоновані в роботі схеми ініціювання вибухового горіння різними типами електричного розряду дозволяє отримати відтворюваність вибухового імпульсу [3] за рахунок чіткого регулювання параметрів електричного розряду та дослідити закономірності впливу їх різних типів на ефект запалювання газоповітряної суміші. Результати дослідження дозволяють уточнити номенклатурний показник МЕЗ у ДСТУ 8829:2019.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 78 с.

2. Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. Combustion. Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. 4th Edition. Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. 388 p.
3. Zhiminga Q. U. Numerical study on shock wave propagation with obstacles during methane explosion. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 33. 2010. Pp. 114–118.

УДК 652.02

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Несевря П. І.¹, канд. техн. наук, доц., **Лагутчев Д. М.²**, аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua, ²lagutchev.dmytro@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний розвиток логістичної інфраструктури вимагає ефективних організаційно-технологічних рішень при проєктуванні та будівництві логістичних комплексів. Вибір оптимальної технології зведення конструктивних елементів (фундаментів, каркасів, огорожувальних конструкцій) визначає тривалість, собівартість і безпеку виконання робіт. Проблема ускладнюється багатокритеріальністю задачі: необхідно враховувати не лише технічні, а й економічні, екологічні та соціальні аспекти. У таких умовах традиційні методи прийняття рішень не завжди дають об'єктивний результат. Перспективним підходом є застосування методу аналізу ієрархій (АНР), який дозволяє структурувати задачу та здійснити комплексну оцінку альтернатив.

Мета дослідження. Метою є обґрунтування доцільності застосування методу аналізу ієрархій для вибору та оптимізації організаційно-технологічних рішень при будівництві логістичних комплексів в умовах обмежених ресурсів та високих вимог до якості й швидкості реалізації.

Результати дослідження. Застосування методу аналізу ієрархій (АНР) у сфері промислового та цивільного будівництва показало високу ефективність для систематизації складних рішень, що включають як технічні, так і організаційні аспекти. У процесі дослідження було виокремлено групи організаційно-технологічних факторів, які найбільш суттєво впливають на зведення логістичних комплексів: вибір технологій зведення металокаркасу, оптимізація монтажу огорожувальних конструкцій (сендвіч-панелі), логістика постачання будівельних матеріалів, використання механізмів і будівельної техніки, послідовність виконання робіт, а також рівень підготовленості робочої сили.

Метод АНР дозволив структурувати вказані фактори у вигляді багаторівневої ієрархії: на верхньому рівні – загальна мета (оптимізація будівництва), на середньому – критерії (час, вартість, якість, безпека, екологічність), а на нижньому – конкретні альтернативи рішень. Порівняння критеріїв у парних комбінаціях дало змогу кількісно оцінити відносну вагу кожного фактору.

У контексті будівництва логістичних комплексів АНР дає змогу:

- об'єктивно порівняти альтернативні технології виконання робіт за критеріями тривалості, трудомісткості та собівартості;
- врахувати додаткові чинники: щільність забудови, висотність будівлі, доступність техніки, логістичні витрати, рівень кваліфікації персоналу, екологічні обмеження;
- адаптувати методику до специфіки об'єкта, зокрема при виборі способів монтажу металокаркаса, улаштування фундаментів, зведення огорожувальних конструкцій.

Практичне застосування моделі АНР у будівництві логістичних комплексів дозволяє сформулювати рекомендації для керівників проєктів і підрядників щодо оптимізації календарних планів, зменшення ризиків затримок та раціонального використання ресурсів. Таким чином, метод аналізу ієрархій довів свою здатність виступати дієвим інструментом

прийняття управлінських рішень у будівництві, забезпечуючи баланс між економічними, технологічними та організаційними параметрами.

Висновки. Метод аналізу ієрархій є ефективним інструментом оптимізації організаційно-технологічних рішень при зведенні логістичних комплексів. Його застосування забезпечує можливість системного врахування економічних, технічних та часових факторів, що сприяє зменшенню тривалості будівельних процесів, оптимізації витрат і підвищенню рівня безпеки та якості виконання робіт.

В умовах післявоєнного відновлення інфраструктури України метод АНР набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє обґрунтовано розподіляти ресурси та приймати прозорі управлінські рішення. Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція АНР у сучасні цифрові системи управління будівельними проєктами, що забезпечить підвищення адаптивності організаційно-технологічних рішень до динамічних умов реалізації проєктів.

Використання методу АНР може стати не лише засобом підвищення ефективності будівництва логістичних комплексів, а й важливим інструментом стратегічного розвитку будівельної галузі України у довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York, 1980.
2. Saaty T. L., Vargas L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Springer Science & Business Media. 2012.
3. Ishizaka A., Labib A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice : Benefits and limitations. *OR Insight*. 2009. Vol. 22 (4). Pp. 201–220.
4. Vaidya O. S., Kumar S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*. 2006. Vol. 169 (1). Pp. 1–29.
5. Mitrofanov A. H., Klymenko O. Y. The Analytic Hierarchy Process in the Decision-Making System of a Construction Enterprise. *Bulletin of PSACEA*. 2021. № (1). Pp. 34–40.
6. Kuznetsova N. S. Application of the AHP Method for Justifying the Choice of Technologies in Construction. *Construction Production*. 2019. Vol. 101. Pp. 27–31.
7. Melnyk S. V., Honchar V. M. Decision-Making Modeling in the Field of Dismantling Damaged Building Structures. *Scientific Bulletin of Construction*. 2020. Vol. 98 (2). Pp. 75–82.

УДК 624

СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БАГАТОШАРОВОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ПАНЕЛІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПАНЕЛЕЙ У ПРОЦЕС ЗАПОВНЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН МОНОЛІТНО-КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

Несевря П. І.¹, канд. техн. наук, доц., Нечепуренко Д. С.², канд. техн. наук, доц.,
Даниленко І. О.³, аспір.

¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua, ²nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua,

³igor.danilenko.333@ukr.net

Постановка проблеми. При будівництві багатоповерхових монолітно-каркасних будівель, великі працевитрати припадають на спорудження не несучих зовнішніх стін. Зовнішні не несучі стіни можуть бути зведені з різних матеріалів, таких як: цегла, газоблок, керамоблок, тощо. При кладці даних матеріалів використовується ручна праця мулярів.

Мета дослідження. Технології 3D-друку знайшла застосування у будівельній галузі. Використовують дані технології у процесі створення малих архітектурних форм, окремих елементів будівель, у процесі друку приватних будинків. У останньому, будівельний 3D-принтер друкує нез'ємну опалубку, у порожнини якої заливають бетон або рідкі утеплюючі

матеріали, після застигання яких утворюється зовнішня стіна, що відповідає міцнісним та теплоізолюючим характеристикам [1].

Метою даної публікації є огляд можливостей використання способу виготовлення багатошарових будівельних панелей за технологією 3D-друку та використання панелей при зведенні зовнішніх не несучих стін багатоповерхових монолітно-каркасних будівель.

Результати дослідження. Однією з можливих варіантів заміни таких матеріалів як: цегла, газоблок, керамоблок, тощо, при заповненні зовнішніх стін монолітно-каркасних багатоповерхових будівель є заповнення будівельними багатошаровими панелями, що були попередньо надруковані стаціонарним 3D-принтером.

На спосіб виготовлення будівельної панелі був отриманий патент на корисну модель UA160519, заявка U 2025 01777.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу виготовлення багатошарової будівельної панелі за рахунок зниження енергоємності та матеріалоємності її виготовлення.

Поставлена задача вирішується тим, що в запропонованому способі виготовлення багатошарової будівельної панелі, що включає послідовне формування на піддоні форми зовнішнього шару, укладання теплоізоляційного матеріалу, армувальних сіток та формування внутрішнього шару, згідно з корисною моделлю, у внутрішньому та зовнішньому шарах панелі послідовно формують окремі шари будівельних сумішей з різними фізико-механічними властивостями за допомогою 3D-принтерів, при цьому будівельну суміш, яка виходить з насадки екструдера 3D-принтера, піддають вібраційній дії, а також кожний 3D-принтер формує шари з визначеним типом будівельної суміші.

Спосіб виготовлення запропонованої багатошарової панелі полягає в наступному. Виготовлення багатошарової панелі (рис. 1) починається з приготування будівельних сумішей з вихідних компонентів 1 у змішувачах 2 відповідно до заданих складу та якості. Далі кожний готовий тип суміші транспортуються за допомогою вантажопідйомної машини 23 та роздавальних бункерів 3 у приймальні бункери 11 3D-принтерів 4, 5, 6, 7. Далі відбувається послідовна робота 3D-принтерів 4, 5, 6, 7 по формуванню у заданій послідовності окремих шарів будівельних сумішей багатошарової панелі. Для цього кожен з цих 3D-принтерів за допомогою механізму повздовжнього пересування 20 та механізму пересування 21 вантажного візка 10 переміщується у зону розташування першої форми 24. Насадка 15 штангою 16 опускається в один із кутів форми 24 та встановлюється потрібна товщина укладання шару будівельної суміші. Після вмикання екструдера 12 та з початком виходу будівельної суміші з насадки 15 починається комбінація переміщень візка 10 та поперечних балок 8 по заданій програмі для формування визначеного шару по всій площині форми.

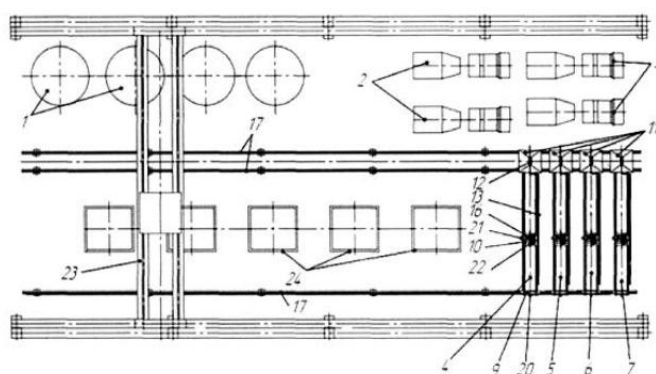


Рис.1. Схема виготовлення багатошарової панелі

Вібрація насадки 15 сприяє ущільненню суміші при її виході з неї та виключає використання металоємних вібраційних площадок (рис. 2.) Після закінчення формування шару 3D-принтер переміщується до другої форми та аналогічно в ній формує шар будівельної суміші. Далі ця операція повторюється для усіх наступних форм 24, що передбачені довжиною та площею технологічної лінії. Після закінчення формування принтер залишається на протилежній стороні технологічної лінії. У випадку, коли об'єм приймального бункера 11 3D-принтера не дозволяє повністю здійснити формування певного шару, він

повертається на вихідну позицію для завантаження наступної порції суміші та потім переміщується для завершення перервної операції. При необхідності укладання в багатошарову панель утеплювачів та арматурних сіток здійснюється ручним способом, що не потребує значних фізичних навантажень [2].

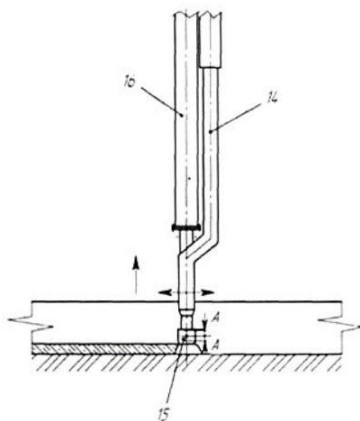


Рис. 2. Екструдер з вібраційною насадкою

Висновки. Запровадження запропонованого способу виготовлення багатошарової панелі дозволяє знизити енергоємність та матеріалоемність її формування шляхом виключення вібраційних площадок, забезпечити раціональну структуру шарів панелі, що відповідають умовам її експлуатації.

Список використаних джерел

1. Сайт інтернет-видання «Полтавщина». Використання 3D-друку в будівництві: можливості та перспективи. URL: <https://blog.poltava.to/atlant/16536/>
2. Спосіб виготовлення багатошарової будівельної панелі : патент 160519 Україна. Е04В 2/24 (2006.01). № u 2025 01777; заявл. 21.04.2025; опубл. 10.09.2025, Бюл. № 37.

УДК 624:620.9

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ БУДІВНИЦТВА МАЛОПОВЕРХОВИХ ЕНЕРГООЩАДНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Нечепуренко Д. С.¹, канд. техн. наук, доц., Варакута А. М.², магістр
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
1nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua, 21009-pcb.varakuta@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зростання вартості енергоносіїв, необхідність зменшення викидів CO₂ та масштабна відбудова житлового фонду України після руйнувань зумовлюють актуальність впровадження енергоефективних рішень у будівництві. Особливе місце посідають малоповерхові будинки, які становлять значну частку нового житлового фонду. Сучасні тенденції у будівництві передбачають не лише забезпечення комфортних умов проживання, але й мінімізацію витрат на експлуатацію житла. Малоповерхове будівництво вважається більш доступним для населення, а застосування енергоощадних технологій робить його ще й екологічно орієнтованим. У країнах ЄС вже тривалий час реалізується практика «пасивних будинків», що характеризуються надзвичайно низьким споживанням енергії.

Мета дослідження. Проаналізувати організаційно-технологічні рішення будівництва малоповерхових енергоощадних будинків, зокрема впровадження сучасних матеріалів, інноваційних інженерних систем, кластерних моделей організації та цифрових технологій. Визначити їх вплив на ефективність, тривалість та економічну доцільність будівництва, а також надати рекомендації щодо можливостей широкого застосування в Україні.

Результати дослідження. У сучасних умовах все більшого значення набувають кластерні підходи до організації інноваційних проєктів малоповерхового будівництва. Вони базуються на принципах екологічної сталості та «зеленого» будівництва, що відповідає актуальним викликам енергозбереження. Для України, яка має суттєвий розрив у рівні енергоспоживання порівняно з країнами ЄС, така модель є особливо актуальною. Інтеграція кластерних моделей у будівельні процеси забезпечує низку переваг: скорочення часу реалізації інноваційних рішень, покращення логістичних зв'язків і підвищення ефективності взаємодії між учасниками процесу. Застосування потокового методу організації робіт, що поєднує послідовні та паралельні процеси, сприяє зменшенню витрат і досягненню синергії всередині кластеру. Додатково важливою є роль технології Building Information Modeling (BIM), яка дозволяє більш ефективно управляти проєктами та оптимізувати витрати. Таким чином, поєднання кластерного підходу, потокової організації будівництва та цифрових інструментів формує основу сучасних організаційно-технологічних рішень у малоповерховому енергоефективному будівництві [1]. Організаційно-технологічні рішення у будівництві малоповерхових енергоощадних будинків включають не лише вибір сучасних матеріалів, але й раціональне планування процесу виконання робіт. Важливим є узгодження технологічної послідовності зведення огорожувальних конструкцій та монтажу інженерних систем для уникнення інфільтрації. Наприклад, для мінімізації тепловтрат, спричинених інфільтрацією холодного повітря або витоком теплого в холодну пору року, і навпаки – припливом теплого повітря або витоком охолодженого в теплий період року, всі внутрішні стики конструкцій, що захищають будівлі можуть бути обладнані вітрозахисною мембраною [2]. Варто зазначити, що впровадження енергоефективних рішень у малоповерховому будівництві забезпечує не лише екологічний ефект (скорочення викидів парникових газів, зменшення споживання енергоресурсів, зниження негативного впливу на здоров'я населення), але й низку важливих економічних переваг. До них належать зменшення витрат домогосподарств на комунальні платежі, оптимізація витрат енергетичних компаній на паливо, підвищення надійності енергопостачання та загальне зростання конкурентоспроможності економіки. Разом із тим дослідження показують, що розвиток відновлюваних джерел енергії, зокрема систем сонячних колекторів, в Україні стримується через їх високу вартість та обмежену поінформованість населення щодо можливостей і переваг таких технологій. Саме тому особливого значення набуває поширення інформації серед громадян та створення зрозумілих механізмів для впровадження енергоефективних технологій [3]. Протягом останніх десятиліть розвинені країни світу приділяють значну увагу екологічним проблемам. Щороку дедалі складніше компенсувати порушення глобальної екосистеми, що проявляються у вигляді природних і техногенних катастроф. У сфері малоповерхової житлової забудови важливим є впровадження інноваційних інженерних систем життєзабезпечення [4]. Зокрема, доцільним є використання локальних і автономних систем теплопостачання, а у віддалених чи важкодоступних районах України – також автономних систем електропостачання. Окрему увагу слід приділяти впровадженню відновлюваних джерел енергії.

Висновки. Організаційно-технологічні рішення у малоповерховому енергоефективному будівництві повинні поєднувати сучасні матеріали, раціональну послідовність виконання робіт, логістику постачання та цифрові інструменти управління. Перспективним напрямом є використання кластерних моделей організації будівельних процесів, потокового методу зведення, а також цифрових інструментів BIM-технологій, що забезпечує скорочення термінів будівництва, зниження витрат та підвищення ефективності управління. Дослідження підтверджує, що впровадження відновлюваних джерел енергії та інноваційних інженерних систем сприяє зменшенню споживання енергоресурсів, зниженню викидів парникових газів та формуванню екологічно безпечного житлового середовища. Таким чином, традиційних організаційних підходів з сучасними технологіями створює оптимальні умови для розвитку житлового фонду України відповідно до європейських стандартів і практик.

Список використаних джерел

1. Pohosov O., Skochko V., Solonnikov V., Kyrychenko M., Chepurna N. Passive individual residential building overview and concept for a continental temperate climate. *Architectural Studies*. 2024. Vol. 10 (2). Pp. 14–24. doi:10.56318/as/2.2024.14.
2. Perehinets I., Nazarenko I., Nesterenko M., Nesterenko T. Organizational and technological aspects of applying ecological criteria in innovative low-rise construction. *Academic Journal Industrial Machine Building Civil Engineering*. 2022. № 2 (59). Pp. 11–16. URL: <https://doi.org/10.26906/znp.2022.59.3094>
3. Pimonenko Tetyana, Lyulyova Lilia and Us Yana. Energy-efficient house : economic, ecological and social justification in Ukrainian conditions. *Environmental Economics*. 2017. № 8 (4). Pp. 53–61. doi:10.21511/ee.08(4).2017.07.
4. Савицька О. С., Румілець Т. С., Богданова В. О. Малоповерхова забудова як засіб досягнення сталого розвитку. 2020. doi:10.31650/2707-403X-2020-14-41-47.

УДК 691:624.01:698

ЗАХИСТ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ : КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Нікіфорова Т. Д.¹, докт. техн. наук, проф., Вертелецький О. О.², аспір.^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹t.d.nikiforova@ust.edu.ua, ²verteleckiy.alexandr@gmail.com

Вступ. Повномасштабне вторгнення в Україну у 2022 році виявило критичну неспроможність існуючої системи цивільного захисту забезпечити належний рівень безпеки населення. Однією з особливостей цієї війни стала значна кількість загиблих і поранених серед мирних громадян у перші місяці бойових дій. Серед головних чинників: невідповідність законодавства та будівельних норм сучасним викликам, обмежена кількість захисних споруд, їх незадовільний технічний стан, недоступність для маломобільних груп населення.

Масовані атаки на енергетичну інфраструктуру призводили до тривалих відключень електроенергії, що зумовлювало припинення роботи ліфтів у багатоповерхових будинках. Це унеможливило своєчасну евакуацію людей похилого віку, вагітних жінок та осіб з інвалідністю, які залишалися у власних квартирах під час обстрілів. Додатковою загрозою стала рекомендація влади використовувати підвали житлових будинків як укриття, які у більшості випадків не відповідали конструктивним вимогам.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є узагальнення досвіду війни в Україні та аналіз конструктивних і нормативних рішень, які можуть забезпечити ефективний захист цивільного населення.

Основні завдання:

- виявлення недоліків чинної нормативної бази у сфері цивільного захисту;
- аналіз можливостей переобладнання наявних будівельних конструкцій під укриття;
- обґрунтування доцільності застосування сучасних інженерних рішень (зокрема габіонних конструкцій);
- формування концепції багаторівневої системи укриттів – від побутових до родинних і муніципальних сховищ.

Основна частина.**1. Проблеми існуючої системи цивільного захисту.**

Стаття 32 Кодексу цивільного захисту України визначає види споруд для тимчасового укриття: сховища, протирадіаційні укриття, найпростіші укриття (підвальне і цокольне приміщення). Однак більшість найпростіших укриттів не відповідають вимогам щодо

захисту від уламків і ударної хвилі. Значна кількість панельних житлових будинків взагалі не має підвальних приміщень, що робить їх особливо вразливими [5].

2. Конструктивні рішення з підвищення безпеки населення.

Громадська організація «РЕНЕСАНС» запропонувала низку рішень для швидкої адаптації існуючих будівель під укриття:

- підсилення перекриттів підвалів монолітною залізобетонною оболонкою або сталевим каркасом (рис. 1);
- укріплення прорізів у зовнішніх стінах, що не використовуються як входи і виходи;
- облаштування периметра будівель бар’єрними конструкціями з габіонів (конструкція з металевої сітки наповненої сипучим матеріалом) (рис. 2, 3);
- створення додаткових аварійних виходів за межі зони можливого обвалення;
- відокремлення комунікацій у захисних футлярах для запобігання аваріям.

Габіони є ефективним засобом підвищення рівня безпеки: вони знижують вплив вибухової хвилі, можуть монтуватися силами мешканців без спеціальної техніки та в мирний час виконують декоративну функцію [6; 9].



а)



б)

Рис. 1. Підсилення перекриття підвалу: а) сталевий каркас [1];
б) монолітна оболонка [2]



Рис. 2 Бар’єр з габіонів [3]



Рис. 3 Конструкція габіона [4]

3. Багаторівнева система укриттів.

З огляду на досвід війни, запропонована концепція багаторівневої системи захисту:

- побутові укриття (ліфтові холи, комори, приміщення між несучими стінами), які забезпечують мінімальний захист безпосередньо на поверхнях будинків;
- підвальні укриття у житлових, навчальних та адміністративних будівлях, обладнані герметичними дверима, санітарними вузлами, системами водопостачання;

- родинні сховища – автономні блоки під паркінгами чи прибудинковими територіями, які забезпечують комфортне перебування однієї сім’ї;
- колективні та муніципальні сховища – укриття для кількох родин або соціально незахищених груп населення [7, 8].

Висновки.

1. Існуюча нормативна база у сфері цивільного захисту не враховує сучасних умов війни та потреб маломобільних груп населення.
2. Створення багаторівневої системи укриттів дозволить забезпечити доступність захисту для різних категорій громадян.
3. Економічно доцільнішим є переобладнання наявних підвальних приміщень і конструктивне підсилення будівель, ніж зведення нових споруд.
4. Використання габіонних конструкцій є простим і швидким способом підвищення захисних властивостей найпростіших укриттів.
5. Післявоєнне відновлення має передбачати інтеграцію укриттів у структуру житлових і громадських будівель, як обов’язковий елемент безпеки.

Перспективи подальших досліджень.

- Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на:
- удосконалення нормативної бази щодо проектування укриттів у житловій забудові;
 - розробку типових конструктивних рішень для різних типів будинків (панельні, монолітні, цегляні) та технологій модульного будівництва;
 - вивчення інноваційних матеріалів (фібробетон, композити, енергоабсорбуючі конструкції) для укріплення захисних споруд;
 - створення моделей багаторівневої інтегрованої системи укриттів у межах кварталів і житлових районів.

Список використаних джерел

1. [Електронний ресурс]. URL: <https://remdesign.info7306-posylennia-plyt-perekryttia-chomu-tse-vazhlyvo.html>
2. [Електронний ресурс]. URL: https://buduemo.com/ua/news/insulation_materials/korotkij-ogljad-materialiv-dlja-gidroizoljacii-pidvaliv.html
3. [Електронний ресурс]. URL: <https://kambuz.org.ua/gabiony-vijskovi-nadijnyj-zahyst-i-ukriplennya-dlya-bud-yakyh-zavdan>
4. [Електронний ресурс]. URL: <https://goff.com.ua>
5. Кодекс цивільного захисту України. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
6. Жидкова Т. В., Глеба В. Ю., Гнатюк Л. Р., Жлобницький А. В., Приймаченко О. В. Пристосування підвальних приміщень будинків під укриття для цивільного населення. *Onip матеріалів і теорія споруд. Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. С. 483–495. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.483-495.
7. Жидкова Т. В., Глеба В. Ю., Чепурна С. М. Особливості функціонального зонування приміщень сховища групи житлових будинків. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2023. Вип. 27. С.42–48. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.27.5>
8. Жидкова Т. В. Безпечні ділянки на поверсі житлових будинків. *Теорія та практика дизайну. Архітектура та будівництво*. 2023. Вип. 29–30. С. 55–62. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.6>
9. Жидкова Т. В. Габіони як елемент ландшафтного дизайну прибудинкових територій. *Теорія та практика дизайну. Архітектура та будівництво*. 2023. Вип. 28. С. 237–244.

УДК 624.012.07.046.2

КОЕФІЦІЄНТ ПОВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОПОРУ БЕТОНУ СТИСНУТОЇ ЗОНИ КОСО СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Павліков А. М.¹, докт. техн. наук, проф., Гарькава О. В.², канд. техн. наук, доц.
^{1,2}Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹am.pavlikov@gmail.com, ²olga-boiko@ukr.net

Постановка проблеми. Моделювання роботи залізобетонних елементів у граничному стані опирається на поняття критерію їх міцності. Під поняттям міцності конструкції або конструкційної міцності мається на увазі здатність конструкції чинити опір руйнуванню, котра не залежить від способу прикладання навантаження. На відміну від несучої здатності, котра характеризується навантаженням на конструкцію, перевищення якого приводить до необмежених пластичних деформацій, міцність є характеристикою конструкції.

Для залізобетонних елементів критерієм міцності є досягнення розрахункових граничних значень деформацій бетону в найбільш стиснутій фібрі перерізу. При неоднорідному деформуванні косо стиснутих залізобетонних елементів за умови прикладання навантаження з малими ексцентриситетами, тобто таких, у яких в момент руйнування напруження в арматурі розтягнутої зони не досягають межі текучості, названі значення деформацій будуть перевищувати значення, визначені в [1] за умови $\sigma_s = f_{yd}$. Застосування для такого випадку деформування залізобетонних елементів екстремального критерію міцності [1] не дозволяє отримати аналітичного розв'язку.

Мета дослідження. Визначити аналітично розрахункові граничні значення деформацій бетону в найбільш стиснутій фібрі перерізу косо стиснутих залізобетонних елементів за умови роботи арматури в пружній стадії шляхом впровадження коефіцієнта повного використання опору бетону стиснутої зони [2].

Результати дослідження. Оскільки в граничному стані косо стиснутого елемента напруження в розтягнутій арматурі зростають при її роботі пружній стадії, відповідно рівнодійна зусиль в арматурі також збільшується, тому для її врівноважування рівнодійна в стиснутій зоні перерізу також буде зростати за рахунок наповнення епюри напружень та більш інтенсивного деформування найбільш стиснутих волокон бетону. В певний момент це наповнення досягне свого максимуму, що буде відповідати найбільшому значенню рівнодійної зусиль в бетоні стиснутої зони. В цей момент відбудеться руйнування елемента як такого, в якому вичерпані міцнісні та деформативні якості стиснутої зони бетону.

Критерієм міцності в такому випадку в розрахунках може слугувати критерій повного використання опору бетону стиснутої зони залізобетонного елемента. Він за своєю фізичною сутністю є критерієм руйнування бетону стиснутої зони при максимальному значенні зусилля N_c , тобто при максимальному наповненні епюри напружень стиску. Визначення критерію реалізується шляхом дослідження функції $N_c = f(\varepsilon_{c(1)})$, на екстремум, що також може бути еквівалентно дослідженню функції коефіцієнта ω_1 повноти епюри напружень стиску в бетоні стиснутої зони у вигляді умов:

$$\omega_1(\varepsilon_{co}) = \max \omega_1(\varepsilon_{c(1)}) \quad (1)$$

або

$$\omega_1(\eta_o) = \max \omega_1(\eta_{(1)}), \quad (2)$$

де розрахункове граничне значення деформації бетону на стиск (або її рівень) ε_{co} ($\eta_o = \varepsilon_{co} / \varepsilon_{c1,cd}$) перевищує значення деформацій ε_{cu} ($\eta_u = \varepsilon_{cu} / \varepsilon_{c1,cd}$), що відповідають екстремальному критерію міцності даного перерізу при сталому значенні напружень текучості в арматурі [1].

Застосування критерію (1) – (2) є прийнятним за умови, що відповідні деформації ε_s розтягнутої арматури в перерізі залізобетонного елемента знаходяться на визначеному проміжку її деформацій $0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{so}$, що відповідає пружній роботі арматури.

Із викладеного випливає, що, використовуючи критерій (2), залежність для визначення невідомої величини ε_{co} (η_o), можна отримати шляхом диференціювання функції $\omega = f(\eta_{c(1)}, \dots)$,

поклавши в основу шуканої залежності – критерій повного використання опору стиснутої зони бетону при умові, що напруження в розташованій у перерізі розтягнутій арматурі зростають, а також урахувуючи той факт, що висота x стиснутої зони бетону прийматиме цілком обумовлені значення.

Опираючись на запропонований критерій, для визначення значень $\varepsilon_{co}(\eta_o)$ застосована умова:

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial \eta_{(1)}} = 0. \quad (3)$$

Розв’язком рівняння (3) є залежність, котра подібно до роботи [1] дозволяє визначати граничні деформації бетону залежно від коефіцієнта k фізико-механічних властивостей бетону:

$$\eta_o = \frac{e^\lambda - 1}{k - 2}, \quad k \neq 2, \quad (4)$$

де λ – корінь характеристичного рівняння:

$$e^\lambda (2k(k-2)(\lambda-1) + 2\lambda - 3) - e^{3\lambda} + 2e^{2\lambda} + 2k(k-2) + 2 = 0. \quad (5)$$

Для значення $k = 2$

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial \eta_{(1)}} = \frac{2 - \eta_{(1)}}{3}. \quad (6)$$

Представивши (6) у вигляді рівняння за (3), отримуємо $\eta_o = 2,0$.

Результати дослідження виразу (3) у вигляді функції $\omega_1 = f(\eta_{c(1)}, \dots)$ на екстремум дозволяють побудувати діаграму граничних значень рівнів фібрових деформацій бетону трикутної стиснутої зони косо стиснутих залізобетонних елементів у момент досягнення епюрою напружень в бетоні стиснутої зони максимального наповнення. Отриману діаграму можна використовувати у розрахунках несучої здатності таких елементів.

Висновки. Таким чином, набула подальшого розвитку нелінійна модель напружено-деформованого стану косо стиснутих залізобетонних елементів у напрямі впровадження критерію максимальної міцності бетону стиснутої зони, котрий дозволяє повною мірою оцінювати міцність косо стиснутих залізобетонних колон з урахуванням особливостей фізико-механічних характеристик бетону як псевдопластичного матеріалу у випадках роботи розтягнутої арматури в пружній стадії або при використанні високоміцної арматури. Із застосуванням критерію максимальної міцності бетону стиснутої зони залізобетонного елемента аналітично визначаються фіброві відносні деформації бетону в складі косо стиснутих елементів у граничному стані при трикутній формі стиснутої зони бетону за умови, що деформації розтягнутої арматури знаходяться на визначеному проміжку, котрий відповідає пружній роботі арматури.

Список використаних джерел

1. Pavlikov A. & Harkava O. Structural deformability of concrete. *Concrete Structures for Resilient Society : Proc. of the fib Symposium*. 2020. Рр. 449–455.
2. Павліков А. М., Гарькава О. В. Гранична деформативність бетону в згинальних переармованих елементах. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2023. Вип. 19. С. 124–134. URL: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-8\(19\)-15](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-8(19)-15)

УДК 72.01

ПРИЙОМИ ТА ЗАСОБИ СУЧАСНОГО ДИЗАЙНУ ВНУТРІШНЬОГО ПРОСТОРУ ПІДЗЕМНИХ ПРИМІЩЕНЬ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Павленко Т. О.¹, канд. арх., доц., Литвиненко Т. П.², канд. техн. наук, проф.,
Зубричев О. С.³, студ.

^{1,3}НУ «Запорізька політехніка»,

²НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка»

¹tanya.mukha.85@gmail.com, ²litta2510@gmail.com, ³woodlook92@ukr.net

Постановка проблеми. Забезпечення безбар'єрності громадських будівель для всіх громадян, незалежно від їхніх фізичних можливостей, є актуальним завданням сьогодення. Зокрема простір підземних приміщень наразі потребує особливої уваги з боку архітекторів, будівельників та дизайнерів. Використання засобів дизайну у внутрішньому просторі може значно полегшити навігацію та забезпечити комфортне перебування для людей з різними потребами. В умовах війни, де ризики та загрози можуть бути постійними, правильний вибір архітектурних та дизайнерських прийомів може визначати чітку розпізнаваність просторів та вирішувати завдання безпеки.

Мета дослідження. Основною метою даної наукової роботи є визначення основних прийомів та засобів дизайну та їх особливостей щодо організації внутрішнього простору підземних приміщень громадських будівель в сучасних умовах.

Результати дослідження. Гармонізація внутрішнього простору підземних приміщень громадських будівель в першу чергу орієнтоване на вразливі групи населення (МГН зокрема) і передбачає використання ряду прийомів для полегшення орієнтації, розрізнення об'єктів та забезпечення комфорту у визначенні різних зон приміщення. Серед основних прийомів визначено: прийом використання контрастних кольорів; прийом використання системи кольорового кодування; прийом використання шрифту Брайля та тактильних елементів; прийом застосування світлових сигналів; прийом використання нейтральних кольорів для підлоги та стін; прийом використання аудіовізуальних сигналів; прийом забезпечення інформативності на дотик; прийом кольорових індикаторів дверей та входної зони; прийом кольорового позначення елементів інфраструктури; прийом імітації надземних приміщень.

Відповідно кожен прийом забезпечується використанням наступних засобів дизайну внутрішнього простору підземних приміщень громадських будівель (табл. 1)

Таблиця 1

Основні прийоми та засоби дизайну внутрішнього простору
підземних приміщень громадських будівель

№ з/п	Найменування прийому	Найменування засобу	Примітка
1	2	3	4
1	Прийом використання контрастних кольорів	Контрастна стрічка	*
		Контрастне фарбування поверхонь	
2	Прийом використання системи кольорового кодування	Контрастна стрічка	*
		Контрастне фарбування поверхонь	
3	Прийом використання шрифту Брайля та тактильних елементів	Мнемосхеми	
		Таблички зі шрифтом Брайля	
4	Прийом застосування світлових сигналів	Світлові сигнали	
		Світлові індикатори для позначення важливих областей або напрямків руху	

5	Прийом використання нейтральних кольорів для підлоги та стін	Нейтральне фарбування підлоги	Важливо для психологічного комфорту: Підлога повинна бути контрастніша за стіни Стіни повинні бути контрастніші за стелю
		Нейтральне фарбування стін	
6	Прийом використання аудіовізуальних сигналів	Аудіопоказчики	
		Візуальні показчики	
7	Прийом забезпечення інформативності на дотик	Тактильні поверхні	
8	Прийом кольорових індикаторів дверей та входної зони	Кольорове фарбування	
1	2	3	4
9	Прийом кольорового позначення основних елементів приміщень	Кольорове фарбування	*
		Візуальні показчики	
10	Прийом імітації надземних приміщень	Імітація вікна	
		Імітація зашкленених оранжерей	
		Фотошпалери природних сюжетів	
		LED-екрани	
		Фітоелементи на штучному освітленні	

**В ході опитування було визначено, що саме різниця контрастності від 30 % до 50 % за шкалою ахроматичних тонів сприймається як сприятливе середовище для комфортного та безпечного знаходження та маршруту пересування [1].*

Висновки. Для подальшого розвитку внутрішнього простору підземних приміщень громадських будівель рекомендується враховувати потреби спільноти та використовувати новітні методики дослідження. Інтеграція тактильних та звукових індикаторів, розробка мультимодальних систем інформації та застосування технологічних інновацій є важливими елементами підвищення ефективності сучасного дизайну.

Список використаних джерел

1. Lytvynenko T., Pavlenko T., Rudenko L. Inclusive Techniques of Color Harmonization of the Interior Space of Public Buildings. *Architectural Bulletin of KNUCA*. 2024. № 29. Pp. 11–17. URL: <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2024.29.11-17> (date of access: 27.09.2025).

УДК 624.155.152

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ І ФУНДАМЕНТІВ-ОБОЛОНОК

Пантелесенко В. І.¹, канд. техн. наук, доц., **Голубченко О. І.²**, канд. техн. наук, доц.,
Червоноштан А. Л.³, інж.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹vladmaestro2017@gmail.com, ²holubchenko.oleksandr@pdaba.edu.ua,

³andrew.chervonoshtan@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні технології будівництва потребують ефективних засобів для виконання нульового циклу робіт, зокрема під час зведення фундаментів із паль та фундаментів-оболонок [1; 2]. Використання фундаментів-оболонок дозволяє значно зменшити потребу в земельних роботах та знизити використання бетону, а також зменшити потребу металу, що поряд із високою економічною ефективністю суттєво зменшується обсяг ручної праці [3]. Одним із ключових напрямів удосконалення є розробка спеціалізованого обладнання для занурення елементів у ґрунт, яке забезпечує високу надійність, економічність і технологічну ефективність. Тому, дослідження спрямовані на подальше удосконалення та створення обладнання для занурення паль і фундаментів-оболонок, є актуальними.

Мета дослідження. Полягає у дослідженні процесу занурення будівельних елементів у ґрунт у польових умовах та у розробленні методичних підходів до визначення основних параметрів обладнання для занурення паль і фундаментів-оболонок в ґрунт.

Результати дослідження. Обладнання для занурення паль і фундаментів-оболонок в ґрунт складається з наголовника з опорною плитою та щогли (рис. 1, а). Підіймання наголовника з опорною плитою та запірним сердечником із конусоподібною насадкою здійснюється завдяки закріпленню до троса підйомної лебідки. На рисунку 1, б проілюстровано обладнання, призначене для втрамбування жорсткого матеріалу в основу оболонки.

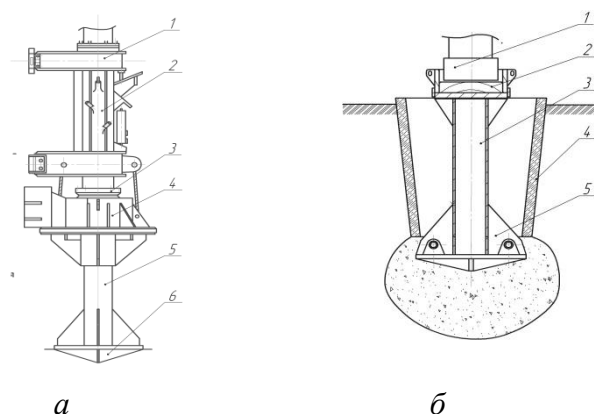


Рис. 1. Обладнання для занурення паль і фундаментів-оболонок:

а) обладнання для занурення: 1 – кронштейни кріплення дизель-молота;

2 – дизель-молот; 3 – шабот; 4 – наголовник; 5 – сердечник;

б – конусоподібна насадка; б) обладнання для трамбування: 1 – дизель-молот;
2 – амортизатор; 3 – лідер; 4 – занурюємий елемент; 5 – конусоподібна насадка

Для занурення фундаментів-оболонок доцільним є використання копрового обладнання на базі екскаваторів чи кранів [1; 4]. Низький питомий тиск, який передається цим обладнанням на ґрунт, дає змогу виконувати забивання блоків навіть на майданчиках із підвищеною вологістю поверхні. У разі виконання розосереджених робіт раціонально застосовувати обладнання на базі автомобілів.

У системі ВАТ «Дніпробудмеханізація» були проведені випробування нового обладнання та дослідження процесу занурення оболонок типу ФК і ФКЦ у ґрунт під час зведення об’єктів у м. Вільногірськ і м. Дніпро.

Для занурення зазначених оболонок і пустотілих блоків молоти підбиралися за існуючою методикою із застосуванням результатів експериментальних досліджень у польових умовах [4].

Застосовність елементів, що занурюються, та відповідних молотів оцінюється за співвідношенням маси ударної частини молота до маси елемента (оболонки або комплексу для її забивання). При цьому енергія удару має бути достатньо великою, аби забезпечити гарантоване занурення оболонки до проєктної відмітки, водночас кількість ударів повинна бути значно меншою за гранично допустиму з огляду на ударну міцність оболонки. Також напруження, що виникає в оболонці від одного удару, не повинно перевищувати динамічну міцність бетону.

Для цих цілей було застосовано трубчастий дизель-молот СП-47 із масою ударної частини 2500 кг, а також навісний копер на базі гусеничного крана МКГ-25БР. Під час експериментів використовувався також дизель-молот УР-500 із масою ударної частини 500 кг, перевагою якого є компактність та невелика вага, що полегшує практичну експлуатацію.

Польові дослідження довели, що під час забивання фундаментів-оболонок із площею нижньої основи до 1,5 м² ефективними є дизельні молоти з масою ударної частини 25...60 кН та енергією удару 100...600 кДж.

Висновки. У результаті експериментів на будівельному майданчику встановлено, що оптимальна енергія ударів молота при зануренні оболонок у маловологі суглинки становить 90...130 кДж.

Отримані результати свідчать, що для підвищення ефективності забивання оболонок енергія одиночного удару має бути збільшена у 2...3 рази порівняно з енергією, необхідною для занурення паль.

Список використаних джерел

1. Зоценко М. Л., Винников Ю. Л. Фундаменти, що споруджуються без виймання ґрунту : монографія. Полтава : ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2019. 346 с.
2. Panteleienko V. I., Karpyshyn S. O. Machines and equipment for the arrangement of recess for foundations of quickly installed technological mining facilities without digging : monograph. Petrosani, Romania : UNIVERSITAS Publishing, 2022. 63 p.
3. Пантелєєнко В. І., Голубченко О. І., Карпушин С. О., Червоноштан А. Л. Дослідження процесу занурення у ґрунт конічних бетонних блоків при спорудженні будівель. *Науковий вісник будівництва*. Вип. 111. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 97–104.
4. Хмара Л. А., Пантелєєнко В. И., Малич М. Г. Машины для погружения свай, фундаментов-оболочек и устройства углублений без выемки грунта : монография. Павлоград: ТОВ «ІМА-прес», 2017. 205 с.

УДК 658.562:69

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ФІЗИЧНИХ ТА ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В КАРКАСНО-МОНОЛІТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Пахомов М. В.¹, аспір., Заяць Є. І.², докт. техн. наук, проф.,

Косолапов А. Ф.³, канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

³Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

¹maximPGS@gmail.com, ²zei83dici@gmail.com, ³lapa4509@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасному каркасно-монолітному будівництві контроль якості будівельних матеріалів та конструкцій є критично важливим для забезпечення довговічності, безпеки та відповідності нормативним вимогам. Технічний нагляд за будівництвом як і робота підрядника відіграє ключову роль у забезпеченні якості будівельно-монтажних робіт.

Протягом минулих років контроль якості будівельних конструкцій інженер технічного нагляду виконував, базуючись на фізичних методах випробувань і візуальному огляді з використанням механічних приладів та локальних вимірювань у визначені моменти часу. Однак з розвитком будівельних технологій і зростанням вимог до надійності споруд доцільним є вдосконалення організації технічного нагляду з акцентом на оперативність та безперервне спостереження в режимі реального часу.

Поєднання усталених фізичних методів з інноваційними цифровими технологіями відкриває нові можливості для підвищення ефективності технічного нагляду, точності контролю, швидкості виявлення дефектів та створення комплексних систем управління якістю будівництва.

Мета дослідження. Дослідити ефективність комплексного застосування фізичних та цифрових інструментів для контролю якості в каркасно-монолітному будівництві та надати рекомендації щодо їх впровадження в систему технічного нагляду.

Основні завдання дослідження включають:

- систематизацію існуючих фізичних методів контролю якості залізобетонних конструкцій;
- аналіз можливостей застосування сучасних цифрових технологій для підвищення ефективності контролю якості;
- оцінку перспектив поєднання методів, що використовуються та інноваційних підходів контролю в єдину систему управління якістю.

Результати дослідження. Дослідження базується на аналізі існуючих фізичних інструментів контролю якості, що використовуються та сучасних цифрових технологій, що застосовуються або мають потенціал для використання в каркасно-монолітному будівництві.

Фізичні методи контролю.

- Контроль якості бетону: молоток Кашкарова, ультразвуковий метод, метод відриву зі сколюванням, склерометр (молоток Шміда);
- випробування арматури: метод розриву для оцінки міцності й відповідності нормам;
- рентгеноскопія арматурної ванної зварки для виявлення внутрішніх дефектів з'єднань без їх руйнування;
- геодезичний контроль: використання приладів для перевірки положення елементів, визначення відхилень і деформацій у просторових площинах.

Цифрові технології.

–Building Information Modeling (BIM) забезпечує моделювання, візуалізацію та управління життєвим циклом об'єктів. BIM є ключовою платформою цивільного будівництва, що поєднує планування, координацію та моніторинг [1].

–Structural Health Monitoring (SHM) – технологія безперервного контролю стану конструкцій через сенсори та цифровий аналіз даних [2].

–Інтернет речей (IoT) для створення сенсорних мереж. Такі мережі забезпечують збір даних у реальному часі та інтеграцію з хмарними платформами для моніторингу стану конструкцій [3].

–Цифрові двійники (Digital Twins) для віртуального моделювання об'єктів. Вони дозволяють оперативно оновлювати цифрове представлення конструкцій, діагностувати пошкодження та оптимізувати технічне обслуговування [4].

Методологія дослідження базується на порівняльному аналізі фізичних та цифрових методів контролю якості. Фізичні інструменти забезпечують високу точність локальних вимірювань і спираються на нормативну базу, проте їх обмежує точковість, трудомісткість і відсутність моніторингу в реальному часі. Цифрові технології (BIM, SHM, IoT, цифрові двійники) долають ці недоліки, надаючи можливість безперервного спостереження, автоматизованого збору даних та прогнозування ризиків.

Поєднання обох методів формує певну синергію: фізичні методи уточнюють результати цифрових систем, а цифрові технології визначають зони для прицільних перевірок. Така взаємодія не лише об'єднує переваги, а й багаторазово підвищує ефективність контролю, створюючи передумови для формування комплексної системи управління якістю в каркасно-монолітному будівництві.

Висновки. Найефективніший контроль якості в каркасно-монолітному будівництві забезпечує поєднання фізичних і цифрових методів. Фізичні інструменти дають точні локальні вимірювання і залишаються незамінними для діагностики, тоді як цифрові технології забезпечують безперервний моніторинг, автоматизацію та прогнозування ризиків. Для їх ефективного впровадження потрібні оновлені норми, стандартизація, підготовка кадрів та інвестиції.

Таке поєднання дозволяє підвищити якість будівництва, зменшити ризики появи дефектів і створити сучасну інтегровану систему контролю якості. Результати дослідження можуть стати основою для розробки методичних рекомендацій і вдосконалення технагляду в Україні.

Список використаних джерел

1. Li Yaning, Li Yongchang, Ding Z. Building Information Modeling Applications in Civil Infrastructure : a Bibliometric Analysis from 2020 to 2024. *Buildings*. 2024. Vol. 14. Article 3431. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings14113431>
2. Zinno R., O'Brien E. J. State-of-the-Art Structural Health Monitoring in Civil Engineering. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13 (21). Article 11609. DOI: 10.3390/app132111609.
3. Bhatta S., Dang J. Use of IoT for structural health monitoring of civil engineering structures: a state-of-the-art review. *Discover Internet of Things*. 2024. Vol. 4. Article № 31. DOI: 10.1007/s44285-024-00031-2.
4. Torzoni M., Tezzele M., Mariani S., Manzoni A., Willcox K. E. A digital twin framework for civil engineering structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. Vol. 418. Art. 116584. 2024. DOI 10.1016/j.cma.2023.116584.

УДК 69:378

ПРАКТИЧНА НАПРАВЛЕНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ BIM-МОДЕЛЕЙ У ПІДГОТОВЦІ ГРАНТОВОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ THE BRIDGE

Перегінець І. І., канд. техн. наук,
директор НТЦ Академії будівництва України, м. Київ
ivan.pereginets@gmail.com

Постановка проблеми. Цифрова трансформація будівельної галузі є одним із ключових напрямів розвитку сучасної економіки та освіти. Технології інформаційного моделювання будівель (BIM) дедалі більше стають стандартом у сфері архітектури, будівництва та експлуатації об'єктів, формуючи нові вимоги до кваліфікації фахівців [1]. У цьому контексті особливого значення набуває інтеграція BIM у систему підготовки магістрів, орієнтованих на міжнародну співпрацю та реалізацію грантових проєктів.

Мета дослідження. Визначення ролі та практичної спрямованості застосування BIM-моделей у магістерській підготовці в рамках міжнародної грантової програми The Bridge, а також аналіз функцій Академії будівництва України як експертного партнера у забезпеченні наукової та освітньої якості програми.

Результати дослідження. Освітня програма The Bridge об'єднує університети України, Словаччини, Польщі, Німеччини та Італії у спільній платформі підготовки фахівців нового покоління. Важливу роль у програмі виконує Академія будівництва України, яка забезпечує експертний супровід, адаптацію навчальних програм до сучасних викликів ринку, інтеграцію міжнародних стандартів і розвиток практико-орієнтованої підготовки магістрів.

Практична спрямованість програми полягає у використанні BIM-моделей у навчальному процесі. Як показують дослідження, впровадження BIM у вищій школі сприяє формуванню нових компетенцій студентів, забезпечує гнучкість навчання та підвищує рівень готовності випускників до професійної діяльності [1; 2]. Студенти опановують не лише теоретичні основи цифрового проектування, але й здобувають досвід роботи з реальними кейсами, зокрема у рамках грантових програм ЄС (Horizon Europe, Erasmus+). Передбачено формування мультидисциплінарних міжнародних команд, де поєднується досвід архітекторів, інженерів, економістів, екологів та управлінців. Робота з BIM-моделями забезпечує прозорість рішень, контроль якості даних, зниження ризиків проектних помилок і формує компетентності, що відповідають вимогам сучасного ринку [3]. Особливий акцент зроблено на орієнтації BIM-моделювання на завдання сталого розвитку. Студенти навчаються оцінювати енергоефективність, прогнозувати вуглецевий слід, аналізувати життєвий цикл будівель (LCA/LCC), а також застосовувати міжнародні системи сертифікації (DGNB, LEED, BREEAM). Це створює підґрунтя для магістерських досліджень, які мають практичне значення для міжнародних інвестиційних проектів та процесу відбудови України за європейськими принципами «зеленого курсу» (EU Green Deal) [4; 5].

Висновки. 1. Практична спрямованість застосування BIM-моделей у програмі The Bridge визначається поєднанням сучасних цифрових компетенцій студентів, інтеграцією освіти з міжнародними грантовими ініціативами та залученням Академії будівництва України як експертного гаранта якості.

2. Підготовка нового покоління магістрів направлена на забезпечення цифрової модернізації та сталий розвиток будівельної галузі України в європейському контексті.

Список використаних джерел

1. Wang L., Huang M., Zhang X., Jin R., Yang T. A Review of BIM Adoption in the Higher Education of AEC Disciplines. *Journal of Civil Engineering Education*. 2020. Vol. 146 (3). URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000018](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000018)
2. Ahankoob A., Abbasnejad B., Aranda-Mena G. Building Information Modelling (BIM) Acceptance and Learning Experiences in Undergraduate Construction Education : a Technology Acceptance Model (TAM) Perspective – an Australian Case Study. *Buildings*. 2025. Vol. 15 (11). P. 1804. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings15111804>
3. Trach O., Pawluk K., Lendo-Siwicka M. The assessment of the effect of BIM and IPD on construction projects in Ukraine. *International Journal of Construction Management*. 2022. Vol. 22 (10). Pp. 1844–1851. URL: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1742636>
4. Demian P., Hassan T. M., Kalmykov O., Demianenko I., Makarov R. BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*. 2024. Vol. 14 (11). P. 3495. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings14113495>
5. Hudyma L. O. BIM-Technologies in Construction : Modern Challenges for Ukraine. *Business Inform*. 2024. № 2 (553). Pp. 97–104. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-97-104>

УДК 624.1:004.94

ТРИВИМІРНЕ СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Петренко І. О.¹, асист., Прибытько І. О.², канд. техн. наук, доц.,
Ганєєв Т. Р.³, канд. техн. наук, доц., Корзаченко М. М.⁴, канд. техн. наук

¹⁻⁴Національний університет «Чернігівська політехніка»

¹igor.petrenko0511@stu.cn.ua, ²iryna.prybytko@stu.cn.ua,

³t.ganeev@stu.cn.ua, ⁴korzachenko_87@stu.cn.ua

Постановка проблеми. Обстеження підвальних комплексів будівель та споруд пов'язане з низкою труднощів [1]. У таких приміщеннях зазвичай зосереджено велику кількість інженерних систем (водопостачання, каналізація, теплопостачання, вентиляція,

електричні та слабкострумові мережі), більшість з яких перебувають у зношеному стані та потребують заміни або модернізації. Додаткову складність становлять обмежений простір, за звичай низькі стелі, відсутність достатнього освітлення та складна конфігурація приміщень. Традиційні методи обмірів і фіксації технічного стану в таких умовах малоефективні, оскільки не забезпечують належної точності та оперативності отримання даних. Це ускладнює підготовку до реконструкції та капітального ремонту, а також підвищує ризики виникнення проектних помилок.

Мета дослідження. Метою дослідження є застосування тривимірного сканування з використанням SLAM-технології. Це дозволяє швидко та з високою точністю отримати хмару точок усіх приміщень, зафіксувати фактичне розташування конструкцій та інженерних мереж, створити достовірну цифрову модель і забезпечити якісну основу для розробки проектних рішень [2–4].

Результати дослідження. У результаті обстеження було виконано тривимірне сканування всіх приміщень підвального комплексу. Отримана хмара точок відображає фактичний стан конструкцій, просторову конфігурацію приміщень та розташування інженерних комунікацій (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд хмари точок підвального комплексу

Хмара точок дозволяє здійснювати детальний аналіз окремих приміщень та просторової організації інженерних систем (рис. 2).

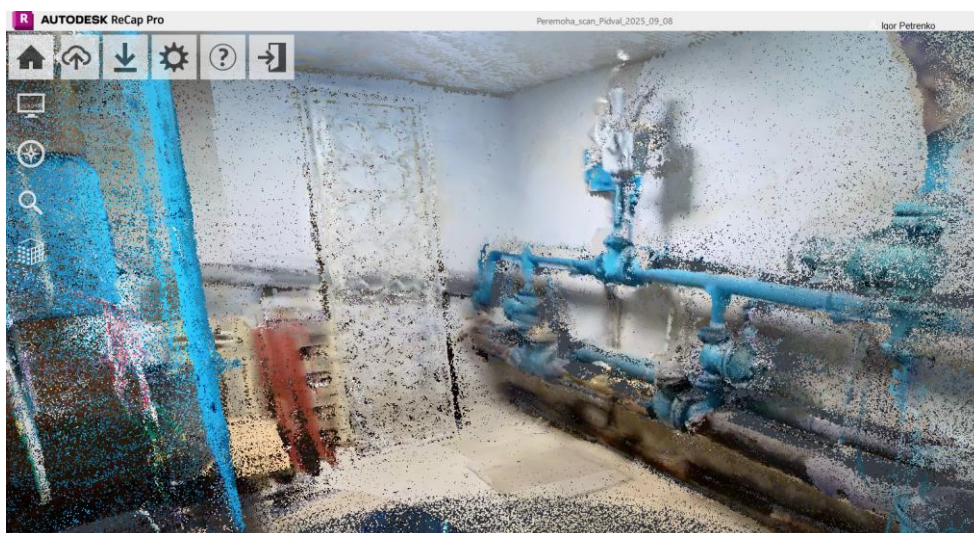


Рис. 2. Фрагмент хмари точок окремого приміщення

Особливу увагу приділено ділянкам із насиченістю інженерних комунікацій. Візуалізація у хмарі точок наочно демонструє складні перетини та проблемні зони для подальшої реконструкції.

Висновки. Застосування даного методу дозволило зафіксувати просторову конфігурацію приміщень у складних умовах обмеженого простору та значної насиченості

комунікаціями, що є неможливим або малоефективним при використанні традиційних методів обмірів. У подальшому отримана хмара точок стане основою для розробки проєкту капітального ремонту, виконання проєктування та заміни інженерних мереж, а також поповнить фонд цифрових копій як достовірне відображення технічного стану підземного комплексу на момент обстеження.

Список використаних джерел

1. Корзаченко М., Ганєєв Т., Петренко І. Цифрові технології при виконанні реставраційних робіт підземних комплексів. *Основи і фундаменти*. 2025. Вип. 50. С. 113–122.
2. I. Petrenko, D. Zinchenko, M. Sitko, T. Hanieiev. Photogrammetry in the preservation of cultural and historical heritage. Methodology and perspectives. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2024) : тези доп. XIV Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Чернігів, 23–24 травня 2024 р.) : у 2 т. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 2. С. 134–135.
3. Петренко І. О., Ганєєв Т. Р. Визначення похибки оптичного сканеру. *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021) : II Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Чернігів, 17 грудня 2021 р.) : тези доп.: у 2 ч. Ч. І. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. С. 212.
4. Folkesson John, Jensfelt Patric, Christensen Henrik I. Vision SLAM in the measurement subspace. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. 2005. Pp. 30–35.

УДК 72.01

ТРАНСПОРТНА РОЛЬ БАЛОК У ФОРМУВАННІ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ДНІПРО

Петько Марія¹, студ., Харченко К. С.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹petkomasha0@gmail.com, ²katerinaharchenko75@gmail.com

Постановка проблеми. Місто Дніпро характеризується складною транспортною ситуацією. Традиційні підходи до розширення вулично-дорожньої інфраструктури обмежені щільною забудовою та дефіцитом вільних територій. У той же час балкові системи, що є характерною рисою геоморфології міста, залишаються маловикористаним ресурсом у формуванні транспортних коридорів. Виникає необхідність комплексного дослідження їхнього потенціалу як просторової основи для розвитку транспортної інфраструктури.

Мета дослідження. Визначити транспортну роль балкових територій у структурі міста Дніпро, оцінити можливості їхнього використання для формування нових транспортних коридорів та розробити рекомендації щодо інтеграції балкових ландшафтів в систему міської мобільності з урахуванням екологічних та інженерних аспектів.

Результати дослідження. Балки міста Дніпра є унікальним природним компонентом урбанізованого середовища. Вони не лише зберігають залишки природних ландшафтів, але й впливають на просторову структуру та планувальну організацію міських територій. Балки формують природні коридори для вентиляції та покращення мікроклімату, визначають напрями транспортних магістралей. Окрім екологічного значення, балки виконують інженерно-технічну функцію. Дослідження ролі балок у формуванні інфраструктури Дніпра є важливим для створення стійкої та збалансованої моделі розвитку міста. Довга балка та інші подібні геоморфологічні структури, характеризуються протяжністю, відносною відокремленістю від щільної забудови та природною орієнтацією у напрямках «центр – периферія». Ці особливості створюють передумови для їхнього використання як транспортних коридорів, які можуть розвантажити основні магістралі та сформувати альтернативні маршрути сполучення.

Важливим науковим підґрунтям для дослідження є праця Чебанової Ю. В. «Ерозійно-балкові ландшафтні місцевості», де доведено багатофункціональність балок: вони можуть

виступати не лише як елементи біорізноманіття та гідрологічної мережі, але й як природні просторові коридори для інфраструктури. Авторка підкреслює, що балки необхідно розглядати як ресурс у ландшафтному плануванні, що безпосередньо співвідноситься з можливістю їх транспортного використання у містах [3].

Встановлено, що використання балкових систем у транспортному плануванні має такі ключові переваги: можливість створення нових доріг без значного знесення існуючої забудови; природне розташування балок, що забезпечує логічні напрямки руху транспорту; потенціал поєднання транспортної функції з екологічною та рекреаційною (створення «зелених магістралей»). Водночас дослідження виявило й низку викликів: складні геологічні умови (схили, ерозійні процеси, ризики зсувів); необхідність застосування інженерних та протиерозійних технологій; можливі конфлікти між транспортною функцією та екологічною цінністю балок [3].

Крім того, дисертація Дідура Р. В. зосереджена на аналізі взаємодії дорожніх ландшафтних систем з природними умовами та розробці рекомендацій щодо їх оптимізації. Це включає вивчення структури ландшафтів, впливу дорожніх споруд на навколишнє середовище та розробку методів зменшення негативного впливу на природу. Такі дослідження можуть бути корисними для розуміння принципів інтеграції транспортної інфраструктури з природними ландшафтами, що є важливим аспектом при плануванні транспортних коридорів через балки в урбанізованих територіях [2].

Порівняльний аналіз балкових систем у містах України демонструє приклад Києва, де дослідження Анацького О. В. «Розвиток і трансформація ярів і яружних систем на правобережжі Дніпра в Києві» показало, що урбанізація значно змінює морфологію балок і ярів. Автор доводить, що зміни форми та глибини балок, активізація ерозійних процесів і втручання людини впливають на можливості використання таких територій для інфраструктурних цілей. Це підтверджує необхідність комплексного підходу до планування транспортних коридорів в балках, де треба враховувати як природні, так і антропогенні фактори. Для міста Дніпро цей досвід є цінним, оскільки дозволяє передбачити потенційні ризики при інтеграції балкових систем у транспортну мережу, а також оптимально поєднувати транспортну функцію з екологічною та рекреаційною ролями балок [1].

У структурі наукових робіт, що досліджують балки як елементи міського простору, виділяються кілька напрямів. Чебанова підкреслює багатофункціональність балок і їхнє значення для планування територій, Дідура досліджує оптимізацію транспортних коридорів із урахуванням ландшафтних умов, а Анацький показує вплив урбанізації на морфологію балок і ерозійні процеси. Разом ці роботи дають основу для оцінки балок як ресурсів для інтеграції в транспортну та рекреаційну інфраструктуру Дніпра [1–3].

Інтеграція балок у транспортну інфраструктуру міста потребує комплексного підходу, що поєднує інженерні та природоохоронні заходи. Серед основних рішень можна виділити: створення «зелених магістралей» – поєднання транспортних коридорів із рекреаційними зонами та озелененням; терасування та укріплення схилів із використанням біоінженерних технологій, що знижують ризики зсувів та ерозії; пішохідно-велосипедні маршрути уздовж днищ балок, які доповнюють автомобільні шляхи та сприяють розвитку екологічної мобільності; ландшафтна інтеграція мостів і естакад у природне середовище з урахуванням візуальних та естетичних аспектів; створення шумозахисних і пилопоглинаючих насаджень, які мінімізують негативний вплив транспорту на прилеглі житлові райони [2–3].

Висновки. Балки міста Дніпро мають значний потенціал для формування нових транспортних коридорів, що можуть знизити навантаження на основні магістралі та підвищити мобільність населення. Наукові праці Чебанової, Дідури та Анацького доводять, що балки слід розглядати як багатофункціональні ресурси, які поєднують транспортну, екологічну та рекреаційну функції. Інтеграція таких рішень сприятиме створенню більш стійкої та збалансованої системи міської інфраструктури, де природні ландшафти ефективно поєднуються з транспортними потребами.

Список використаних джерел

1. Анацький О. В. Розвиток і трансформація ярів і яружних систем на правобережжі Дніпра в Києві. *Вісник Київського національного університету. Географія*. 2010. № 1. С. 45–52.
2. Дідура Р. В. Дорожні ландшафтно-інженерні системи: структура, оптимізація (на прикладі автотраси Київ–Одеса): дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11. Вінниця : Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, 2008. 212 с.
3. Чебанова Ю. В. Ерозійно-балкові ландшафтні місцевості: структура, розвиток і використання: дис. ... канд. геогр. наук. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2005. 204 с.

УДК 331.45:53.082.7:613.648:614.876

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ФОРМУВАННЯ СУМАРНОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Пилипенко О. В.¹, канд. техн. наук, доц., Железняк Г. С.², вед. розроб. ПЗ,
Тимошенко О. А.³, канд. техн. наук, доц., Саньков П. М.⁴, канд. техн. наук, проф.,
Грянник В. О.⁵, канд. техн. наук, доц.

^{1,3,4,5} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій,

² Hankuper SRO, Bratislava, Slovakia,

¹pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, ²gleb.zhelezniak@structuraldesign.pro,

³tymoshenko.olena@365.pdaba.edu.ua, ⁴sankov.petro@pdaba.edu.ua,

⁵gryanyk.volodymyr@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Статистичні методи збору інформації використовуються вже більше трьохсот років, але кожна галузь має свої специфічні вихідні та вхідні параметри для надання загальної або окремої оцінки. В радіаційній безпеці, широке застосування знайшов метод Монте Карло, який має досить зрозумілий інструментарій, але сильно залежить від кількості ітерацій, а також від параметрів та швидкодії обчислювальної техніки.

Мета роботи. Метою дослідження є проведення моделювання змін при формуванні сумарної дози опромінення персоналу на РНО в залежності від обраних вхідних параметрів; визначення впливу певних блоків чи окремих факторів на збільшення чи зменшення зовнішньої/внутрішньої складової дози; визначення ризику опромінення; підбір та порівняння аналітично виведених пар блоків з використанням методу графів, методу матриць та SWOT-аналізу, що мають місце на РНО колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ» з використанням технологій штучного інтелекту в програмному пакеті Grok.

Задачі дослідження. Задачами дослідження є: застосування послідовно методу графів, методу матриць та методу SWOT-аналізу; виявлення сукупного переліку факторів впливу що є на території РНО; проведення моделювання; визначення найбільш вагомих факторів, що впливають на формування сумарної дози опромінення персоналу; проведення підбору та порівняння аналітично виведених пар блоків, з використанням SWOT-аналізу, спираючись на існуючі технічні, фізико-хімічні, геологічні та інші умови майданчиків колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ» з використанням технологій штучного інтелекту в програмному пакеті Grok.

Основна частина. В проведених дослідження [1–3], було виконано аналіз стану виключно радіаційної небезпеки на території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». На промисловому майданчику, де знаходяться три практично не законсервовані і негороджені хвостосховища колишнього уранового виробництва, на території ведуть свою комерційну виробничу діяльність десятки фірм по виробництву фарб, будівельних матеріалів, пінопласту, знаходяться склади з паливно-мастильними та хімічно-небезпечними речовинами тощо, на яких працює більше двох тисяч робітників, а виробництво

здійснюється в будівлях, що забруднені РН та ДІВ. Забруднення окремих будівель, земельних ділянок, майданчиків, складів, за даними радіаційного моніторингу, становить від 0,26 до 10,6 мкГр/год при фонових природних значеннях у 0,2 мкГр/год, а річна доза опромінення працюючих може перевищувати позначку в 2 мЗв/рік. Для визначення сумарної дози опромінення для робітників кожного з цих підприємств, необхідно врахувати велику кількість змінних та перемінних параметрів, які розрахувати стандартними методами досить важко. Саме для таких розрахунків найбільш доцільним є використання новітніх програм математичного програмування та технології зі штучним інтелектом [4–7]. Обчислення проводяться з використання програм Python [8] або Ansys [9], з використанням технологій (бібліотек програм) GEometry ANd Tracking [10] призначених для симуляцій, а представити результати можна у вигляді 2D/3D model в [11–12].

В роботі [13], було проаналізовано можливість застосування методу графів (GM) використовуючи багатофункціональну та мультимодальну систему штучного інтелекту Grok (версія Grok 3), розробником якого є компанією xAI [7]. В результаті роботи з [7] обраним методом (GM) було визначено контрольні вузли та ребра системи блоків (рис. 1).

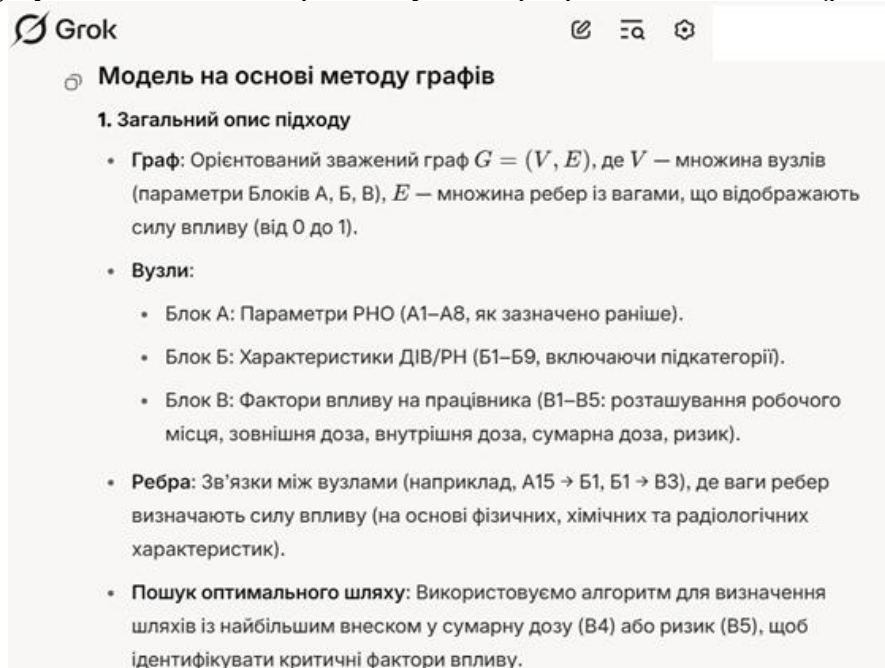


Рис. 1. Побудова моделі на основі методу графів (GM) [7]

За отриманими даними моделі із застосуванням (GM), було розраховано сумарну дозу опромінення для кожної моделі (рис. 2).

1. Зовнішня доза (C15): Гамма-фон від радію-226 (В6.3, Б2):
 $0.05 \text{ мЗв/год на } 1 \text{ м} \rightarrow \text{на } 5 \text{ м: } 0.05/5^2 = 0.002 \text{ мЗв/год.}$
 Доза: $0.002 \cdot 8 \cdot 250 = 4 \text{ мЗв/рік.}$

2. Внутрішня доза (C16): Радон (C14): $50 \text{ Бк/м}^3 \times 2000 \text{ год} = 100 \text{ Бк} \cdot \text{год/м}^3$.
 Коефіцієнт конверсії (C6, α -випромінювання): $\sim 0.015 \text{ мЗв/(Бк} \cdot \text{год/м}^3)$.
 Доза: $100 \cdot 0.015 = 1.5 \text{ мЗв/рік.}$

3. Сумарна доза (C13.3): $4 + 1.5 = 5.5 \text{ мЗв/рік.}$

4. Ризик: $0.05 \cdot 0.0055 = 0.000275$ або 0.0275% на рік (для C17.1, персонал А).

Критичний шлях: А15 → Б12 → В2.1 → C14 → C16 (вага = 0.5832).

Рис. 2. Розрахунок Grok (GM) при створенні моделі для 3 блоків системи [7]

В роботі [13], було застосовано метод матриць (ММ) використовуючи систему штучного інтелекту Grok (версія Grok 3) [7]. По результатам моделювання обраним методом (ММ) було визначено та побудовано окремі матриці параметрів, зв'язки між блоками (А→В, В→С, С→D, D→А) (рис. 3, а), розроблено оцінку критичний шлях впливу через множення

матриць, розраховано сумарний вплив між блоками (рис. 3, б), створено програму-код в Python [8] та побудовано матриці суміжності (рис. 4).

Псевдокод для матричної моделі впливу РНО, умов, ДІВ/РН та радіаційно-гігієнічних параметрів

```
# Матриці суміжності
matrix_A_to_B = {
    ('A15', 'B12'): 0.9, ('A15', 'B2'): 0.8, ('A15', 'B12_RRP'): 0.7,
    ('A21', 'B12'): 1.0, ('A21', 'B2'): 0.7, ('A21', 'B12_RRP'): 0.8,
    ('A8', 'B12'): 0.6, ('A8', 'B2'): 0.5, ('A8', 'B12_RRP'): 0.7
}

matrix_B_to_C = {
    ('B12', 'C1.2'): 0.8, ('B12', 'C2.1'): 0.9, ('B12', 'C6.3'): 0.6,
    ('B2', 'C1.2'): 0.9, ('B2', 'C2.1'): 0.7, ('B2', 'C6.3'): 0.9,
    ('B12_RRP', 'C1.2'): 0.7, ('B12_RRP', 'C2.1'): 0.9, ('B12_RRP', 'C6.3'): 0.5
}

matrix_C_to_D = {
    ('C1.2', 'D14'): 0.9, ('C1.2', 'D15'): 0.8, ('C1.2', 'D16'): 0.8,
    ('C1.2', 'D13.3'): 0.9,
    ('C2.1', 'D14'): 0.9, ('C2.1', 'D16'): 0.9, ('C2.1', 'D13.3'): 0.8,
    ('C6.3', 'D15'): 0.9, ('C6.3', 'D13.3'): 0.9
}
```

а)

7. Матриця сумарного впливу

Сумарний вплив $A \rightarrow C$ розраховується як добуток матриць:

$$M_{A \rightarrow D} = M_{A \rightarrow B} \times M_{B \rightarrow C} \times M_{C \rightarrow D}$$

Приклад результату (спрощена матриця $A \rightarrow C$ для C16):

C16 (Внутр. доза)	
A15	0.729
A21	0.648
A8	0.441

- Пояснення: A15 (хвостосховище) має найбільший вплив на внутрішню дозу через шлях $A15 \rightarrow B12 \rightarrow B2.1 \rightarrow C16$ (вагa = 0.729).

8. Артефакт: Псевдокод для матричної моделі

radiation_matrix_model.py
python

б)

Рис. 3. Створення сумарної матриці та псевдокоду моделі 4 у вигляді матриці для чотирьох блоків [7]

Матриця суміжності

Матриця M розміром 4×4 (для блоків А, Б, В, С) визначається так:

- Рядки та стовпці відповідають блокам: А (0), Б (1), В (2), С (3).
- $M[i, j] = 1$, якщо блок i впливає на блок j , інакше $M[i, j] = 0$.
- Впливи:
 - $A \rightarrow B$ (A1: тип РНО, A8: фільтрація $\rightarrow$ Б1: захоронення, Б8: ґрунтові води).
 - $B \rightarrow B$ (Б2: активність, Б5: матеріали $\rightarrow$ Б2: агрегатний стан, Б3: токсичність).
 - $B \rightarrow C$ (Б2: агрегатний стан, Б6: випромінювання $\rightarrow$ С14: концентрація радону, С15/С16: дози).
 - $C \rightarrow A$ (С14: концентрація радону, С18: ліміти $\rightarrow$ А4: конструкції).
 - $C \rightarrow B$ (С15/С16: дози, С13: моніторинг $\rightarrow$ Б1: охорона, Б12: моніторинг).

Рис. 4. Матриця (ММ) розміром 4×4 для Блоків А, Б, В, С [7]

В роботі [14], було застосовано SWOT-аналіз для кожного блоку (А, В, С, D). По результатам моделювання обраним методом (SWOT-analysis) було визначено та побудовано окремі матриці параметрів, визначено контрольні параметри кожного з блоків спираючись на вузли та ребра (GM) системи блоків (див. рис. 1). В результаті моделювання GM та MM було визначено певні недоліки, які мали місце при проведенні SWOT-аналізу та побудові моделі для кожного з розглянутих блоків (А, В, С, D). При побудові загальної/об'єднаної моделі з'являється необхідність перевіряти кожний фактор «вручну», порівнюючи вихідні та отримані дані. Але є досить зручна форма отримання впливу певного фактору з кожного з блоків, якщо по результатам SWOT-аналізу створити матрицю впливу між блоками (А, В, С, D), яка враховує критичні параметри і може бути прописана кодом у Python з матрицею 4×4 (формула 1):

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де використовуються всі блоки А, Б, В, С. Елементи матриці: 1 – наявність прямого впливу між блоками (наприклад, $A \rightarrow B$). 0 – відсутність прямого впливу.

На початку дослідження розроблені моделі мали досить простий вид і не відповідали на поставлені перед авторами питаннями. Так на спочатку було сформовано всього три блоки (Блоки А, В, С) та визначено по 8–10 факторів для кожного з блоків, а вже після побудовано

послідовності з розкриттям кожного блоку, як представлено на рисунку 5 (верхній блок з переліком факторів) та побудована найбільш небезпечна вірогідність на рисунку 5 (нижній блок з найбільш небезпечним фактором) для прикладу представлено Блок А.

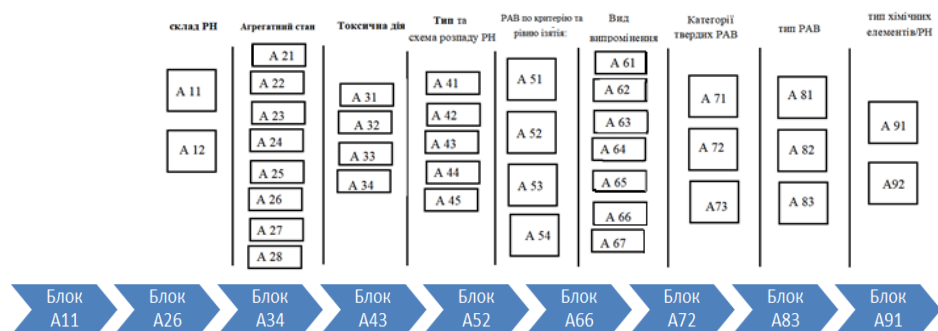


Рис. 5. Первинна та обрана послідовність впливу факторів Блоку А

В процесі моделювання з'явилась необхідність провести більш прискіпливий аналіз впливу кожного окремого фактору в середині кожного блоку, додати Блок D. В завершенні визначити не тільки прямий вплив факторів чотирьох блоків, а і ввести Блок Е для оцінки зворотного впливу на кожний блок. Ми починали проводити аналітичні дослідження при отриманні масиву статистичних даних, спираючись на отримані пари. Як результат, моделі отримали більш чітку конфігурацію і завершеність, коли автори почали використовувати не всі підряд фактори, що значно збільшувало час опрацювання даних і ускладнювало розрахунок при введенні мало вагомих факторів, а найбільш вагомих, за впливом, факторів кожного з блоків при побудові моделі із застосуванням SWOT-аналізу (рис. 6).

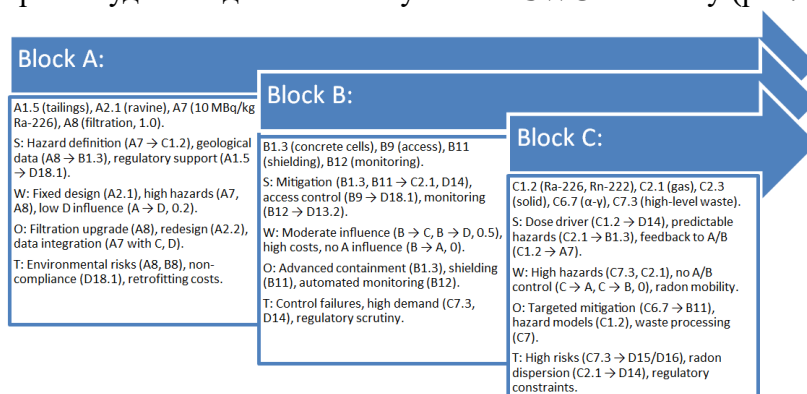


Рис. 6. Графічна реалізація SWOT-аналізу для Блоків А, В, С

Висновок. В результаті проведеної роботи необхідно зазначити наступне: автори використали послідовно більше десятка методів для моделювання, найбільш доцільними було визначено саме три метода: метод графів (GM), метод матриць (MM) та метод SWOT-аналізу. Більш того автори пропонують спочатку провести ретельний і кропіткий SWOT-аналіз, а після визначення найбільш вагомих факторів з кожного з блоків (Блоки А, В, С, D) проводити побудову моделей із застосуванням GM чи/або MM, з використанням технологій штучного інтелекту в програмному пакеті Grok (Grok 3, built by xAI).

По результатам розробки моделей було визначено значення (можливі діапазони варіювання) EDR, IRD та сумарної дози опромінення персоналу РНО, в залежності від моделі і кількості обраних факторів. Було побудовано загальну блок схему для прийняття рішень щодо оптимізації системи «РН – ДІВ – Технічні регламенти – Персонал – Доза опромінення».

Перспективи подальших досліджень. В подальших дослідженнях необхідно ввести додаткові коригування методів дослідження та введення вагових коефіцієнтів що впливають на формування ризику опромінення персоналу РНО та розвитку соматичних чи детермінованих ефектів від дії ДІВ. Продовжити проведення подальших досліджень для побудови моделей та визначення ваги факторів, що впливають на формування сумарної дози опромінення для персоналу, що працює на радіаційно-забруднених територіях колишнього

уранового виробництва ВО «ПХЗ» із застосуванням технологій штучного інтелекту та програмного пакету Grok. Продовжити проведення подальших моніторингових спостережень на промислових майданчиках, розробляти математичні та аналітичні моделі з можливістю побудови 2D/3D моделей радіаційного забруднення територій [15].

Список використаних джерел

1. Кірнос В. М., Беліков А. С., Білоусов О. П., Запрудін В. Ф., Пилипенко О. В., Чесанов В. Л., Пушнін Л. П., Гупало О. С. Аналіз та оцінка ризиків і загроз в умовах радіаційно-небезпечної території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ» під час здійснення охорони та посиленого фізичного захисту радіаційно-забрудненої території. Дніпропетровськ : ПП «ДНІПРО-ЕКСПЕРТ К», 2008. Звіт № 37. 107 с.
2. Кірнос В. М., Беліков А. С., Білоусов О. П., Пилипенко О. В., Запрудін В. Ф., Чесанов В. Л., Капленко Г. Г. Виявлення та аналіз шкідливих, небезпечних факторів, що несприятливо впливають на стан здоров'я та безпеку службової діяльності співробітників служби фізичного захисту, охорони та режиму ДП «38 ВІТЧ» в умовах радіаційно-забруднених територій колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». Дніпропетровськ : ПП «ДНІПРО-ЕКСПЕРТ К», 2009. Звіт № 107. 102 с.
3. Кірнос В. М., Беліков А. С., Білоусов О. П., Пилипенко О. В. Дослідження особливостей факторів впливу радіаційних загроз і небезпек на маршрутах руху охорони на режимній радіаційно-забрудненій території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». Дніпропетровськ : ПП «ДНІПРО-ЕКСПЕРТ К», 2010. Звіт № 110. 55 с.
4. ChatGPT. Офіційний сайт (english). URL: <https://chatgpt.com>
5. Microsoft Copilot. Офіційний сайт (english). URL: <https://copilot.microsoft.com/chats/>
6. Gemini. Офіційний сайт (english). URL: <http://www.gemini.com>
7. GROK. Офіційний сайт (english). URL: <http://www.grok.com>
8. PYTHON. Офіційний сайт. URL: <https://web.archive.org/web/20110808024321/http://www.pythonocc.org/>
9. ANSYS. Офіційний сайт ANSYS Inc. (english). URL: <https://www.ansys.com>
10. Geant4 Release 11.3.2. Офіційний сайт (english). URL: <https://geant4.org/>
11. Autocad. Офіційний сайт (english). URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/>
12. Open CASCADE Technology, 3D modeling & numerical simulation. Офіційний сайт. URL: <https://www.opencascade.com/open-cascade-technology-7-5-0-released/>
13. Пилипенко О. В., Беліков А. С., Руденко В. П. Визначення ваги впливу радіаційних параметрів при моделюванні сумарної дози опромінення персоналу. *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Sofia, Bulgaria, 2025. Pp. 116–125. URL: <https://isg-konf.com/the-latest-technologies-implemented-and-teaching-in-universities/>
14. Руденко В. П., Пилипенко О. В., Капля О.І., Рибалка К. А., Саньков П. М. Застосування штучного інтелекту при моделюванні впливу радіаційних параметрів на формування сумарної дози опромінення методом SWOT analysis. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference*. Hamburg, Germany, 2025. Pp. 203–213. URL: <https://isg-konf.com/research-on-the-development-of-science-and-the-implementation-of-technology/>
15. Pylypenko O., Zelensky A., Rybalka K., Kolokhov V., Nazha P. Express method for determining power of equivalent dose in radiation-contaminated territories of radioactive tailings storage facilities. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025. Vol. 3(83). Pp. 48–55. URL: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.331755>

УДК 624.95:62-622.3

З ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ СПІРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ У РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Пічугін С. Ф.¹, докт. техн. наук, проф., Оксененко К. О.², доктор філософії

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

²«ТОВ «Архітектурно-інженерний центр»

¹pichugin.sf@gmail.com, ²shvadchenkokate@gmail.com

Постановка проблеми. Значна кількість різних галузей промисловості, від сільського господарства до енергетики, у своїх виробничих процесах потребує використання складів та ємностей для зберігання матеріалів. Розповсюджені конструкції, які застосовуються у багатьох промислових об'єктах та слугують складами для різних матеріалів – це листові конструкції. Головна специфіка листових конструкцій полягає в можливості експлуатуватися в різних умовах: вони можуть бути надземними, наземними, напівзаглибленими, підземними, підводними; сприймати статичні та динамічні навантаження; надійно працювати під низьким, середнім і високим тиском, під вакуумом, під впливом низьких, середніх і високих температур, нейтральних або агресивних середовищ.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз впровадження та успішного застосування спірально-фальцевих ємностей у різних галузях промисловості на території України. Цьому присвячується огляд досвіду будівництва та багаторічної експлуатації сталевих спірально-фальцевих силосів.

Основний матеріал і результати. Прогресивними, універсальними та економічними листовими конструкціями є конструкції спірально-фальцевого типу, адже вони можуть застосовуватись в різних галузях: силоси для багатьох видів сипучих матеріалів; резервуари для зберігання різних рідин, метантенки в складі біоенергетичних установок [1].

За кордоном даний тип конструкцій використовується в усіх галузях, перелічених вище, в Україні ж вони тільки набувають своєї популярності, не дивлячись на багаторічний досвід експлуатації (більше 30 років) спірально-фальцевих силосів у Кіровоградській та Запорізькій областях [2].

Ємності спірально-фальцевого типу для зберігання рідин. Перші резервуари конструкції даного типу були побудовані на території заводу Coca-Cola, Київ. У 1997 р. компанія-винахідник спірально-фальцевих конструкцій – Lipp GmbH – побудувала в Україні три резервуари-відстійники для води загальним об'ємом 4 700 м³, два резервуари-відстійники для води місткістю 1 640 м³ та 2 резервуари для води по 500 м³ кожен.

Наразі даний тип резервуарів використовуються для зберігання різних рідин, від технічної й протипожежної води до агресивних добрив для обробки рослин.

Спірально-фальцеві конструкції як компонент біоенергетичних установок. Важливість енергоефективності та енергозбереження в умовах сьогодення не викликає сумнівів. У 2014 році у межах модернізації і збільшення продуктивності Славутського солодового заводу компанія Watzenrode реалізувала проєкт переведення котельні заводу на біомасу з метою утилізації зернових відходів від процесу виготовлення солоду. Також наразі в Україні спірально-фальцеві ємності застосовуються для зберігання різного виду біомаси в твердому вигляді: тріски деревини, пелет, лушпиння соняшнику. Реалізований унікальний проєкт ємностей для зберігання тріски деревини на території нового сучасного заводу «БФ Термінал», який спеціалізується на виготовленні ДСП плит. На території підприємства встановлені 2 силоси для зберігання тріски деревини ємністю 10,5 тис. м³ кожен. Це перша спірально-фальцева ємність такого об'єму на території України. Також змонтовані 3 силоси для аспірації пилу ємністю 500 м³ та пожежні резервуари ємністю 1 800 м³ кожний [3].

Враховуючи Європейський досвід застосування спірально-фальцевих конструкцій, був розроблений проєкт біогазового реактору ємністю 7 500 м³. Реактор має подвійну конструкцію стінки з використанням бетону та металу.

Силоси для зберігання сипучих матеріалів. Спірально-фальцеві конструкції залучаються для зберігання різних сипучих матеріалів, від зернових культур до цементу, та використовуються як у сільському господарстві, так і у промисловості. У 2022 році був розроблений та реалізований унікальний проект силосу для зберігання цементу на плоскому фундаменті ємністю 4000 т у м. Дніпро.

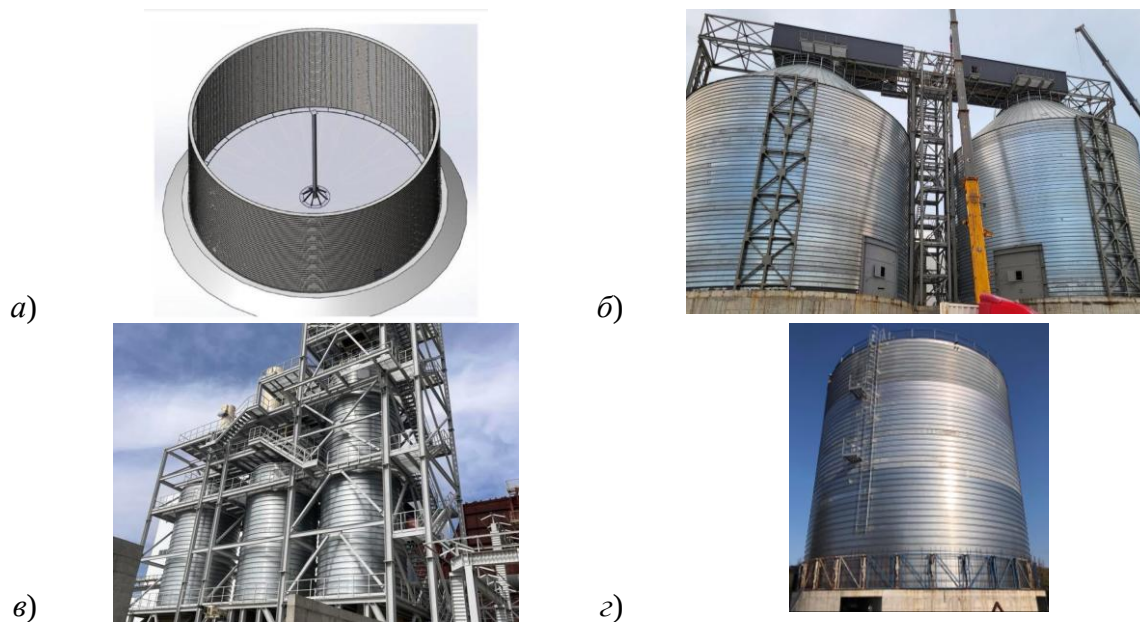


*Рис. 1. Спірально-фальцеві ємності:
а – біогазовий реактор; б – силоси для тріски «БФ Термінал»; в – норійна вежа з силосами для аспірації «БФ Термінал»; г – силос для зберігання цементу*

Висновки. Ємності спірально-фальцевого типу – це інноваційні та надійні конструкції, які можуть застосовуватися у різних галузях промисловості, що підтверджується успішним досвідом будівництва та експлуатації.

Список використаних джерел

1. Pichugin S., Oksenenko K. Area of application and operation experience of spiral-fold silos in Ukraine. *ArCivE 2023. Xth International scientific conference on architecture and civil engineering*. Varna, 2023. Vol. 4. Pp. 14 – 22.
2. Пічугін С., Оксененко К. З досвіду експлуатації економічних металевих спірально-фальцевих силосів для сипучих матеріалів. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2021. Вип. 40. С. 166–173.
3. ТОВ «КРЕАТИВ-АГРОМАШ» [Інтернет ресурс]. URL: <https://www.creative-silo.com/>

УДК 711

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЦЕНТРУ ІСТОРИЧНОГО МІСТА : ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Погранична І. І.¹, канд. арх., Купранець Р. В.², аспір.

^{1,2}Інститут архітектури та дизайну

Національного університету «Львівська політехніка»

¹iryna.i.pohranychna@lpnu.ua, ²roman.v.kupranets@lpnu.ua

Постановка проблеми. Питання реконструкції центрів історичних міст завжди було дуже складним, адже вимагає комплексного дослідження містобудівної структури та етапів розбудови міст. Проте, сьогодні в умовах війни та тотального руйнування міст або окремих

кварталів проблема реконструкції історичної забудови та відбудови міст після завершення бойових дій стає особливо актуальним.

При реконструкції центрів історичних міст першочерговим питанням постає проблема органічного поєднання в їх структурі історичної та нової архітектури. Адже в межах центру історичного міста, як правило, зберігається його стародавнє ядро з найбільш цінними архітектурними пам'ятками. При великій концентрації пам'яток вони не можуть оцінюватись як окремі будівлі чи локальні ансамблі. В центрах історичних міст збереглися великі містобудівні елементи: площі, вулиці та цілі райони, які включають, поряд з унікальними пам'ятками архітектури, рядову забудову, історичне середовище.

Мета дослідження. Проаналізувати різні види реконструкції центрів історичних міст, виявити проблеми для кожного виду реконструкції, а також запропонувати способи їх вирішення.

Результати дослідження. Для багатьох історичних міст поняття ареал історичної забудови фактично є синонімом поняття «центр міста». Загалом, можна виділити такі види реконструкції центру історичного міста:

1. Концентрація основних об'ємів нового будівництва, об'єктів загальноміського центру за межами історичного ядра міста (рис. 1, 2). Разом з тим, ділянки для розміщення новопроектованих об'єктів повинні розташовуватися достатньо близько від історичного ядра таким чином, щоб створювані архітектурні комплекси активно формували ландшафт центральної частини міста, не порушуючи її композиційної побудови, що склалася історично.



Рис. 1. Старе місто, яке формується навколо площ Ринкова, Замкова і Канонія.

Online доступно:

<http://lowcostavia.com.ua/lviv-warszawa-za-90grn/warszawa-widok-na-stare-miasto-1500/>



Рис. 2. Палац Культури і Науки (Новий центр Варшави). Online доступно: <https://discover.in.ua/traveling/ekskursija-do-varshavi-stare-misto-lazenki-kralovski-ta-palac-kulturi-i-nauki.html>

2. Виділення в межах центрального ядра зони високої концентрації загальноміських функцій і проведення револоризації забудови в цій зоні.

Таким прикладом може слугувати будівля Нового музею в Акрополі (2009). Прозорі фасади віддзеркалюють Парфенон і відкривають панорамні вигляди на історичний комплекс. У верхньому залі фриз Парфенона виставлений таким чином, що співпадає за орієнтацією з оригіналом, який видно крізь панорамні вікна. Це створює подвійну присутність храму – у музейному просторі й у міському ландшафті. Будівля «піднята» над археологічними розкопками: музей не знищує історію, а «плаває» над нею. Архітектура створює фон і рамку для історії, а не замінює її (рис. 3, 4).



Рис. 3. Новий музей Акрополя. Афіни, Греція (вид зверху). Online доступно: <https://www.archilovers.com/stories/5268/the-new-acropolis-museum-athens-greece.html>

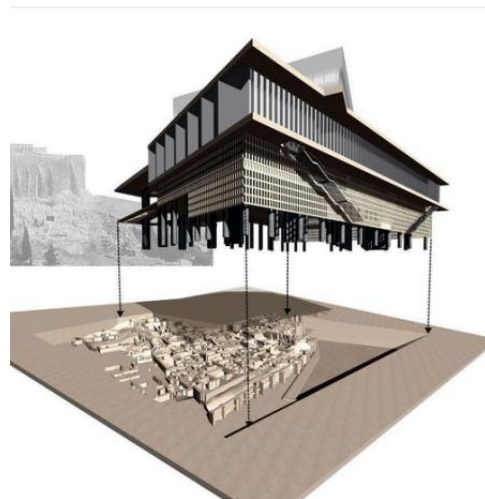


Рис. 4. Структура музею.

Online доступно: <https://www.archilovers.com/stories/5268/the-new-acropolis-museum-athens-greece.html>

Висновки. Набуває поширення перший тип реконструкції історичного міста, коли новий (бізнес) центр формується окремо від історичного, який залишається об'єктом притягання туристів та збереження автентичної структури міста. Проте, багато нових архітектурних комплексів формується в історично-сформованому середовищі. При такому типі реконструкції історичного центру важливим є комплексний підхід до проектування нового об'єкту, грамотне вписання нового об'єкту в сформоване історичне середовище, збереження видових точок розкриття на пам'ятки архітектури, дотримання висотних обмежень та відступів.

Список використаних джерел

1. Acropolis Museum [Електронний ресурс]. URL: <https://www.archilovers.com/stories/5268/the-new-acropolis-museum-athens-greece.html>
2. Варшава. Старе місто. [Електронний ресурс]. URL: <http://lowcostavia.com.ua/lviv-warszawa-za-90grn/warszawa-widok-na-stare-miasto-1500/>
3. Варшава – місто контрастів. [Електронний ресурс]. URL: <https://discover.in.ua/traveling/ekskursija-do-varshavi-stare-misto-lazienki-kralovski-ta-palac-kulturi-i-nauki.html>
4. Дибя Ю. Р., Погранична І. І., Ясінський М. Р. Методологія науково-проектного процесу збереження історичного міста. Львів : Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2021. 20 с.
5. Осиченко Г. О. Реконструкція історичного середовища міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2009. Вип. 35. С. 343–354.

УДК 624.012/.07:539.375

ОПІР ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І КАМ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ РОЗКОЛЮВАННІ

Погрібний В. В.¹, докт. техн. наук, с. н. с., Довженко О. О.², канд. техн. наук, проф.,
Пенц М. В.³, аспір., Мищенко М. О.⁴, аспір.

¹⁻⁴Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹v.v.pogrebnoy1960@gmail.com, ²o.o.dovzhenko@gmail.com, ³mpents12@gmail.com,

⁴mishchenkof@gmail.com

Постановка проблеми. Питання визначення опору залізобетонних елементів при розколюванні виникає у розрахунку при місцевому стисненні, руйнуванні за похилою стиснутою смугою швів стикових шпонкових з'єднань із трапецієвидними та трикутними шпонками та коротких консолей (рис. 1, а). Для цегляних конструкцій даний випадок реалізується при місцевому стисненні, сумісній дії вертикального і горизонтального навантаження, а також у випадку осьового стиску цегляних стінок і стовпів (рис. 1, б). При цьому можливі варіанти двостороннього й одностороннього, вертикального і діагонального розколювання в умовах плоского напруженого стану і плоскої деформації. Пануючим у розв'язанні даного питання є емпіричний підхід з відомими суттєвими недоліками й запропоновані розрахункові залежності є частинними.



Рис. 1. Випадки розколювання в залізобетоні (а) та кам'яній кладці (б)

Обережне застосування широко розповсюдженого для пластичних тіл математичного апарату теорії пластичності до розв'язання задач опору залізобетонних і кам'яних елементів пов'язано з їх квазікрихкими властивостями. Між тим, слід враховувати напружений стан елементів, який визначає можливість розгляду умови міцності як умови пластичності. За двовісного стиску при існуванні областей пластичності або її локалізації в тонких шарах на поверхні зрізу для наближених рішень такий розгляд є прийнятним [1]. При наявності зон стиску та розтягу реалізація пластичного механізму відбувається за випереджаючого рівня напружень стиску на стадіях, що передують руйнуванню, й одночасному досягненні ними граничних значень.

Метою дослідження є надання пропозицій щодо розв'язання задач опору в зазначених випадках на загальній теоретичній основі.

Результати дослідження. У Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» запропонований варіаційний метод у теорії пластичного бетону для розрахунку опору залізобетонних і кам'яних елементів при розколюванні.

Кінематичні схеми руйнування елементів при розколюванні наведені на рисунку 2. В якості прикладу розглянемо випадок двостороннього розколювання [2]. У стадії руйнування елемент розділяється на чотири жорсткі диски (рис. 2, в): два клини під площадками навантаження (клини можуть бути несиметричними, що визначається співвідношенням геометричних параметрів елементів), і два жорсткі диски, окреслені зсувними ділянками клинів і площиною розколювання, котра з'єднує їх вершини. Клини при дії зовнішнього навантаження рухаються назустріч один одному, спричиняючи рух двох інших жорстких дисків у напрямку один від одного, перпендикулярно до площини розколювання. Невідомих при розв'язку задачі буде три (або чотири у випадку несиметричного клину): кут нахилу ділянок зсуву клинів до площини розколювання, відношення швидкостей руху жорстких дисків $k = V_1 / V_2$ і граничне навантаження P_1 .

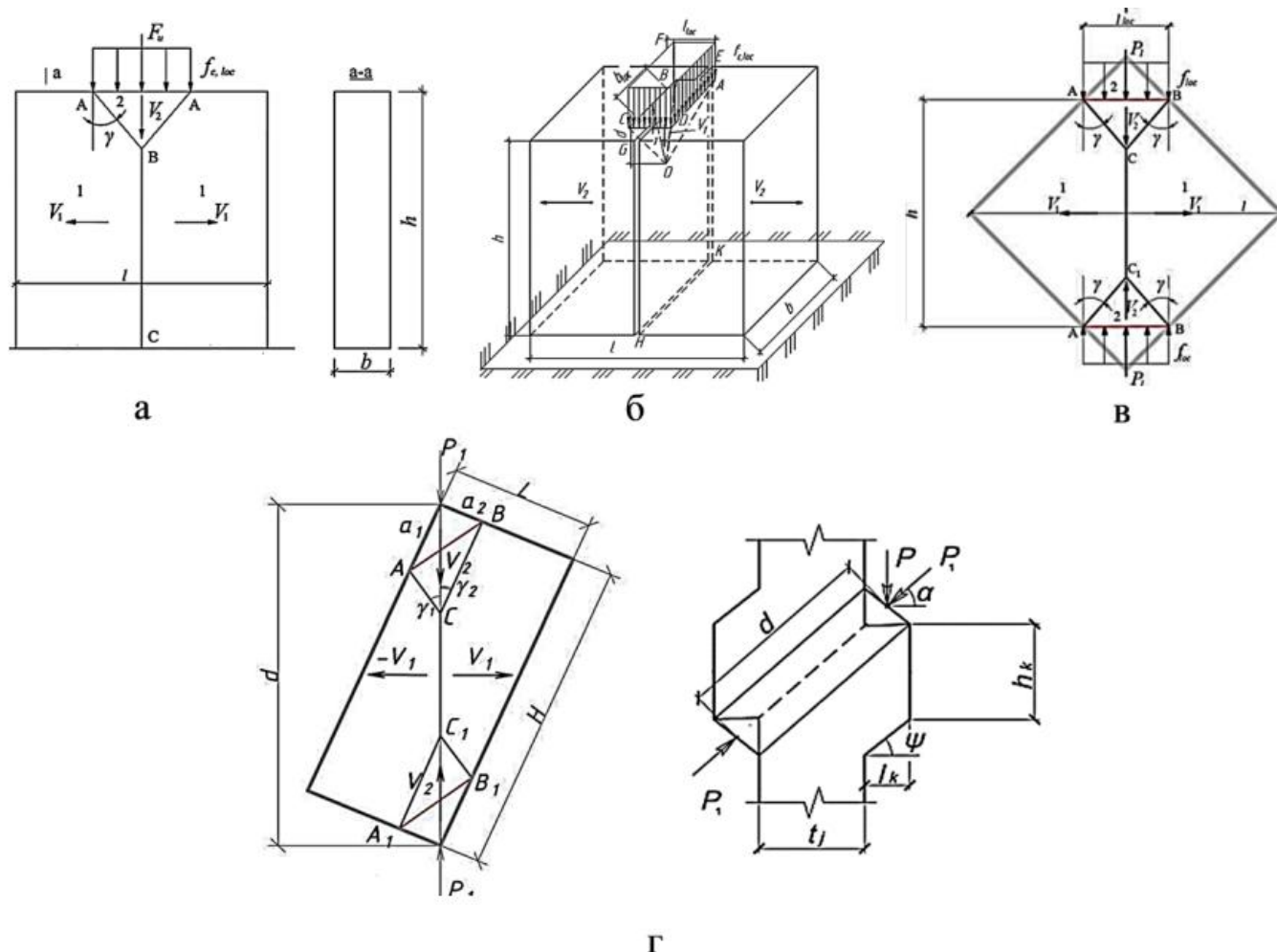


Рис. 2. Кінематичні схеми руйнування елементів при розколюванні: односторонньому при плоскому напруженому стані (а) і плоскій деформації (б); двосторонньому (в) та діагональному при плоскому напруженому стані (г)

Висновки. Застосування варіаційного методу в теорії пластичності надає можливість отримати достатньо прості рішення задач опору залізобетонних і кам'яних елементів при розколюванні. Їх достовірність, як і запропонованих кінематичних схем руйнування, підтверджена експериментально.

Список використаних джерел

1. Погрібний В. В. Методологія розрахунку несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій з використанням умов екстремуму деформування : монографія. Полтава : ПП «Астроя», 2022. 388 с.
2. Довженко О. О. Стикові з'єднання з підвищеним опором зрізу : теоретичні й експериментальні дослідження : монографія. Житомир : Видавничий дім «Бук-Друк», 2024. 200 с.

УДК 697.9:536.2:620.97

ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ОБМЕРЗАННЯ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ ПЛАСТИНЧАСТИХ РЕКУПЕРАТОРІВ У ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Подлесний А. О.¹, аспір., Петренко А. О.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹andreypodlesniy21@gmail.com, ²petrenko_ao@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Стабільність роботи вентиляційних систем із рекуперацією тепла в умовах холодного клімату значною мірою визначається фізичними процесами, що відбуваються на теплообмінних поверхнях рекуператора. Одним із найбільш критичних обмежень експлуатації є обмерзання, яке виникає внаслідок конденсації та кристалізації вологи з витяжного повітря на охолоджених елементах теплообмінника. Найбільш чутливими до цього явища є пластинчасті конструкції, у яких відсутні механізми регенеративного підігріву, що підсилює ризик утворення інею за від'ємних температур зовнішнього повітря. Наростання шару інею знижує коефіцієнт теплопередачі, підвищує аеродинамічний опір, створює додаткове навантаження на вентилятори і може спричинити аварійну зупинку обладнання. У підсумку знижується не лише ефективність теплоутилізації, а й надійність роботи всієї системи, що є особливо загрозливим фактором для об'єктів із високими вимогами до безперервного повітрообміну.

Мета дослідження. Встановити вплив процесів обмерзання на експлуатаційну надійність пластинчастих рекуператорів у вентиляційних системах, а також визначити характерні наслідки цього явища, що призводять до зниження ефективності теплоутилізації та порушення стабільності роботи кліматичного обладнання в умовах низьких температур. Особливу увагу зосереджено на аналізі критичних експлуатаційних проявів, які обмежують довготривалу та безперебійну роботу систем у холодному кліматі.

Результати дослідження. Проведений аналіз показав, що процеси обмерзання теплообмінних поверхонь пластинчастих рекуператорів безпосередньо впливають на їхню експлуатаційну надійність та мають системний характер у низькотемпературних умовах. Їх розвиток зумовлений фазовими переходами водяної пари на поверхнях рекуператора: після досягнення точки роси відбувається конденсація, а при подальшому зниженні температури повітря нижче 0 °C – утворення інею. Найбільш інтенсивно ці явища проявляються у зоні виходу витяжного повітря, де виникають первинні кристали льоду [1]. Інтенсивність та структура обмерзань визначаються температурним режимом, вологістю та швидкістю потоку повітря: за низьких швидкостей процес кристалізації пришвидшується [2]. Початкові тонкі нашарування з часом переходять у щільні кристалічні структури, значно погіршуючи ефективність теплообміну через термічну ізоляцію та можуть призводити до порушення роботи всієї системи [3].

Отже, першим помітним наслідком обмерзання стає саме зниження коефіцієнта теплопередачі внаслідок утворення теплоізоляційного шару та часткового блокування повітряних каналів. Згідно експериментальних даних, вже в перші години роботи за мінусових температур ефективність може зменшуватися на 20–30 %, а при подальшому накопиченні льоду – до 40 % [2]. Дослідження [4] також показали, що тривала експлуатація без захисних заходів за температури близько –5 °C призводить не лише до істотної втрати теплової ефективності, а й до порушення повітряного балансу в наслідок зростання аеродинамічного опору (рис. 1). Це, у свою чергу, знижує об'ємну витрату повітря, спричиняє роботу вентиляторів у режимі перевантаження, підвищує енергоспоживання та скорочує ресурс обладнання, особливо у системах з недостатньою автоматизацією роботи [3].

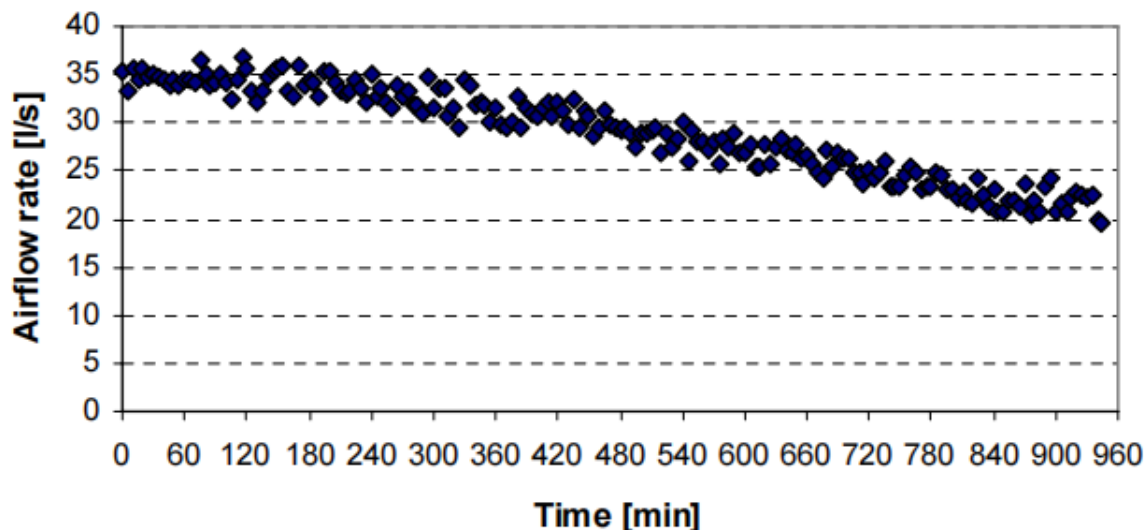


Рис. 1. Зниження швидкості потоку витяжного повітря за -5°C в пластинчастому рекуператорі [4]

Висновки. Обмерзання теплообмінних поверхонь пластинчастих рекуператорів у вентиляційних системах виступає одним із головних обмежуючих чинників їх ефективної роботи в умовах низьких температур зовнішнього повітря. Процеси конденсації та кристалізації вологи з витяжного повітря призводять до поступового зниження теплової ефективності на 20–40 %, зростання аеродинамічного опору та перевантаження вентиляторів. За відсутності системи контролю можливе повне припинення роботи обладнання. Отримані результати підтверджують необхідність системного аналізу поведінки рекуператорів у холодному кліматі для забезпечення їхньої експлуатаційної надійності.

Список використаних джерел

1. Pomianowski M., et al. Experimental Investigation of Frost Formation on Air to Air Counter Flow Heat Exchanger in Air Handling Unit and Climatic Influence on Dry, Wet, Frost Operation Condition. 2019. *40th AIVC, 8th TightVent & 6th venticool Conference Proceedings: From Energy Crisis to Sustainable Indoor Climate – 40 Years of AIVC*. 9 p. [Електр. ресурс]. URL: <https://www.aivc.org/resource/experimental-investigation-frost-formation-air-air-counter-flow-heat-exchanger-air-handling> (дата звернення: 05.09.2025).
2. Li J., et al. Effect of airflow rate on frost formation and performance of membrane energy exchangers in sub-zero conditions. *Applied Thermal Engineering*. 2024. Vol. 236. P. 121639. [Електр. ресурс]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121639>
3. Jedlikowski A., Anisimov S. Analysis of the Frost Formation and Freeze Protection with Bypass for Cross-Flow Recuperators. *Applied Thermal Engineering*. 2017. Vol. 116. Pp. 731–765. [Електр. ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.105>
4. Kragh J., Rose J., Svendsen S. Mechanical ventilation with heat recovery in cold climates. *Proceedings of the Seventh Nordic Symposium on Building Physics in Nordic Countries*. Reykjavik: Oddi hf., 2005. Vol. Bind 2. 1 ed.

УДК 624.15

ЕВОЛЮЦІЯ РУЧНИХ ЗАБИВНИХ ЗОНДІВ РОЗРОБКИ ДПТ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Рудін А. А.¹, аспірант, Несеоря П. І.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹aconicus@gmail.com, ²nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Незважаючи на значний історичний досвід застосування ручних забивних зондів для динамічного зондування ґрунтів, частина інформації щодо їхніх конструктивних характеристик та методик випробувань є неповною або втраченою. Особливо це стосується зондів, створених у ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» (колишній ДПТ) у 50–60-х роках минулого століття. Водночас сучасне відтворення та аналіз ефективності таких зондів у лабораторних та польових умовах ускладнене через недостатню деталізацію параметрів випробувань, а також відсутність систематизованих даних щодо впливу конструктивних характеристик зондів на результати пенетрації.

Мета дослідження. Метою дослідження є систематизація та відновлення конструктивних характеристик ручних забивних зондів, розроблених у ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» (колишній ДПТ), а також оцінка їхньої ефективності у лабораторних та польових умовах для динамічного зондування ґрунтів різної консистенції і обґрунтування можливостей використання таких зондів у сучасних інженерно-геологічних дослідженнях.

Результати дослідження. Серед численних конструкцій ручних забивних зондів для динамічного зондування, особливо виділялися численні зонди, створені у колишньому Дніпропетровському інституті інженерів транспорту (ДПТ), нині – ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» у складі УДУНТ. У 50–60-х рр. минулого століття динамічним зондуванням залізничних насипів у транспортному будівництві та ґрунтових подушок у цивільному будівництві. Для зазначених цілей було розроблено кілька моделей ручних забивних зондів, про які згадувалося у доповідях і повідомленнях, зокрема й на координаційній нараді з питань застосування методів зондування, що відбулася у 1962 р. в м. Дніпро [1–3].

Характеристики більшості зондів розробки ДПТ, починаючи з 50-х рр. минулого століття, наведені в Таблиці 1. Особливий інтерес становлять зонди, захищені патентами на корисні моделі на початку ХХІ ст. [4; 5]. Однак слід окремо відзначити, що частина інформації щодо характеристик зондів все ж потребує уточнення або виявилася втраченою і має бути відновлена. Цікавою особливістю робіт у галузі динамічного зондування, що виконувалися в НДЧ ДПТ, були, окрім польових, також і профільні лабораторні дослідження. Для пенетраційних випробувань тут застосовували моноліти із супісків, суглинків, глин та їхніх сумішей, штучно підготовлені у тонкостінних металевих контейнерах внутрішнім діаметром 30,5 см і висотою 35 см. Цінність досліджень полягала в тому, що моноліти лесовидних суглинків і лесових супісків відбиралися безпосередньо на будівельних майданчиках м. Дніпро. Заформовані за спеціальною методикою моноліти випробовувалися за допомогою забивного лабораторного зонда (пенетрометра), який складався з таких елементів: штанг діаметром 14 мм, молота вагою 3,75 кг, що наносив удари по шаботу, та змінних наконечників діаметрами 20 і 40 мм із кутом загострення 60°.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що питома енергія пенетрації не залежить від ваги молота, висоти його падіння та розмірів наконечника, звідси, за умови, що тертя штанг об ґрунт є несуттєвим. Це найбільш характерно для зв'язних ґрунтів пластичної консистенції (показник консистенції $B > 0$).

Основні параметри ручних забивних зондів розробки ДПТ

№	Тип зонду	Висота скидання молота, см	Маса молота, кг	Штанги		Конічний наконечник		Маса зонду в зборі, кг
				Діаметр штанг, мм	Довжина штанг, см	Діаметр конуса, мм	Угол загострення конуса, град	
1	ДПТ-2	(50)	20 (25)	32	(115)	дані відсутні	(60)	дані відсутні
2	ДПТ-1*	50	35	33.5	дані відсутні	60	30	дані відсутні
3	Зонд Гольдштейна	30	2.2	16	дані відсутні	50	60	дані відсутні
4	ДПТ-3	50 (60)	10	26	115	40	60	25 (без молота)
5	ДПТ-4	50	2.5(3.5)	12/13.5	123	20	30	5
6	ДПТ-5*	50	10	20	110/124	40	60	8 (без молота)
7	Лаб. пенетрометр ДПТ	дані відсутні	3,75	14	дані відсутні	20 40	60	дані відсутні

Висновки. Зі зміною консистенції ґрунту від напівтвердої до твердої (що характерно для незамочених лесових ґрунтів) величини питомої енергії penetрації для різних діаметрів наконечників (а отже, і для різних зондів) усе більш помітно відрізняються між собою. Таким чином, твердження про інваріантність умовного динамічного опору, засноване лише на дослідженні наливних дрібних пісків і механічно поширене на всі типи ґрунтів, для лесових ґрунтів у твердому стані вище рівня ґрунтових вод є щонайменше спірним. Графіки залежності кількості ударів молота на 10 см занурення від густини ґрунтів у більшості випадків виявилися лінійними

Список використаних джерел

1. Методи дослідження механічних властивостей ґрунтів в умовах природного залягання. Доклади та повідомлення на координаційному засіданні 12–14 червня 1962 р. Дніпропетровськ : НДІ МГ ДПТ, 1962. 144 с.
2. Тема № 381/1. Результати випробувань ґрунтів методом динамічного зондування при будівництві будинків № 2, 3, 6 на проспекті ім. К. Маркса в м. Дніпропетровськ. Кер. Гольдштейн М. М. Проблемна лабораторія механіки ґрунтів НДС ДПТ. Дніпропетровськ, 1961. 9 с.
3. Аронов А. М. Обстеження земляного полотна методом динамічного зондування. *Питання геотехніки*. № 5. 1962. С. 81–92.
4. Пшінько О. М., Петренко В. Д., Косяк В. М., Андрєєв В. С., Тютюкін О. Л., Цепак С. В. Патент на корисну модель UA 6859 U. Прилад динамічного зондування нескільких ґрунтів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Опубл. 16.05.2005, Бюл. № 5.
5. Мямлін С. В., Плахотник В. М., Петренко В. Д., Яришкіна Л. О., Цепак С. В. Патент на корисну модель UA 11904 U. Пристрій для динамічного зондування нескільких ґрунтів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1.

УДК 681.3.01

РЕНДЕРИНГ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ : ВИКЛИКИ ШВИДКОСТІ, ФОТОРЕАЛІСТИЧНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СЦЕН

Сабанцева У. О.¹, студ., Титюк А. А.², канд. техн. наук, доц.,
Титюк А. О.³, канд. техн. наук, доц.

¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹24064arc.sabantseva@365.pdaba.edu.ua, ²tytiuk.andrii@pdaba.edu.ua,

³anatol.tytiuk@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Рендеринг є ключовим етапом створення візуального контенту, що визначає якість і реалістичність зображення. Процес ускладнюють висока ресурсоемність, залежність від апаратного забезпечення, баланс між швидкістю та деталізацією, складні матеріали й освітлення, а також артефакти. Різні рендер-рушії мають власні алгоритми та обмеження, тому важлива оптимізація для підвищення ефективності та стабільної якості при раціональному використанні ресурсів [1–4].

Мета дослідження. Дослідження рендерингу охоплює основні складнощі та фактори, що впливають на ефективність і якість: ресурсоемність, баланс між швидкістю та деталізацією, налаштування матеріалів і освітлення, артефакти та вибір рушія. На основі аналізу планується розробка рекомендацій для оптимізації ресурсів і забезпечення стабільної високої якості рендеру.

Результати дослідження. Проводячи аналіз сучасних методів рендерингу, було обрано найпоширеніші програми-рушії, за допомогою яких створюються рендера. Прикладами таких програм є:

V-Ray – високоякісний фотореалізм, точна передача світла і матеріалів. Недоліки: складні налаштування, висока вартість ліцензії і ресурсомісткість.

Corona Renderer – реалістичне освітлення, простота, швидкість, інтеграція з 3ds Max та Cinema 4D. Обмеження: менші можливості для анімації та інтерактивного рендерингу.

Blender (Cycles, Eevee) – безкоштовний та відкритий софт. Cycles забезпечує реалістичний результат, Eevee – швидкість у реальному часі. Мінуси: складність освоєння і повільний рендер без оптимізації.

Unreal Engine – рушії реального часу з підтримкою VR і AR. Має широкі можливості, але вимагає потужного обладнання.

D5 Render – простий інструмент для швидкої візуалізації з інтерактивним освітленням, проте менш гнучкий за професійні рішення.

Twinmotion – зручний для архітектурних презентацій, але поступається у фотореалізмі.

Наведені рендер-рушії відрізняються технічними можливостями та обмеженнями, тому їх вибір визначається специфікою проекту, бюджетом, вимогами до якості та апаратним забезпеченням. Складністю рендеру стає компроміс між швидкістю та деталізацією: підвищення реалістичності сповільнює рендер, а прискорення знижує якість. Важливим чинником є апаратне забезпечення: потужність процесора, відеокарти та обсяг пам'яті визначають швидкість рендерингу й рівень деталізації. Оптимізація процесу потребує балансу між ресурсами, швидкістю та якістю зображення. Приклади проблем:

Детальні 3D-моделі, складні матеріали та багаторівневе освітлення потребують значних обсягів пам'яті й потужних процесорів і відеокарт. Це збільшує час обчислень і ускладнює роботу з великими проектами.

Підвищення параметрів рендерингу (кількість семплів, точність освітлення, роздільна здатність) значно подовжує процес. Користувач змушений шукати баланс між реалістичністю зображення та прийнятними термінами виконання.

Освітлення формує об'ємність і підкреслює матеріали. HDRI дає реалістичні відбиття, тіні та рівномірну яскравість. Фізично коректні шейдери та багаточарові матеріали збільшують час рендерингу. Таку проблему з швидкістю розрахунків та якістю рендеру може вирішити якісно підібране апаратне забезпечення. Графічні процесори з підтримкою

трасування променів, такі як NVIDIA RTX та AMD Radeon RX, значно прискорюють обчислення глобального освітлення та тіней. Рендеринг на центральних процесорах (CPU) залишається актуальним для точних фізично коректних розрахунків, особливо у великих та деталізованих сценах. Гібридний підхід, що поєднує потужності GPU та CPU, дозволяє оптимізувати час обробки складних сцен. Використання такого поєднання забезпечує баланс між продуктивністю та якістю фінальної візуалізації. Це робить рендеринг більш ефективним та реалістичним у різних сферах комп'ютерної графіки.

Артефакти у рендері, такі як шум, мерехтіння чи спотворені відображення, знижують якість фінального зображення та порушують реалістичність сцени. До артефактів можна також додати «літаючі» об'єкти в сцені, пересічні поверхні або дублікатні полігони. Для зменшення артефактів використовують адаптивні алгоритми рендерингу, які концентрують обчислювальні ресурси на деталях сцени. Додатково застосовують фізично коректне освітлення, HDRI-карти, оптимізацію матеріалів і перевірку геометрії моделей. Також використання пре-рендеру на мінімальній якості вирішують проблему із джерелами шуму, артефактами, ракурсом, текстурами, освітленням.

Таким чином, дотримання зазначених рекомендацій дозволяє ефективно поєднувати продуктивність, точність і якість зображень, забезпечуючи оптимальне використання апаратних і програмних ресурсів, зменшуючи витрати часу та зберігаючи реалістичність сцен у архітектурній, анімаційній та ігровій графіці.

Висновки. Якість сучасного рендерингу визначається поєднанням вибору рендер-рушія, оптимізації матеріалів і текстур, правильного освітлення та потужності апаратного забезпечення. V-Ray і Corona Renderer забезпечують точне фотореалістичне освітлення, Blender пропонує безкоштовний рендер через Cycles і швидкий режим Eevee, а Unreal Engine, D5 Render і Twinmotion орієнтовані на інтерактивні сцени. Основні проблеми рендерингу включають високе навантаження на ресурси, компроміс між деталізацією та швидкістю, а також вплив характеристик процесора і відеокарти. Артефакти, такі як шум, мерехтіння та спотворення, мінімізуються адаптивним трасуванням, оптимізацією шейдерів і контролем апаратних ресурсів. Системний підхід до рендерингу дозволяє поєднати продуктивність та реалістичність, забезпечуючи якісний результат при мінімальних витратах часу та ресурсів.

Список використаних джерел

1. Chaos Group. V-Ray Documentation, Corona Renderer. Help Portal [Електронний ресурс]. URL: chaos.com
2. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering [Електронний ресурс]. URL: <https://www.realtimerendering.com/>
3. Blender Foundation. Blender Manual [Електронний ресурс]. URL: <https://docs.blender.org/manual>
4. Advances in Real-Time Rendering in Games [Електронний ресурс]. URL: <https://advances.realtimerendering.com/>

УДК 001.89:67.028.2:65.011.4

ТРАНСФЕР ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ З D- ДРУКУ, ЩО ВІДПОВІДАЄ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ УКЛАДУ INDUSTRY 4.0

Савицький М. В.¹, докт. техн. наук, проф., Савицький А. М.², магістр будівництва,
Савицький О. В.³, PhD, Шевченко Т. Ю.⁴, канд. техн. наук, доц.,
Савицький О. А.⁵, студ.

¹⁻⁴Український державний університет науки і технологій,

⁵НТУ «Дніпровська політехніка»

¹sav15@ukr.net

Актуальність проблеми. Насьогодні безпрецедентним викликом для України є відбудова житлової інфраструктури, зруйнованої в результаті війни. Майбутня відбудова –

це не відбудова України до передвоєнного стану, а глибока сучасна модернізація країни з врахуванням національних традицій, світових загроз і реалізації інноваційних тенденцій створення стійкого і комфортного життєвого простору для майбутніх поколінь. Однією із сучасних інноваційних технологій є технологія 3D-друку будівельних об'єктів.

Постановка проблеми. Сьогодні світ живе в епоху *постіндустріального суспільства (інформаційної ери)*, *третьої* і розвитку *четвертої* промислової революції (середина XX століття і по теперішній час). Ключовою рисою *третьої промислової революції (цифрової)* є перехід від виробництва матеріальних благ до виробництва послуг, інформації та знань (наукомістке виробництво, науково-технічні спеціалісти) [1]. *Економіка*: домінування сфери послуг над промисловістю та сільським господарством. *Технології*: мікропроцесори, персональні комп'ютери, інтернет, мобільний зв'язок, автоматизація виробництва. *Соціальна структура*: домінування «білих комірців» – фахівців, менеджерів, науковців, техніків. Освіта стає ключовим соціальним ліфтом. *Цінність*: інформація як головний ресурс. **Четверта промислова революція (Industry 4.0)** [2; 3]. Період: 3 ~2010-х років. Це не нова стадія суспільства, а нова хвиля технологічних змін в межах постіндустріального суспільства. Ключовою рисою є стирання меж між фізичним, цифровим та біологічним світами. *Технології*: ШІ (AI), Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), робототехніка, біотехнології, 3D-друк, квантові обчислення. *Ефект*: «Розумні» заводи, автономні транспортні засоби, персоналізована медицина, розумні міста.

Рушійні сили розвитку суспільства – це: «*освіта – наука – виробництво (економіка, бізнес) – влада (державне управління) – громадянське суспільство*». Таке формулювання представляє суть системного розвитку, де кожен елемент живить і підсилює інші. Ця п'ятірка компонентів утворює замкнений цикл або «віртуозне колесо» розвитку, де кожен елемент є одночасно і рушійною силою, і наслідком прогресу в інших [4]. *Освіта* – це фундамент розвитку. *Наука* – це двигун прогресу, вона генерує нові знання та технології для виробництва. *Виробництво (економіка, бізнес)* – це матеріальна основа. *Влада (державне управління)* – це координатор і стратег. *Громадянське суспільство* – це «імунна система» суспільства і голос людини. Розвиток відбувається тоді, коли всі п'ять компонентів взаємодіють у взаємозв'язку, посилюючи один одного. Це і є сучасне системне бачення прогресу.

Сьогодні в Україні реалізується Програма великої трансформації «Освіта 4.0: український світанок», стратегічним напрямом якої є гармонізація українського та європейського освітніх просторів задля відповідності вітчизняної системи освіти технологічному укладу Industry 4.0 [5]. «ОСВІТА 4.0 – це освіта, що відповідає вимогам до людських ресурсів ІНДУСТРІЇ 4.0, де люди та технології об'єднані задля відкриття нових можливостей». Однією із сучасних інноваційних технологій в будівництві є технологія 3D-друку будівельних об'єктів.

Мета дослідження. Оцінка вимог до створення і розвитку вітчизняної системи 3D-друку будівельних об'єктів.

Результати дослідження. Для об'єднання складових «освіта – наука – виробництво» в процесі впровадження інноваційної технології 3D – друку в практику будівництва необхідно створення експериментального виробництва, максимально наближеного до реального виробничого процесу. Це можливо при створенні технологічної лінії 3D-друку, що дозволить провадити дуальний освітній процес (студенти, аспіранти, науково-педагогічний персонал), виконувати наукові дослідження (аспіранти і докторанти, науковці – викладачі), виробляти будівельну продукцію різноманітного призначення.

При проектуванні технологічної лінії виходили із наступного: 1 – створення індустріального виробництва; 2 – можливість друкування із бетонів різноманітних складів (з використанням рециклінгових матеріалів від зруйнованих будівель; з використанням екологічних заповнювачів органічного походження та місцевих матеріалів; активних бетонів, які поглинають і зв'язують вуглекислий газ; смарт-бетонів: електропровідні бетони, термоакумулюючі і електроакумулюючі бетони, самочутливий бетони для діагностики технічного стану конструкцій, бетон з матеріалом, що змінює фазу, самовиліковувані бетони і інш.); 3 – мобільна технологія, що може наближатись до місць руйнувань і будівельних

майданчиків; 4 – енергетична незалежність з використанням як традиційних так і відновлюваних джерел енергії.

Як уже зазначалося, на червень 2025 року в Україні накопичилося 6 млн. тонн будівельних відходів. Технологічна лінія технології 3D-друку і використання рециклінгу бетону складається з наступних складових: 1 – мобільний шоковий подрібнювач типу K-JC 604, що призначений для подрібнення будівельних відходів: каміння, бетону, цегли, граніту, вапняку, кераміки, асфальту, скла, тощо; 2 – грохот КОМПАТТО 221– компактна мобільна сортувальна установка на гусеничному ході для розділення подрібнених частин на фракції за розмірами; 3 – апарат вихрового шару ABC-150 для розмелювання і активації дрібних бетонних відходів; 4 – лінія для виробництва сухих будівельних сумішей; 5 – 3D-принт.

Висновки. Заявлена технологічна лінія технології 3D друку і використання рециклінгу бетону має спрямованість на післявоєнну розбудову України на засадах «зеленої», циркулярної економіки, відповідає Програмі великої трансформації «Освіта 4.0: український світанок», стратегічним напрямом якої є гармонізація українського та європейського освітніх просторів задля відповідності вітчизняної системи освіти технологічному укладу Industry 4.0.

Список використаних джерел

1. Постіндустріальне суспільство. URL: <https://esu.com.ua/article-879888>
2. Любовець Олена. Четверта промислова революція : соціальні виклики. URL: https://ndipzior.org.ua/wp-content/uploads/2019/Ryha_09.10.19/Ryha_09.10.19_24.pdf
3. HANNOVER MESSE: Industrie 4.0. URL: <https://www.hannovermesse.de/de/news/top-themen/industrie-4.0/>
4. Форми суспільного розвитку. Рушійні сили розвитку суспільства. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/sociology/12668/>
5. Програма великої трансформації. Освіта 4.0 : український світанок. URL: https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2022/12/10/Osvita-4.0.ukrayinskyi_svitnok.pdf

УДК 355.45:005.334(477)

ОЦІНКА ВОЄННИХ ЗАГРОЗ ТА ВРАЗЛИВОСТІ І АНАЛІЗ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ

Савицький М. В.¹, докт. техн. наук, проф., Бевз М. В.², докт. арх., проф.,
Бордун М. В.³, PhD., доц., Шевченко Т. Ю.⁴, канд. техн. наук, доц.,
Соколов І. А.⁵, докт. техн. наук, проф.

^{1,3,4,5} Український державний університет науки і технологій,

² Національний університет «Львівська політехніка»

¹sav15@ukr.net

Актуальність проблеми. В умовах надзвичайних ситуацій (НС) воєнного характеру, життєво актуальною є проблема виявлення загроз, оцінка ризиків та стратегія стійкості об'єктів цивільної та критичної інфраструктури, забезпечення безпеки людини. Умови досягнення безпеки: суспільне усвідомлення абсолютного пріоритету життя людини; юридичне закріплення прав людини в галузі безпеки; наявність механізму економічного регулювання взаємовідносин у сфері безпеки між людиною і суспільством.

Постановка проблеми. Небезпека – негативна властивість системи «людина – середовище перебування», здатна в певних умовах завдавати шкоди здоров'ю людини. Небезпека реалізується виникненням небезпечних факторів, вплив яких на людину призводить до травми або летального випадку. Кількісною мірою рівня дії небезпек є ризик [1; 2]. Відповідно до [3]: ризик – це ймовірність нанесення шкоди з урахуванням її важкості (тяжкості). Концепція ризику поєднує в собі два елементи – оцінку ризику та управління ризиком. Оцінка ризику – це аналіз походження (виникнення) і масштабів ризику у конкретній ситуації; управління ризиком – аналіз ризикової ситуації і розробка рішення, яке

направлене на зведення до мінімуму та зменшення (мінімізацію) ризику. Головним завданням управління є і завжди буде визначення вартості ризику.

Мета дослідження. Оцінка величина ризику за рівнем смертності і ризику за кількістю жертв серед мирного населення України за роки війни.

Результати дослідження. До останнього часу забезпечення безпечної життєдіяльності базувалося на концепції абсолютної безпеки середовища. Досягти абсолютної безпеки, або нульового ризику в діючих системах зараз неможливо. Сучасний світ відкинув концепцію абсолютної безпеки і прийшов до концепції прийнятного (допустимого) ризику.

Під прийнятним ризиком розуміють рівень індивідуального ризику, який не перевищує граничного рівня. При розрахунку прийнятного ризику виходять з того, що безпека – це не абсолютна відсутність небезпеки, а відсутність неприпустимого ризику. У більшості країн світової спільноти в даний час прийнята концепція «прийнятного ризику» ALARA (As Low As Reasonably Achievable – Настільки менше, наскільки це розумно досяжно) – принцип у галузі радіаційної безпеки, сформульований у 1954 році Міжнародною комісією з радіаційного захисту [4]. Суть цієї концепції полягає в такій безпеці, яку сприймає суспільство і може дозволити собі в даний період часу.

Для оцінки прийнятного ризику, пов'язаного з небезпечними видами діяльності, в Європі використовуються так звані критерії С. Ешбі (S. Ashby) [5]. Числові значення прийнятності ризику: $\leq 10^{-6}$ – незначний (negligible), небезпека ігнорується, не вимагає додаткових заходів; 10^{-6} – 10^{-4} – прийнятний (acceptable), небезпека обговорюється, в окремих випадках можуть проводитись заходи по зниженню ризику; 10^{-4} – 10^{-3} – гранично допустимий (maximum permissible), необхідна розробка і проведення планових заходів, витрати на сигналізацію, засоби ліквідації наслідків тощо; $\geq 10^{-3}$ – неприйнятний (unacceptable), вживаються негайні заходи для зниження небезпеки. Величина прийнятного ризику, який визначений у світовій практиці дорівнює 10^{-6} .

За даними ООН, від початку війни населення України скоротилося на 10 млн осіб і тепер становить 32,86 мільйони [6]. За звітом ЦРУ, Україна має найвищий рівень смертності у світі – 18,6 на 1000 осіб, а також найнижчий рівень народжуваності. Такі дані наводить українська служба BBC [7]. Величина ризику в Україні за рівнем смертності: $18,6/1000 = 18,6 \cdot 10^{-3}$ відноситься до неприйнятного ступеню.

ООН зафіксувала зростання кількості жертв серед мирного населення на 30 % порівняно з 2023 роком. Від початку війни загинуло 13 883 осіб, зокрема 726 дітей [8]. Ризик за кількістю жертв серед мирного населення України за три роки війни: $13883/(3 \cdot 32\,860\,000) = 1,4 \cdot 10^{-4}$, де 13883 – кількість жертв, 3 – кількість років війни, 32 860 000 – населення України. Ці дані корелюють з величиною ризику в промислових країнах від різних джерел небезпеки, а саме, військових дій $R = (0,5 - 1,5) \cdot 10^{-4}$ [9]. Ризик за кількістю жертв серед мирного населення України за три роки війни знаходиться між неприйнятним (10^{-3}) та гранично допустимим (10^{-4}).

Висновки. Виконана оцінка величина ризику за рівнем смертності і ризику за кількістю жертв серед мирного населення України за роки війни. Величина ризику в Україні за рівнем смертності $18,6 \cdot 10^{-3}$ відноситься до неприйнятного ступеню. Ризик за кількістю жертв серед мирного населення України за три роки війни $1,4 \cdot 10^{-4}$ знаходиться між неприйнятним (10^{-3}) та гранично допустимим (10^{-4}). Для забезпечення безпеки цивільного населення України необхідно вживаються негайні заходи для зниження небезпеки. Одними із таких заходів може бути розгорнута мережа мобільних укриттів.

Список використаних джерел

1. Кількісна оцінка небезпек та ступінь прийнятності ризику. URL: <http://samzan.net/188283> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Концепція ризику : оцінка і управління. URL: <https://textarchive.ru/c-2201016-p5.html> (дата звернення: 10.09.2025).
3. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. URL: <https://m.eruditor.one/file/606280/> (дата звернення: 10.09.2025).

4. Guidelines for ALARA – As Low As Reasonably Achievable. URL: <https://www.cdc.gov/radiation-health/safety/alara.html> (дата звернення: 10.09.2025).
5. Risk Management. URL: <https://www.cgi.org.uk/resources/our-bookshop/all-books/study-texts/risk-management/> (дата звернення: 10.09.2025).
6. Total population of Ukraine from 1992 to 2030. URL: <https://www.statista.com/statistics/296122/total-population-of-ukraine/> (дата звернення: 10.09.2025).
7. Акмарал Сакурова. Три года войны России и Украины: страшные итоги. URL: <https://inbusiness.kz/ru/news/tri-goda-voyny-rossii-i-ukrainy-strashnye-itogi> (дата звернення: 10.09.2025).
8. Number of civilian casualties in Ukraine during Russia's invasion verified by OHCHR from February 24, 2022 to July 31, 2025. URL: <https://www.statista.com/statistics/1293492/ukraine-war-casualties/> (дата звернення: 10.09.2025).
9. Концепція прийнятного ризику. URL: <https://poznayka.org/s40696t1.html> (дата звернення: 10.09.2025).

УДК 355.45:005.334(477)

ВИМОГИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРВИННИМИ (МОБІЛЬНИМИ) УКРИТТЯМИ

Савицький М. В.¹, докт. техн. наук, проф., Сухий К. М.², докт. техн. наук, проф.,
Бордун М. В.³, PhD., доц., Нікіфорова Т. Д.⁴, докт. техн. наук, проф.,
Шевченко Т. Ю.⁵, канд. техн. наук, доц., Іващенко В., офіцер, Крутий Ю. М.⁶, аспір.

¹⁻⁶Український державний університет науки і технологій

¹sav15@ukr.net, ³klmari@ukr.net

Актуальність проблеми. Під час ракетно-бомбових атак українських населених пунктів російська федерація скеровує сотні балістичних ракет, ударних безпілотних літальних апаратів та керованих авіаційних бомб проти мирного населення та цивільної інфраструктури. В цих умовах необхідно застосування мобільних укриттів для захисту цивільного населення. Первинні мобільні укриття (ПМУ) повинні забезпечувати короткостроковий (до 4 годин) захист населення на місцевості шляхом зменшення непрямої дії звичайних засобів ураження під час воєнних (бойових дій).

Постановка проблеми. Мобільні системи укриття – це переносні конструкції, призначені для забезпечення тимчасового житла, зберігання, робочого простору та інфраструктури у віддалених або складних умовах. Зазвичай ці системи є легкими, модульними та простими у транспортуванні, монтажі та демонтажі, що дозволяє швидко розгортати та переміщувати їх за потреби [1–3]. На сьогодні захисні споруди цивільного захисту проектується згідно [4]. Мобільні укриття мають свою специфіку, яку необхідно враховувати при їх проектуванні. Норми [5] не містять чітких розрахункових положень що до проектування таких споруд. Окремі пропозиції по захисним спорудам [6–9] в Україні також не містять положень з проектування ПМУ.

Мета дослідження. Сформулювати вимоги до проектування первинних мобільних укриттів для захисту населення України в умовах воєнних дій.

Результати дослідження. При проектуванні мобільних укриттів необхідно забезпечувати наступні вимоги:

1. Швидке розгортання та мобільність (легкість та простота у транспортуванні, монтажі та демонтажі, що дозволяє швидко розгортати та переміщувати їх за потреби).
2. Індивідуальне налаштування і модульність (наприклад, технічний модуль і житловий модуль).
3. Довговічність і стійкість до атмосферних впливів.
4. Технологічна інтеграція (використання інтелектуальних технологій, таких як IoT і AI).
5. Безпека та захист (клімат – контроль, освітлення, вентиляція, ізоляція, вогнестійкість, системи захисту).
6. Економічна ефективність та результативність.

При проектуванні ПМУ повинні враховуватись основні тенденції на ринку мобільних систем, а саме: а) Технологічні досягнення в області матеріалів і дизайну, що призводять до створення більш міцних і легких укриттів; б) Зростаючий акцент на екологічній стійкості, з використанням екологічно чистих матеріалів і енергоефективних конструкцій.

Конструктивні рішення ПМУ необхідно визначати на основі вимог: 1. Єврокоду EN 1990:2023 Basis of structural and geotechnical design (Основи проектування конструкцій та геотехнічних споруд); 2. ДБН В.1.2-14:2018 із зміною № 1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.

При проектуванні і виробництві первинних мобільних укриттів (ПМУ) повинні враховуватись наступні вражаючі фактори: 1. Дія надлишкового тиску повітряної ударної хвилі. Конструктивні рішення ПМУ мають забезпечити: а) стійкість проти перекидання; б) надійність за першою (ULS) і другою (SLS) групами граничних станів (limit state) на дію внутрішніх зусиль, що виникають в конструкціях ПМУ від навантажень і впливів. 2. Дія осколків від вибуху. Конструкції ПМУ мають бути розраховані згідно стандарту НАТО STANG 4569 на підрих 155 мм осколково-фугасного снаряда на відстані 10 м з масою тринітотолуолу 10 кг. Дія осколків моделюється при проектуванні і випробуванні за допомогою FSP (fragment simulating projectile) – стандартного в НАТО осколкового імітатора. Конструкції ПМУ мають запобігти умовам: а) проникнення (пробиття) FSP огорожувальних конструкцій; б) відколу матеріалу огорожувальних конструкцій.

Висновки. Вперше виконано узагальнення вимог до проектування первинних мобільних укриттів для захисту населення України в умовах воєнних дій. При проектуванні і виробництві первинних мобільних укриттів (ПМУ) повинні враховуватись наступні вражаючі фактори: а) дія надлишкового тиску повітряної ударної хвилі; б) дія осколків від вибуху. Конструкції первинних мобільних укриттів мають забезпечити надійність за першою (ULS) і другою (SLS) групами граничних станів (limit state).

Список використаних джерел

1. Mobile Shelter Systems Market Analysis – Industry Size, Share, Research Report, Insights, Covid-19 Impact, Statistics, Trends, Growth and Forecast 2025-2034. URL: <https://markwideresearch.com/mobile-shelter-systems-market/> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Mobile Shelter Systems Market Size, Future Growth and Forecast 2033. URL: <https://www.strategicrevenueinsights.com/industry/mobile-shelter-systems-market> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Military Shelter Market Size, Share and Industry Analysis, By Type (Expandable, Personnel, Vehicle Mounted, Command Post, and Container), By Material (Composites and Metals), By Application (Military and Humanitarian Aid), and Regional Forecast. P. 2024–2032. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/military-shelter-market-103543> (дата звернення: 10.09.2025).
4. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 122 с.
5. ДСТУ 9329:2025. Первинні (мобільні) укриття. Основні параметри та методи випробування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2025. 32 с.
6. Catalog. Buncer UA. Commercial security products. URL: <https://poland.mfa.gov.ua/storage/app/sites/61/bunker-ua-a5-eng301123compressed.pdf> (дата звернення: 10.09.2025).
7. Олександр Семко, Олена Філоненко, Аліна Зигун. Основи проектування захисних споруд цивільного захисту : навч. посіб. Полтава : ПП «Астроя», 2024. 121 с.
8. Антон Гасенко, Оксана Довженко, Володимир Погрібний, Олександр Семко, Олена Філоненко, Олег Юрін. Збірник наукових розробок планувальних та конструктивних рішень споруд цивільного захисту: монографія. За ред. Олени Філоненко. Полтава : ПП «Астроя», 2023. 209 с.
9. Бабич Є. М., Кочкар'єв Д. В., Філіпчук С. В. Основні положення розрахунку захисних фортифікаційних споруд. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2018. Вип. 36. С. 72–80. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2018_36_11 (дата звернення: 10.09.2025).

УДК 697.9:697.1

СМАРТ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМФОРТУ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Савицький М. В.¹, докт. техн. наук, проф., Спиридоненков В. А.², аспір.,
Бордун М. В.³, PhD., доц., Шевченко Т. Ю.⁴, канд. техн. наук, доц.,
Савицький О. М.⁵, канд. техн. наук

¹⁻⁵Український державний університет науки і технологій

¹sav15@ukr.net, ³klmari@ukr.net

Актуальність проблеми. Насьогодні кліматичні зміни є одною із найбільш гострих загроз людству, вирішенню якої сприяє концепція сталого розвитку. Сталий розвиток – це спосіб життя таким чином, щоб добробут сучасних людей не означав обмеження ступеня задоволення потреб майбутніх поколінь. Людство має розвиватись таким чином, щоби забезпечити комфортні умови своєї життєдіяльності і не наносити шкоди оточуючому середовищу, споживаючи енергетичні ресурси.

Постановка проблеми. Сьогодні інформаційні технології виступають рушійною силою прогресивного розвитку економіки і суспільства. Серед інформаційних технологій великої популярності набувають смарт-технології («розумні» технології) у будівництві, які кардинально змінюють умови життя мешканців житлових будівель і раціонально забезпечують параметри комфорту, енергоефективності, екологічності, безпеки і т. ін. [1–5].

Досконале розуміння вимог до будівель і споруд, систем забезпечення енергоефективності і комфортних умов, особливостей інформаційно-управляючих технологій і системи, що в сукупності і є суттю смарт-технологій, надає учасникам будівельного проекту – архітекторам, інженерам-проектувальникам, інженерам системотехнікам і інш. кваліфіковано використовувати можливості смарт-технологій для забезпечення контрольованих параметрів з урахуванням зовнішніх та внутрішніх впливів середовища шляхом керування елементами систем життєзабезпечення.

Мета дослідження. Оцінка можливостей смарт технологій для забезпечення параметрів комфорту і енергоефективності житлових будівель.

Результати дослідження. Розроблена архітектура мережі Інтернету речей (IoT) для технічного рішення системи проактивного управління житловими будинками на основі розумного обладнання. Дослідження проводились в рамках виконання міжнародного проекту PRECEPT [6] на пілотному об'єкті – житловому комплексі «Панорама», що розташований в Україні, м. Дніпро. В межах кожної квартири, обраної для тестування, встановлене наступне смарт-обладнання: смарт-лічильник споживання електроенергії (встановлено в поверховій розподільчій шафі); смарт-лічильник споживання теплової енергії (встановлено у камері теплолічильників); бездротові мультисенсори в спальних кімнатах для вимірювання температури та вологості повітря; бездротовий мультисенсор в кімнаті загального користування (поєднана кухня, вітальня та зона відпочинку) для вимірювання температури, вологості повітря та рівня CO₂; смарт-розетки з функцією моніторингу потужності для вимірювання та управління споживанням електроенергії побутових приладів (холодильник, бойлер та циркуляційний насос). Система в режимі реального часу забезпечує збір даних про параметри моніторингу, їх обробку, візуалізацію та архівування, а також віддалений доступ користувачів до отриманої інформації через інтерактивний веб-інтерфейс.

Результати тестування запропонованого технічного рішення в умовах пілотного об'єкту показали стабільність роботи та безперебійну передачу даних про параметри енергоспоживання, мікроклімату та якості повітря до системи аналітики. Аналіз отриманих масивів даних про добове споживання енергоресурсів та зміни параметрів мікроклімату дозволив запропонувати рекомендації щодо зниження енергоспоживання для пілотного об'єкту. Температура та відносна вологість повітря знаходяться на належному рівні, в межах нормативних вимог. Проте немає необхідності підтримувати температуру в приміщеннях на рівні 22 °С, коли в них не перебувають люди (робочий час). Для зменшення енергоспоживання під час експлуатації пілотного об'єкта необхідно враховувати такі

зовнішні фактори: надходження сонячного тепла та звички (періоди активної діяльності, відсутності тощо) мешканців. Погодні умови також слід враховувати при регулюванні подачі тепла в приміщення. У періоди активної діяльності мешканців пілотного будинку (з 17:00 до 22:00 у робочі дні та вдень у вихідні) рівень CO₂ у приміщеннях становить 700–800 ppm і, навіть, в окремі періоди часу досягає 1 000 ppm. З огляду на це, в приміщеннях повинні бути передбачені автоматичні системи вентиляції для забезпечення притоку свіжого повітря.

Висновки. Розроблена архітектура мережі Інтернету речей для технічного рішення системи проактивного управління житловими будинками на основі розумного обладнання. Результати тестування запропонованого технічного рішення в умовах пілотного об'єкту показали стабільність роботи та безперебійну передачу даних про параметри енергоспоживання, мікроклімату та якості повітря до системи аналітики. Аналіз отриманих масивів даних про добове споживання енергоресурсів та зміни параметрів мікроклімату дозволив запропонувати рекомендації щодо зниження енергоспоживання для пілотного об'єкту.

Список використаних джерел

1. Технології «розумного дому» в українських новобудовах: сучасні можливості та перспективи. URL: <https://riel.ua/blogs/tekhnologiyi-rozumnogo-domu-v-ukrayinskikh-novobudovakh-suchasni-mozhливosti-ta-perspektivi> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Savytskyi M., Bordun M., Spyrydonenkov V. The Sustainable Design of the Greenhouse by Criteria of Heat Losses and Solar Heat Gains. *Proceedings of EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol. 100. Pp. 393–401. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_48 (дата звернення: 10.09.2025).
3. Савицький О. М., Спиридоненков В. А., Циганкова С. Г. Іноваційна система енергоменеджменту ЖК «ПАНОРАМА» у м. Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 1 (19). С. 130–142. DOI:10.30838/J.BPSACEA.2312.270224. 130.1033.
4. Savytskyi M., Shekhorkina S., Bordun M., Babenko M., Tsyhankova S., Spyrydonenkov V., Savytskyi O., Rabenseifer R. Design of proactive management system for residential buildings by using smart equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 2 (128). Pp. 16–25. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301882> (дата звернення: 10.09.2025).
5. Oleksandr Savytskyi, Vitalii Spyrydonenkov, Svitlana Tsyhankova, Maryna Babenko. Implementation of smart building management systems for residential complex “PANORAMA”. *E3S Web of Conferences. ICSBT 2024*. 2024. Vol. 534. P. 01020. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401020> (дата звернення: 10.09.2025).
6. Precept Project. Less Energy – Smarter Buildings. URL: <https://www.precept-project.eu/>

УДК 711:504

ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗРУЧНОСТІ В УМОВАХ МІСТА

Саньков П. М.¹, канд. техн. наук, проф., Ткач Н. О.², канд. техн. наук, доц.,
Ковтун-Горбачова Т. А.³, канд. техн. наук, доц., Макаренко Є. Є.⁴, ст. викл.,
Макаренко М. Є.⁵, студ.

¹⁻⁵ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки та технологій

¹petsankov5581@gmail.com, ²tkachnati3@gmail.com, ³gorbacheva@pdaba.edu.ua,

^{4,5}makarenko.yevhen@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Одним з основних факторів, впливаючих на умови проживання населення міста, являється наявність функціональних зручностей. Під функціональною зручністю розуміють задоволення потреб населення з мінімальними затратами сил, часу та

коштів, а також наявність транспортних зв'язків з місцем роботи, з культурним та громадським центром міста. Критерієм містобудівної оцінки приймають економію часу, сил і коштів на транспортні пересування та знаходження у сфері обслуговування.

Мета роботи: використання моделі обліку економічних аспектів природокористування для забезпечення безпеки життєдіяльності населення в містах в умовах праці, побуту та відпочинку [1].

Основна частина. Виходячи з методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень, одна година вільного часу населення оцінюється як 30–40 % середньогодинної оплати праці населення, що проживає в конкретному районі. У різних регіонах країни вартісна оцінка 1 години вільного часу буде різною, залежно від середньої величини заробітної плати. Від тривалості поїздок будь-якого призначення пасажир відчуває транспортну втому, що залежить від кількості пересадок і ступеня комфортності використовуваних видів транспорту. Транспортна втома показує, як тривалість поїздки впливає на якість продукції (% браку в загальному вигляді продукції, що в свою чергу може бути виражено як пряме зменшення загального обсягу продукції). Транспортна втома діє і після роботи. Її тривалість залежить від специфіки праці та від ступеня комфортності на підприємстві. Величина $V_{тр.вт.}$ приймається для районів центральній частині міста Дніпропетровська в розмірі 30 хвилин, що становить близько 7 % балансу робочого часу трудового дня.

Значення показника транспортної втоми визначається за формулою:

$$U_{тр} = C \cdot V_{тр.вт} \cdot H \cdot n \cdot T, \text{ тис.уде}, \quad (1)$$

де: $U_{тр}$ – оцінка транспортної втоми, тис.уде; C – вартість робочого часу 1 чол-години, уде; $V_{тр.вт.}$ – витрати часу в результаті впливу транспортної втоми, година; H – кількість жителів, що виїжджають з району до місця роботи, чол; n – кількість робочих днів за рік; T – розрахункове число, років.

Транспортна втома нерозривно пов'язана з умовами транспортної доступності районів проживання і місць роботи. Через великі відстані до місць роботи пасажирів необхідно зробити кілька пересадок, викликаючи ще більшу транспортну втому, затратити час, яке могло б бути витрачено на підвищення продуктивності праці, і витратити кошти на поїздки.

Розрахунок витрачених коштів на поїздки визначається з урахуванням кількості пересадок в залежності від тарифів для кожного виду транспорту:

$$D = D_{п} \cdot n \cdot T \cdot (H + H_{с} \cdot \gamma), \text{ уде}, \quad (2)$$

де: D – витрати коштів на поїздки, уде; $D_{п}$ – витрати коштів на 1 поїздки в 2-х напрямках, уде; $H_{с}$ – самодіяльне населення району, чол; H , n , T – теж саме, що й у формулі (1); γ – частка культурно-побутових поїздок щодо трудових.

Одним з найважливіших завдань великих міст є поліпшення санітарно-гігієнічних якостей районів житлової забудови. Для вирішення цієї проблеми проводиться ряд заходів, що включають створення санітарно-гігієнічних зон і різних видів озеленення.

До заходів, спрямованих на задоволення санітарно-гігієнічних норм території, відносять:

1. Винесення за межі житлового району шкідливих виробництв, що вимагають великих зон санітарного розриву і вкладення значних коштів на їх реконструкцію;
2. Поліпшення мережі під'їзних доріг, інженерних комунікацій;
3. Зменшення шкідливих викидів і зниження рівня шуму в результаті модернізації технології виробництва;
4. Різноманіття планувальних рішень.

Планувальне розміщення підприємств будь-якого призначення, в тому числі і обслуговування, в місті і їх взаємний вплив впливають на економічні результати їх діяльності і на ефективність використання міських територій під забудову різного призначення.

Висновки. 1. Забезпечення безпеки життєдіяльності населення є одним із завдань для виконання стратегії формування державної політики в природокористуванні на засадах сталого розвитку.

2. При вирішенні даного завдання важливе значення має забезпечення якості та наявність функціональних зручностей в місті для його жителів.

3. Величезне значення для безпеки людини в містах має грамотне застосування принципів функціонального зонування для запобігання плутанини і забороненого сусідства житлових і промислово-комунальних зон (як це спостерігається зараз в багатьох містах України).

4. Застосування запропонованої моделі обліку економічних аспектів природокористування, розглянутої в цій статті, має велике практичне значення як в умовах реконструкції, так і в умовах нового будівництва для будь-яких інфраструктурних елементів міського середовища.

5. В якості перспектив подальших досліджень автори планують більше уваги приділяти природоохоронним аспектам для запобігання забруднення довкілля від будь-яких функціональних зон міст [2].

Список використаних джерел

1. Економіка природокористування: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2020. 252 с.
2. Каличева Н. Є., Соломніков І. В., Кондратюк М. В. Економіка природокористування: конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2024. Ч. 1. 68 с.

УДК 681.5:711.4:167

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ МІСТ НА ПРЕДМЕТ ВІДПОВІДНОСТІ ВИМОГАМ SMART CITY ДЛЯ УКРАЇНИ

Саньков П. М.¹, канд. техн. наук, проф., Дікарев К. Б.², канд. техн. наук, доц.,

Ткач Н. О.³, канд. техн. наук, доц., Дікарева Л. К.⁴, учениця

¹⁻³Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
Українського державного університету науки і технологій,

⁴КЗО «Науковий медичний ліцей «Дніпро»

¹petsankov5581@gmail.com, ²Kdikarev@ukr.net,

³tkachnati3@gmail.com, ⁴ldikareva09@gmail.com

Постановка проблеми. Задачі охорони природи нині переходять від локального рівня до глобального масштабу. Для розроблення концепцій розвитку регіонів необхідно впроваджувати механізми регуляції взаємодії між штучними та природними системами. Головна роль містобудівників полягає у формуванні раціональних моделей розселення, що забезпечать екологічно збалансований розподіл всіх функцій між регіонами України, що дозволить провести оптимізацію споживання природних ресурсів належним чином.

Мета роботи проведення комплексної екологічної оцінки території міст Дніпро, Кам'янське в порівнянні з містом Бангкок на предмет відповідності вимогам «розумного міста» [1].

Основна частина. Ця оцінка полягає у виявленні природних і антропогенних факторів екологічної небезпеки і встановленні масштабів і інтенсивності їхнього вираження на конкретній території за допомогою розробленої нами інноваційної методики. Для цього треба вивчити та проаналізувати стан території й надати її статистичну оцінку з розробкою практичних рекомендацій щодо його покращення. В роботі [2] на рисунку 1 нами визначено восьму область благополуччя загальної системи якості й безпеки життєдіяльності населення (ЯБЖДН) – 80-00 «Територія господарської активності людини».

В роботі приведемо вибірково результати дослідження по визначенню балів для кожного з приватних факторів (їх 7 одиниць) для класу «Соціальний розвиток» (81-00) (табл. 1) і для 9 приватних факторів класу «Антропогенні фактори» (83-00) (табл.2).

На рисунку 1 зображено порівняння зваженого інтегрального показника якості Кз дослідних територій згаданих міст.

Таблиця 1

Параметри оцінки факторів класу 81-00 «Соціальний розвиток» для 3 міст

Місто/Фактор	Людський розвиток	Соціально - економічне освоєння території	Природний рух населення	Демографічна ситуація	Загальна захворюваність населення	Здоров'я населення	Бідність населення
№ Фактору	81-01	81-02	81-03	81-04	81-05	81-06	81-07
Дніпро	0,7	73,4	7,3	46,3	5,4	46	35,8
Бали для Дніпра	4	3	4	3	2	1	1
Кам'янське	0,6	73,4	8,3	46,3	4,8	39,1	35,8
Бали для Кам'янського	4	3	4	3	2	1	1
Бангкок	0,740	49,9	1,9	41,0	4,47	58,03	43,7
Бали для Бангкоку	4	2	3	2	2	1	1

Таблиця 2

Параметри оцінки факторів класу 83-00 «Антропогенні фактори» для 3 міст

Місто/Фактор	Антропогенний ризик	Радіаційна забрудненість території	Забрудненість поверхневих вод	Забрудненість підземних вод	Забрудненість природного середовища	Урбанізованість території	Антропогенна змінність ландшафтів	Забрудненість атмосферного повітря	Надзвичайні ситуації
№ Фактору	83-01	83-02	83-03	83-04	83-05	83-06	83-07	83-08	83-09
Дніпро	>7.51	0.5	21.2	79.7	90	55	30	40.8	≥14.73
Бали для Дніпра	3	1	3	1	1	3	4	2	1
Кам'янське	>7,51	>0,5	45	<20	80-90	83	20-30	80-90	≥14.73
Бали для Кам'янського	3	1	2	1	1	2	4	1	1
Бангкок	6,48	0,12	70.66	48.74	76.52	65	79	72.43	≥14.75
Бали для Бангкоку	3	4	1	2	1	2	3	1	1

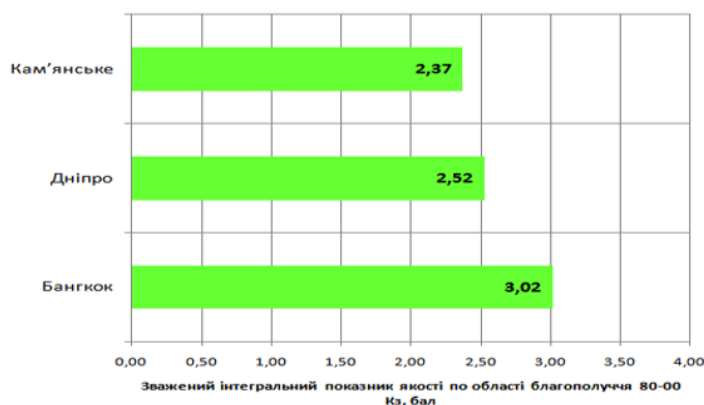


Рис. 1. Порівняння зваженого інтегрального показника якості КЗ дослідних територій міст Кам'янське, Дніпро та Бангкок

Висновки. Актуальні тенденції розвитку сучасних українських міст все ще доволі складно вписати в межі загальноєвропейського сценарію інтелектуального міського розвитку. Ряд структурних проблем, серед яких, зокрема найголовніша – це військовий стан, повністю зупиняє прогресивний рух великих міст України у напрямку удосконалення

комунальних сервісів, поглиблення їхньої взаємної інтеграції з метою підвищення комфорту проживання громадян. Дана робота спрямована на вирішення зазначеної проблеми тільки на перспективу після остаточної перемоги і закінчення війни.

Список використаних джерел

1. Sankov P., Zakharov Y., Tkach N., Chashyn D., Yurin O. Innovative Program of Quality Assessment of Cities for the Compliance with «Smart City» Category. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023. Vol. 299. Pp. 517–525. DOI: 10.1007/978-3-031-17385-1_41.
2. Саньков П. М., Дікарев К. Б., Долотій М. А., Ткач Н.О., Дікарева Л. К. Допрацювання методики оцінки міст на предмет відповідності вимогам Smart City. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності і екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій»* (20–21 лютого 2024 р.) : збірник тез під редакцією Миколи Савицького, Костянтина Сухого, Владислава Данішевського, Анатолія Радкевича, Івана Назаренка, Юрія Пройдака. Дніпро: ПДАБА, 2024. С. 157–159. (електр. вид.). URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/12436>

УДК 766

ТИПОГРАФІКА ЯК КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ В ІНФОРМАЦІЙНИХ КАМПАНІЯХ

Северін К. В.¹, ст. викл., Павленко Т. О.², канд. арх., доц., Пасічна Т. О.³, ст. викл.,
Потапенко Г. М.⁴, ст. викл., Бобровський І. В.⁵, ст. викл.

¹⁻⁵ НУ «Запорізька політехніка»

¹severinkate77@gmail.com, ²tanya.mukha.85@gmail.com, ³tanya.pas@gmail.com,

⁴123design@ukr.net, ⁵design_i@zp.edu.ua

Постановка проблеми. Типографіка є важливим інструментом у створенні візуальної ідентичності, оскільки вона здатна не тільки передавати інформацію, але й формувати емоційне сприйняття бренду або кампанії. Шрифт, як елемент візуальної комунікації, має значний вплив на сприйняття повідомлень, формуючи настрій, стиль і характер комунікації.

Мета дослідження. Основною метою даної наукової роботи є аналіз розвитку українських шрифтів та визначення його ролі як засобу візуальної комунікації.

Результати дослідження. В цілому, типографіка є не просто засобом передачі текстової інформації, але й важливим елементом, що формує візуальний образ, який здатний впливати на сприйняття, асоціації та емоційний відгук аудиторії, що є необхідним для ефективної візуальної ідентичності в будь-якій інформаційній кампанії.

Українська шрифтова спадщина – це різноманіття форм, що виникли на перетині численних культурних та історичних епох. Отже, розуміння використання етнічних елементів у шрифтах вимагає детального аналізу історичного розвитку української писемності та шрифтів. Шрифти не тільки служать засобом передачі текстової інформації, але й є відображенням культурної ідентичності та історії народу. Українські шрифти мають багату історію, що відбиває унікальне синтезування культурних традицій і впливів, від часів Київської Русі до сучасності.

Історія українських шрифтів починається з використання кирилиці, яка була адаптована для слов'янських мов та подальше вдосконалення алфавіту для української мови. Виявлення етнічних мотивів у українських шрифтах – це процес, що включає глибоке занурення в історію та традиції українського народного мистецтва. Це вивчення історичних коренів, де оцінюються шрифти, що базуються на традиційному українському письмі.

Відомий український дизайнер В. Даниленко досліджував еволюцію графічного дизайну в Україні та дійшов висновку, що для досягнення національної ідентичності дизайн повинен бути унікальним. На сучасному етапі актуальним є створення нових форм, що

сприятимуть формуванню власних цінностей. У цьому контексті важливо глибоко вивчати тему національної візуальної унікальності українського шрифту, зокрема його художньо-образні аспекти та вплив на сприйняття носіями української мови [1].

Одним з найважливіших аспектів впливу шрифту на носіїв мови є збереження національних особливостей та акцидентності, що забезпечують читабельність і підтримують культурну ідентичність. На думку українського дизайнера-графіка Т. Іваненка, акцидентний шрифт не лише акцентує увагу на народних особливостях, але й слугує засобом відродження культурних традицій у графічному мистецтві. Такий шрифт сприяє збереженню національної ідентичності, роблячи візуальні комунікації більш автентичними та глибокими з культурної точки зору [2].

Враховуючи роль акцидентних шрифтів у відображенні візуальної національної ідентичності, важливо звернути увагу на внесок В. Чебаника, який, подібно до інших дизайнерів, сприяв розвитку української шрифтової культури. Створений ним шрифт «Рутенія» став символом національної самобутності та культурного відродження. Завдяки дослідженням і переосмисленню класичної кирилиці, Чебанік не лише зберіг культурні традиції, але й підкреслив їхню важливість у сучасній графічній мові.

Сучасне шрифтове мистецтво України перебуває на етапі активного розвитку, що сприяє зміцненню візуальної культури та її інтеграції в глобальний дизайн. Розширення кола шрифтарів і зростаючий попит на авторські шрифти зумовлює відродження інтересу до історичної української типографії. Молоді дизайнери, такі як Кирило Ткачов зі студією «АльфаБраво», створюють шрифтові гарнітури, які поєднують національні традиції з сучасними вимогами.

Наприклад, гарнітури RockStar і Aleksa зберігають естетичні особливості української шрифтової спадщини та водночас відповідають актуальним стилістичним запитам. Особливе місце займають колаборації з провідними дизайнерами, що дозволяють інтегрувати національні шрифти в значущі проекти, такі як «Ukraine Now», «Rozetka» та «Дія». Українські шрифтові студії, серед яких Mint Type і Pepper Type, працюють над удосконаленням нових шрифтових форм, таких як Skema Pro та Accia Variable. Водночас студія «Апостроф» займається відновленням забутих українських шрифтів, вносячи значний внесок у популяризацію національних типографічних традицій.

В інформаційних кампаніях типографіка виконує важливу роль у підсиленні патріотичних настроїв, сприяючи формуванню національної єдності та посиленню культурної ідентичності в соціокультурному контексті сучасної України. Шрифти стали не просто інструментом передачі інформації, але й способом вираження національних ідей та прагнень.

Наприклад, використання шрифтів в українських інформаційних кампаніях, які базуються на українських писемних традиціях, створює емоційний зв'язок між аудиторією та національними цінностями. Вони відображають дух українського народу, його боротьбу за свободу, збереження культурної спадщини та прагнення до майбутнього.

Типографіка в інформаційних кампаніях також слугує важливим маркером, який допомагає адаптувати кампанію до конкретного соціально-культурного контексту. Кампанії, спрямовані на українське суспільство, часто використовують шрифти, що мають історичні та культурні корені, таким чином підсилюючи їхню легітимність та культурну релевантність.

Наприклад, кампанії, що сприяють національній єдності чи підтримці військових, використовують шрифти, які відображають героїзм, мужність та патріотизм. Ці шрифти не лише передають змістовне повідомлення, але й впливають на емоційний стан аудиторії, створюючи глибший рівень залучення [23].

Висновки. Отже, типографіка є потужним інструментом для створення візуальної ідентичності в інформаційних кампаніях, здатним відображати соціокультурні аспекти та посилювати емоційний вплив. Згідно проведеного аналізу, підкреслено позитивну перспективу розвитку українських шрифтів, що полягає у ствердженні національної складової, базуючись на міцному ґрунті минулого, протиріччях еволюції та становленні його нових форм та моделей.

Дослідження визначило особливу роль українського шрифту як засобу візуальної комунікації, що має високий рівень сприймання носіями української мови та виявило позитивний ефект використання акцидентних шрифтів з метою втілення українських автентичних народних традицій.

Список використаних джерел

1. Дубрівна А. П., Дороніна С. О. Український шрифт : витоки, етапи формування, стилістичні особливості. *Мистецтвознавчі записки*. 2021. Вип. 40. С. 10–14. RL: <http://elib.nakkkim.edu.ua/handle/123456789/3696> (дата звернення: 27.09.2025).
2. Ivanenko T. A. The modern trends in the formation of display type. *Bulletin of the Kharkiv State Academy of Design and Arts*. 2006. № 1. Pp. 47–57.

УДК 325.1

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Симонов С. І.¹, канд. техн. наук., доц., Гаркуша В. С.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

¹simonov_s_i@pstu.edu, ²harkusha_v_s@pstu.edu

Постановка проблеми. Після проголошення своєї Незалежності Україна зіткнулася з найбільшим викликом у своїй історії у вигляді агресії Росії та наймасштабнішою війною на території Європи з часів Другої світової війни. Мільйони людей стали внутрішньо переміщеними особами, десятки сіл та міст було зруйновано, деякі міста зруйновано повністю. Після закінчення війни актуальним стане питання, що робити із цими містами і чи варто їх відновлювати. На прикладі Донецької області ми можемо зробити висновки, що не всі міста знищені на 100 %, деякі міста як Селидове та Новогродівка були окуповані майже без бою, такі міста як Мар'їнка, Авдіївка, Торецьк в яких велись бої ще з 14 року, знищені повністю і якщо бувши промислові міста як Авдіївка, та логістично вигідно розміщені міста такі як Бахмут, ймовірно будуть відновлені, то такі міста як Мар'їнка ризикують ніколи не відродитись. В Донецькій області також знаходиться найбільше окуповане місце під час війни – Донецьк, та найбільше місто після відкритої російської агресії – Маріуполь, в яких були так названі «хрущовкі», котрі давно пережили свій вік, та котрі повинні бути демонтовані, а міста повинні стати більш сучасними, «зеленими», та комфортними для життя, з сучасними трендами в архітектурі, но при цьому повинні нагадувати про цю війну, та ціною якою далась деокупація цих міст. І хоча війна не закінчена, та не всі території деокуповані, ми повинні вже зараз, розробляти програми для їх відновлення, та шукати інвесторів, для цих програм.

Мета дослідження. Всі війни закінчуються, не винятком буде й наша війна, після чого основним питанням буде відновлення країни. В більшості регіонів й до війни житловий фонд майже не відновлювався, зараз з кожним днем він стає все менше, тому після закінчення війни повернення кількох мільйонів українців буде під великим питанням, бо більшості їх не буде де жити, і масове розміщення в модульних будинках, не вирішить це питання. Повинна бути масштабна державна програма по відновленню країни, бо країна ризикує назавжди втратити багатьох своїх громадян, котрим нікуди буде повертатися.

Результати дослідження. У період одного року, з моменту вторгнення Росії в Україну з 24 лютого 2022 року по 24 лютого 2023 року за підрахунками уряду України, групи Світового банку, Європейської комісії та ООН, на відновлення потрібно 411 млрд доларів, вже у грудні 2023 згідно з оцінкою, загальна вартість відбудови та відновлення в Україні становить 486 мільярдів доларів США [1], у 2025 вартість відновлення зросла на 524 мільярдів доларів [2]. Так як війна ще йде, вартість відбудови та відновлення буде тільки зростати з кожним днем, тому вже зараз потрібна програма відбудови, особливо деокупованих територій. На даний момент в Україні немає державної програми відновлення зруйнованих територій, є лише окремі законопроекти, наразі урядовцями було розроблено

законопроект, який містить лише законодавчі ініціативи щодо перших концептуальних кроків з відновлення населених пунктів. Він має назву «Програма комплексного відновлення області (регіону) та території територіальної громади (її частини)». І якщо в рамках Маріуполя діє програма «Mariupol reborn», то майже всі інші міста Донецької області під питанням, чи будуть їх загалом відновлювати чи ні, також слід зазначити, що навіть в рамках «Mariupol reborn», вивчали лише європейський опит відновлювання Польщі та Роттердама, хоча є опит відновлення Південно-Східної Азії, коли після Другої Світової не тільки вся Японія була в руїнах, але й столиця Філіппін, після Корейської війни, коли обидві країни втратили більшу частину житлового фонду, а бомбардування Індокитаю під час В'єтнамської війни були сильніші, ніж зараз в Україні. Крім окремих законопроектів Уряд затвердив постанову № 382 «Про реалізацію експериментального проекту щодо відновлення населених пунктів, які постраждали внаслідок збройної агресії Російської Федерації», яка визначає шість населених пунктів, де в межах експериментального проекту відновлення проходитиме комплексно й за новими принципами, основним з котрих є принцип «Build back better», тобто «відбудувати краще, ніж було». Були відібрані такі населені пункти: Бородянка і Мошун в Київській області, Тростянець у Сумській області, Посад-Покровське в Херсонській області, Циркуни в Харківській області та Ягідне в Чернігівській області [3], але ця програма вже зараз відчуває нестачу фінансування [4], хоча жодне місто не має масштабів Маріуполя, тем більше Донецька, та пошкоджень рівня Мар'їнки, Авдіївки чи Покровська де зараз йдуть бої.

Висновок. Ми вважаємо, що після деокупації, не варто відновлювати все як це було до війни, а потрібно створити новий житловий простір із застосуванням сучасних трендів в архітектурі та будівництві та замість можливих міст-примар, на відновлення яких піде багато часу та коштів, краще створити щось нове, наприклад рекреаційні зони з урахуванням того, що природа та екологія Донбасу, яка і до війни була не в кращому стані, постраждали ще більше. Вже зараз ми можемо робити прогноз, що після деокупації території кількість жителів в деокупованих містах, буде значно менше, ніж до війни, тому не слід відновлювати усі міста. Ми пропонуємо зробити більше парків, який дозволить покращити екологію Донбасу, а також залучатиме туристів у регіон, що забезпечить робочі місця для місцевих жителів, які приймуть рішення повернутися, та дозволить змінити імідж Донбасу з індустриальних депресивних територій на сучасні міста, також ми пропонуємо звернути увагу на опит відновлення кількох країн Південно-Східної Азії, котрі після масштабних війн Другої Світової, Корейської, та кількох Індокитайських війн дуже швидко відновились.

Список використаних джерел

1. Гаркуша В. С., Симонов С. І., Павлишин Г. Е. Планування паркових зон на території зруйнованих міст. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 3. С. 35–42. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/3327202>.
2. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
3. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/382-2023-%D0%BF#Text>
4. URL: <https://ti-ukraine.org/research/eksperyment-z-kompleksnogo-vidnovlennya-naselenyih-punktiv-shho-vdalosya-za-rik/#section3>

УДК 620.92:628.9

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЛАДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Сиротюк С. В.¹, канд. техн. наук, доц., Боярчук В. М.², канд. техн. наук, проф.,
Шмиг Р. А.³, канд. техн. наук, доц., Станицький Т. О.⁴, ст. викл.,
Кригуль Р. Є.⁵, канд. техн. наук, доц., Бурченя С. П.⁶, канд. техн. наук, доц.,
Хімка С. М.⁷, канд. техн. наук, доц., Коробка С. В.⁸, канд. техн. наук, доц.,
Дудко І. О.⁹, асист.

¹⁻⁹Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького

¹ssyr@ukr.net, ²vim2@ukr.net, ³roman.shmyh@gmail.com, ⁴stanytskyitaras@gmail.com,
⁵krroma@ukr.net, ⁶burchenyasof@gmail.com, ⁷stepanhimka@gmail.com, ⁸korobkasv@ukr.net,
⁹ilyus90@gmail.com

Постановка проблеми. Енергетична безпека та енергоефективність будівельних об'єктів є одними з ключових факторів сталого розвитку сучасних міст і населених пунктів. Зростання вартості викопних енергоносіїв, їх обмеженість та негативний вплив на довкілля вимагають впровадження відновлюваних джерел енергії у системи енергозабезпечення об'єктів цивільного будівництва.

Традиційні системи енергопостачання часто не відповідають вимогам до екологічності та економічної ефективності. Крім того, вони є залежними від централізованих мереж і вразливими до аварійних відключень. Використання відновлюваних джерел енергії відкриває нові можливості, однак окремо взяті технології не завжди забезпечують необхідний рівень надійності енергопостачання. Це обумовлює потребу у створенні комплексних систем [1], здатних інтегрувати кілька видів обладнання та здійснювати розподіл енергетичних потоків за оптимальними алгоритмами.

Мета дослідження. Метою роботи є обґрунтування структури комплексної системи енергозабезпечення об'єктів цивільного будівництва з використанням обладнання відновлюваної енергетики, побудова інтегрованої гібридної схеми постачання теплової та електричної енергії та розробка принципів інтелектуального керування енергетичними потоками.

Результати дослідження. У рамках дослідження розроблено структуру гібридної системи енергопостачання, яка включає: сонячні теплові установки та теплові помпи, що акумулюють теплоту у спільному тепловому резервуарі; фотоелектричні та вітроелектричні установки для генерації електроенергії з можливістю зберігання у акумуляторних батареях; систему резервного або пікового джерела (наприклад, газовий або електричний котел) для забезпечення безперервності постачання в умовах дефіциту відновлюваних ресурсів. Загальна структура запропонованої системи подана на рисунку.

Особливістю розробленої системи є наявність єдиного керуючого центру, що базується на мікроконтролерній платформі. Вона забезпечує збирання інформації від датчиків температури, витрати води, теплолічильників, сенсорів споживання електроенергії та метеорологічних приладів; аналіз отриманих даних у реальному часі; формування оптимальних режимів роботи обладнання з урахуванням поточних кліматичних умов і графіків енергоспоживання.

Для підвищення гнучкості та точності прийняття рішень у системі керування запропоновано застосування методів нечіткої логіки (Fuzzy Logic). Це дозволяє адекватно враховувати багатофакторні умови, зокрема: непередбачувані зміни погоди, коливання споживчих навантажень, обмежену продуктивність відновлюваних джерел.



Рис. 1. Структурна схема системи комплексного енергозабезпечення об'єктів цивільного будівництва

Крім того, як перспективний напрям передбачено інтеграцію штучного інтелекту (ШІ). Використання алгоритмів машинного навчання дає змогу прогнозувати енергоспоживання, формувати оптимальні добові та сезонні режими роботи обладнання, мінімізувати використання резервних (традиційних) джерел та зменшувати експлуатаційні витрати.

Розроблена структура комплексної системи дозволяє підвищити ступінь автономності будівельних об'єктів; забезпечити стабільність та безперебійність енергопостачання; мінімізувати вплив на довкілля завдяки скороченню викидів парникових газів; підвищити рівень енергетичної незалежності об'єктів цивільного будівництва.

Висновки. Обґрунтована структура комплексної системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії є ефективним рішенням для сучасного цивільного будівництва. Її ключовими особливостями є інтеграція сонячних теплових установок, теплових pomp, фотоелектричних та вітроелектричних установок й накопичувачів енергії з інтелектуальною системою керування.

Застосування методів нечіткої логіки та елементів штучного інтелекту забезпечує адаптивність і гнучкість роботи, оптимізацію енергетичних потоків та зменшення залежності від традиційних джерел енергії.

Таким чином, впровадження комплексних систем енергопостачання сприятиме реалізації концепції сталого розвитку, зниженню енергетичних витрат у будівництві та підвищенню комфорту і безпеки для користувачів об'єктів цивільного призначення.

Список використаних джерел

1. Syrotiuk V., Syrotyuk S., Ptashnyk V., Tryhuba A., Baranovych S., Gielzecki J., Jakubowski T. A hybrid system with intelligent control for the processes of resource and energy supply of a greenhouse complex with application of energy renewable sources. *Przegląd Elektrotechniczny*. Vol 2020, № 7. Pp. 149–153.

УДК 72.04:687.01(043.5)

ОСОБЛИВОСТІ СПРИЙНЯТТЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ПЛАСТИКИ ФАСАДІВ
ЗАБУДОВИ КИЄВА КІНЦЯ ХІХ – ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТЬСідорова М.-Ю. А.¹, аспір., Сідорова О. І.², ст. викл.^{1,2}Державний університет «Київський авіаційний інститут»¹mariia.sidorova@npp.kai.edu.ua, ²olena.sidorova@npp.kai.edu.ua

Постановка проблеми. Забудова Києва кінця ХІХ – початку ХХ ст. створює відчуття комфорту, оскільки ширина вулиць, розміри площ, поверховість і висота будинків історичного центру відповідають умовам людського сприйняття і викликає позитивні емоції. Внаслідок воєнних дій, руйнацій, обумовлених часом, а також через приватну власність на будівлі в історичному центрі міста правила забудови вулиць Києва часто порушуються, малоповерхові будинки в історичному центрі зникають, а замість них будуються багатоповерхові споруди, які порушують масштаб забудови і умови сприйняття фасадів, що приводить до втрати самобутності Києва.

Мета дослідження. Дослідити особливості сприйняття архітектурної пластики фасадів забудови кінця ХІХ початку ХХ ст. в м. Києві.

Результати дослідження. Історичне середовище людина сприймає у часовому просторі. Рух по вулицям із щільною периметральною забудовою обумовлює безперервне сприйняття, яке відбувається за принципом зміни «кадрів». Такий вид сприйняття поєднується з точковим сприйняттям на площах, перехрестях вулиць, висотних точках, в місцях де фасади відступають від червоної лінії забудови [1]. При точковому сприйнятті велике значення має композиційна побудова архітектурного середовища, співвідношення висоти забудови та простору вулиці чи площі.

Розглянемо сприйняття окремих фасадів в умовах периметральної забудови вулиці і розрахуємо оптимальну відстань для сприйняття фасадів.

Згідно правил забудови вулиць старого Києва, як пише Малаков Д. В. [2], висота будинків в периметральній забудові вулиць Києва кінця ХІХ – початку ХХ ст. не повинна перевищувати ширини вулиці.

Ширина вулиці історичного центру в обраному для дослідження місці (вул. Велика Житомирська) дорівнює приблизно 10 м, обидва тротуари з обох боків разом – близько 7 м. Отже приблизна відстань для сприйняття фасаду, який знаходиться на протилежному боці вулиці дорівнює близько 17 м. Чи відповідає ця відстань для найкращого сприйняття фасаду висотою 20 м?

Згідно формули кут сприйняття об'єкта можна розрахувати використовуючи тригонометричну функцію тангенсу. Якщо відомо висоту фасаду h та відстань до нього L , то кут сприйняття фасаду V в радіанах буде дорівнювати арктангенсу від відношення висоти фасаду до відстані від фасаду до глядача h/L .

$$V (\text{кут сприйняття}) = \arctan(h/L).$$

Результат ми отримаємо в радіанах. Щоб перевести радіани в градуси використаємо формулу :

$$v (\text{град.}) = v(\text{рад.}) \times (180/3,14).$$

Розрахуємо кут сприйняття фасаду висотою 20 м, який знаходиться на протилежному боці вулиці шириною 17 м:

$$v(\text{рад.}) = \arctan(h/L) = \arctan(20/17) = \arctan(1,176) = 1,57 \text{ радіан},$$

$$v(\text{град.}) = 1,57 \times (180/3,14) = 1,57 \times 57,32 = 89,9 \text{ град.}$$

Отже для сприйняття фасаду висотою 20 м на відстані 17 м у глядача буде кут сприйняття практично 90 градусів. Згідно дослідженням С. П. Шкляра «Ергономіка в архітектурі» [3] для сприйняття віддаленого об'єкта (при нерухомій голові) у вертикальній площині потрібен максимальний кут огляду до 60 градусів (40 градусів вгору і 20 градусів

вниз від лінії спостереження). Таким чином сприйняття фасаду висотою 20 метрів з відстані 17 метрів буде незручним при нерухомій голові і очах.

Якби забудовники виконували правила щодо максимальної висоти будівлі, яка не повинна перевищувати ширину вулиці (і при ширині вулиці (разом з тротуарами) 17 м висота будинків не перевищувала би $h = 17$ м), то кут сприйняття фасаду (з протилежного боку вулиці) був би:

$$v = \arctan(17/17) = 0,785 \text{ rad},$$

$$v_{\text{град.}} = 0,785 \times 180/3,14 = 0,785 \times 57,3 = 44,9 \text{ град.}$$

Тобто кут 44,9 градуса менший ніж максимальний кут огляду 60 градусів і відповідає достатньо комфортному і цілком прийнятному куту огляду.

Таким чином, розрахунки підтверджують, що для сприйняття будівель на протилежному боці вулиці висота фасадів має бути не більшою ніж ширина вулиці

Висновки. Оптимальна відстань для сприйняття окремих фасадів в забудові вулиці і деталей в нижній зоні сприйняття залежить від кута сприйняття і висоти об'єкта. Висота будівель в периметральній забудові історичного центру не повинна перевищувати ширину вулиці. Особливості сприйняття периметральної забудови кінця XIX – початку XX ст. і розрахунки оптимальних відстаней та кутів сприйняття фасадів, порталів, скульптури, ґрат проїздів та інших елементів партеру можуть бути використані при реконструкції історичної частини м. Києва.

Список використаних джерел

1. Водзинський Є. Є. Охорона ландшафтів як складова збереження культурної спадщини. Праці НДІ пам'яток охоронних досліджень. Вип. 5. Київ : Фенікс, 2010. С. 301–317.
2. Малаков Д. В. Правила забудови старого Києва. Архітектурна спадщина України. Київ, 2002. С. 436–438.
3. Шкляр С. П. Ергономіка в архітектурі : конспект лекцій (для студентів 3 курсу спеціальності 191 – Архітектура та містобудування). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 55 с.

УДК 72.017.2

СВІТЛОВИЙ ПЛАН МІСТА ДНІПРА. ПІДСУМКИ ВОРКШОПУ CITY LIGHT MASTERPLAN У М.ДНІПРО

Славінська Г. М.¹, ст. викл., Захарчук Н. В.², асист.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹slavinska.hanna@pdaba.edu.ua, ²zakharchuk.nataliia@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Створення і використання на всіх рівнях світлового майстер-плану міста є тенденцією останнього десятиліття. Розробка цього комплексного документу потребує залучення багатьох спеціалістів різного профілю високої кваліфікації, проведення низки спеціалізованих досліджень, обговорення громадою. Втілення розробленого світлового плану в життя дозволяє досягти впізнаваного образу міста, значної економії коштів муніципального бюджету, комфорту і безпеки громадян.

Мета дослідження. Станом на сьогодні жодне місто України не має розробленого майстер-плану, освітлення проектується і реалізується хаотично, часто – із використанням застарілих стандартів і технологій. Триденний City Light Masterplan від міжнародного експерта зі світлового урбанізму Роже Нарбоні, що відбувся на базі компанії Expolight із залученням архітекторів міста, викладачів і студентів архітектурного факультету ННІ ПДАБА, мав на меті створити концепції світлового майстер-плану міста Дніпро.

Результати дослідження. За останні роки дизайн освітлення сучасних суспільних просторів радикально змінився. Від ідеї «яскравого міста» спеціалісти поступово радять переходити до екологічних і економічних рішень. Світловий дизайн має враховувати інтереси і природні ритми активності і сну мешканців міста, і не тільки слідувати їм, але і керувати. Характер і рівень освітлення здатен м'яко направляти людські потоки в певні локації, або створювати атмосферу відпочинку в потрібний період доби при вимиканні основних джерел світла.

Помітно зростає прагнення до більшої природності в місті і до проектів, що дбайливо ставляться до навколишнього середовища, наприклад, до біорізноманіття. Відсутність яскравого освітлення в скверах і парках має зберігати флору і фауну від впливу невласного їм середовища і вносити помітний внесок у покращення їх умов існування.

Таким чином, в залежності від складності проекту, до складу проектних команд можуть входити дизайнери, художники, екологи, соціологи, що спеціалізуються на нічному житті. У зв'язку з цим проектування освітлення суспільних просторів також стало складнішим. Сьогодні воно має завжди відповідати нормативним, енергетичним та екологічним вимогам, але водночас: створювати привабливі та різноманітні світлові атмосфери, запропонувати нові способи використання та нові нічні інтерпретації просторів, заохочувати пішохідну інтерактивність [1–3].

Основою світлового майстерплану міста мають бути функціональність, естетичність, економічність, екологічність. Поєднання цих вимог з оригінальністю і відповідністю історичному простору конкретного міста робить світло тим фактором, яке формує ідентичність міста в темний період доби. Чотири команди, кожна з яких включала архітектора, викладачів і чотирьох студентів спеціальності Архітектура і містобудування провели власні дослідження сучасного стану освітлення в Дніпрі, потреб різних груп населення і рівня їх задоволення існуючим станом освітлення, сучасних передових наробок експертів із впровадження світлового майстер-плану міста в різних країнах.

Триденна робота кожної з команд мала на меті показати початкові напрацювання для створення майстерплану світла Дніпра. Основними завданнями, що розглядалися, стали виявлення міської ідентичності, підкреслення її складових – антропогенних та природніх, зокрема структури існуючих зелених насаджень (парки, бульвари, балки тощо), рельєфу (контраст високого правого берега з лівим), води (ріки Дніпро та Самара і озера). Оскільки місто контактує з мешканцями саме через громадські простори, було необхідно дослідити їх складові, дослідити сценарії використання – по годинно, протягом доби, в святкові дні, виявити кольоровий код, засоби підсилення сильних сторін та корегування невдалих.

Основними виявленими проблемами стали:

- високий рівень світлового забруднення на деяких ділянках центральної частині міста; і водночас недостатня освітленість дворівневих територій і масивів міста;
- відсутність гнучкого реагування на зміну природнього освітлення, що приводить до недостатнього освітлення важливих просторів в певні періоди часу або витрати зайвої енергії і коштів для освітлення інших ділянок;
- блекаут, викликаний війною;
- застарілі джерела світла (дугові ртутні лампи) які використовуються для освітлення проїжджої частини і публічних просторів: високий рівень світлового забруднення через використання ліхтарів неоптимізованого дизайну, некомфортна для людей світлова температура, яка викликає негативні реакції, проблеми екології при утилізації ламп цього типу;
- неузгодженість і хаотичність різних систем освітлення.

Пропозиціями команд стали зокрема:

- втілення різних сценаріїв освітлення, що сприятиме усуненню дисбалансу між патернами поведінки мешканців світлої і темної пори доби в різних районах міста,
- належний рівень освітлення територій поза межами основних магістралей – це має стати важливою складовою у вирішенні проблем безпеки;
- В межах зелених зон міста виділення «темних зон» для вирішення проблеми мінімізації впливу штучного освітлення на біорізноманіття;

- світлові інсталяції при відносно невеликих фінансових витратах можуть сприяти формуванню туристичної привабливості міста.

Висновки. При розробці детальних схем міста стала зрозумілою необхідність виявлення каркасу доріг центральної частини міста, створення акценту на набережній, підкреслення значення озеленення як зеленого каркасу міста.

Усі напрацювання, ілюстрації та схеми, підготовлені в ході дослідження, дозволять скласти список можливих і потенційно цікавих місць для втручання та розставити пріоритети для формування бажаного образу майбутнього нічного міста.

Список використаних джерел

1. Éclairage et lumière du III^e millénaire, 2000–2050. Lionel Simonot, Vincent Laganier, France, Light ZOOM Lumière, 2021.
2. Les défis de l'éclairage public. Roger Narboni, Fanny Guerard. France, Editions Territorial, 2021.
3. La lumière et le paysage, créer des paysages nocturnes. Roger Narboni. France, Le Moniteur, 2013.

УДК 622.831.31

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ І БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Слащов І. М.¹, докт. техн. наук, с. н. с., Беліков А. С.², докт. техн. наук, проф.,
Кривенко Є. В.³, аспір., Іконніков М. Ю.⁴, канд. техн. наук, доц.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,

^{2,3}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій,

⁴НТУ «Дніпровська політехніка»

¹gtmigt@gmail.com, ²belikov@pdaba.edu.ua,
³6211484@gmail.com, ⁴ikonnikovm@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасний розвиток підземного будівництва пов'язаний з інтенсифікацією використання підземного простору в умовах щільної міської забудови, обмеженості територій та необхідності розміщення інфраструктурних об'єктів. Зрозуміло, що виникає запит на повторне використання підземного простору під склади та підприємства, які часто розташовуються у складних геологічних та гідрогеологічних умовах [1; 2]. В таких обставинах основними завданнями стають забезпечення стійкості, надійності та безпеки підземних споруд, особливо в зонах, схильних до геодинамічних і техногенних впливів.

Мета роботи полягає у підвищенні стійкості і безпеки експлуатації потенційно небезпечних підземних споруд з використанням технології ін'єкційного зміцнення.

Основна частина. Руйнування гірських порід у зоні розміщення підземних споруд зумовлено сукупністю геомеханічних, гідрогеологічних та техногенних факторів. Ці процеси являють собою складну взаємодію природних умов і впливів, що пов'язані з експлуатацією підземних об'єктів.

Одним із ключових факторів є перерозподіл напружень у масиві порід та ґрунтах. Зниження напружень при створенні порожнин призводить до утворення зон зниженого тиску, де відбувається пружне і непружне розширення порід, що супроводжується їх розтріскуванням і розшаруванням [1]. Це явище відоме як зональна дезінтеграція при якій формуються зони непорушених з підвищеними напруженнями і зруйнованих порід, що призводить до зниження стійкості і деформацій споруд. Цей процес повною мірою проявляється і навколо фундаментів будівель та споруд, у тому числі потенційно небезпечних об'єктів критичної інфраструктури, наприклад сховищ відходів.

Ін'єкційне зміцнення потенційно небезпечних зон є прогресивним методом запобігання руйнування, якій заснований на зміні фізико-механічних властивостей порід і ґрунтів через

введення зміцнювальних складів. Наукова основа методу полягає у створенні умов для перерозподілу напружень та зміні внутрішньої структури середовища. Ін'єкційні матеріали, проникаючи в пори і тріщини, пов'язують окремі блоки і фрагменти порід, збільшують їх зчеплення, відновлюють властивості міцності і знижують тріщинуватість. Сучасні ін'єкційні склади у вигляді цементних суспензій, полімерних і органо-мінеральних сумішей, мають високу плинність і характеристики міцності після твердіння. Це дозволяє не тільки локально підвищити стійкість, а й стабілізувати навколишній масив за рахунок зменшення розповсюдження зон концентрації напружень, які, найчастіше, є ініціаторами руйнувань.

Для дослідження впливу зміцнених зон на стійкість споруд виконані розрахунки напружено-деформованого стану порід без додаткового зміцнення та із застосуванням технології зміцнення (рис. 1).

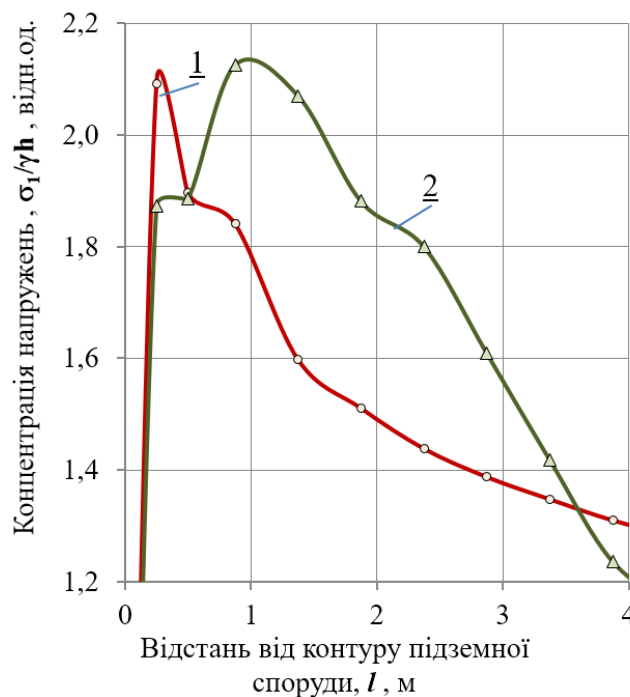


Рис. 1. Закономірності зміни концентрації максимальних головних напружень:
1 – без зміцнення; 2 – при використанні технології ін'єкційного зміцнення

Серія розрахунків проведена для найгірших умов при моделюванні з використанням мінімальних властивостей міцності середовища. Такий підхід дає можливість визначити сценарії поширення систем тріщин та завчасно виявити розташування найбільш небезпечних зон, що вимагають застосування додаткових заходів щодо зміцнення.

Розрахунки виконували для різних стадій процесу деформування (серії квазістаціонарних станів, що імітують процес деформування у часі). Після чого для можливості порівняння різних варіантів виконувалася серія розрахунків різних форм, розмірів та локалізацій зміцнених зон. В результаті досліджень розроблені імітаційні моделі, встановлені закономірності зміни концентрації максимальних головних напружень, запропоновано адаптивний підхід до проектування зміцнених зон.

Висновок. На основі встановлених закономірностей зміни концентрації максимальних головних напружень при використанні технології ін'єкційного зміцнення, отримав подальший розвиток метод адаптивного проектування зміцнених зон, коли форма закріплення відповідає локалізації прогнозованих зон непружних деформацій і має найбільш плавні межі, щоб уникнути концентрації напружень.

Список використаних джерел

1. Rozhko A., Podladchikov Y., Renard F. Failure patterns caused by localized rise in pore-fluid overpressure and effective strength of rocks. arXiv preprint arXiv:0801.0559, 2008.arXiv.

УДК 697.34:621.311+711.8

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ СХЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ : ПІДГОТОВЧИЙ ЕТАП

Солод Л. В.¹, канд. техн. наук, доц., Березюк Г. Г.², ст. викл.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹solod.leontina@pdaba.edu.ua, ²berezuik.hanna@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Загальною проблемою сучасного етапу розвитку систем теплопостачання в Україні є оптимальне використання централізованих систем та розумної децентралізації теплопостачання. Вирішення цієї проблеми передбачає необхідність модернізації та концептуального перегляду схем теплопостачання із врахуванням досягнень у сфері децентралізованого теплопостачання на основі результатів аналізу та із забезпеченням системного підходу.

Мета дослідження. Аналіз заходів, необхідних для початку розробки ефективної схеми теплопостачання. Такий аналіз є першим етапом для подальшого пошуку рішень актуальних проблем систем теплопостачання з метою підвищення їх енергоефективності.

Результати дослідження. В [1] запропоновано комплексну блок-схему найбільш актуальних проблем систем теплопостачання, рішення яких забезпечується розробкою ефективної схеми теплопостачання певного населеного пункту.

Для розробки ефективної схеми теплопостачання на підготовчому етапі необхідно визначити вимоги до неї та з'ясувати коло учасників процесу розробки та їх функції (враховуючи складність та динамічність об'єкту).

При модернізації схем теплопостачання переглядається або створюється документ, який враховує комплекс аспектів, та, відповідно, передбачає залучення різних фахівців.

Базою для розробки ефективної схеми теплопостачання населеного пункту є розуміння взаємозалежності процесів виробництва, транспортування та споживання теплової енергії тобто необхідності комплексного підходу до пошуку вирішення цієї задачі.

Базуючись на [2] можна визначити, що ефективна схема теплопостачання це така, що «у порівнянні з базовим сценарієм зменшує обсяг використання енергетичних ресурсів, необхідних для виробництва, транспортування та постачання одиниці теплової енергії споживачам та дозволяє досягнути цільових (перспективних) показників стану теплопостачання населеного пункту» [2]. Базовий сценарій можна розуміти як існуючий стан теплопостачання без суттєвих змін.

Також можна сформулювати 2 основні вимоги до ефективної схеми теплопостачання:

1. Схема повинна бути розроблена «за принципом оптимального поєднання різних систем теплопостачання на території населеного пункту, з використанням методу аналізу витрат і вигід для вибору рекомендованого сценарію теплопостачання» [2]; аналіз витрат і вигід виконується для кожного сценарію з розрахунку на строк 20 років;

2. Схема повинна передбачати довгострокове планування теплопостачання населеного пункту спрямоване на поступове заміщення традиційних джерел теплової енергії з використанням природного газу на когенераційні установки; відновлювальні джерела енергії та установки для використання скидної теплової енергії.

До процесу розроблення (модернізації) схеми теплопостачання населеного пункту залучаються визначені у [2] учасники: Замовник, Розробник, дозвільна організація. Учасники та їх функції виокремлені у таблиці 1.

**Учасники процесу розроблення та впровадження
схеми теплопостачання населеного пункту та їх функції**

Учасник	Функції
Замовник – Орган місцевого самоврядування	Розробка та затвердження технічного завдання; встановлення значень цільових (перспективних) показників стану теплопостачання населеного пункту; забезпечення розроблення схеми теплопостачання; подання схеми на погодження та затвердження після нього
Розробник – юридична або фізична особа, яка відповідає певним вимогам, зазначеним в [2]	Розроблення (модернізація) схеми теплопостачання
Дозвільний орган – Міністерство розвитку громад та територій України	Погодження схеми теплопостачання населеного пункту

Усвідомивши вимоги до ефективної схеми теплопостачання та з'ясувавши коло учасників процесу розробки та їх функції можна приступати до розробки або модернізації схеми. 12 етапів виконання робіт з розроблення схеми теплопостачання населеного пункту визначені в [2], поради щодо виконання цих етапів надані в Керівництві з розробки схем теплопостачання [3]. На певних етапах визначаються ефективні рішення актуальних проблем систем теплопостачання. Можливі варіанти цих рішень зазначені в [2; 3].

Висновки. Рішення найбільш актуальних проблем систем теплопостачання забезпечується розробкою ефективної схеми теплопостачання певного населеного пункту. Розробка такої схеми потребує комплексного підходу. На підготовчому етапі необхідно усвідомити вимоги до ефективної схеми та з'ясувати коло учасників процесу розробки схеми та їх функції.

Список використаних джерел

1. Солод Л. В., Березюк Г. Г., Адегов О. В., Ткачова В. В. Системний підхід до вирішення проблем підвищення енергоефективності систем теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 6 (012). С. 99–105.
2. Методика розроблення схем теплопостачання населених пунктів України : наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 02.10.2020 № 235. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1144-20#Text> (дата звернення 2.09.2025).
3. Керівництво з розробки схем теплопостачання. URL: <https://energysecurityua.org/ua/zvity/> (дата звернення 2.09.2025).

УДК 624.01

ЦИФРОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНДАМЕНТНИХ ПЛИТ З ПУСТОТУТВОРЮВАЧАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сопільняк А. М.¹, канд. техн. наук, доц., Дунда В. В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ²karridared@gmail.com

Постановка проблеми. Фундаментні плити є одними з найбільш матеріаломістких конструктивних елементів будівлі. Традиційний підхід передбачає використання значних об'ємів бетону, що впливає на вартість, масу споруди та теплотехнічні показники. Одним із сучасних рішень є застосування плит з пустотоутворювачами, які дозволяють зменшити витрати матеріалу та покращити енергоефективність. Проте їх проектування потребує комплексного підходу та врахування численних факторів: від напружено-деформованого стану до експлуатаційних обмежень. Це обумовлює необхідність використання цифрових технологій та інформаційного моделювання [1].

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування можливостей застосування цифрового проектування фундаментних плит з пустотоутворювачами в середовищі інформаційного моделювання. У рамках цієї мети важливим є аналіз ефективності таких плит у порівнянні з традиційними, оцінка їх несучої здатності, довговічності та теплотехнічних властивостей, а також визначення ролі програмних комплексів Autodesk Revit та Robot Structural Analysis у забезпеченні точності проєктних рішень [2]. Такий підхід дозволяє створювати не лише геометрично коректні, але й інженерно обґрунтовані моделі фундаментних плит, придатні для подальшого використання як цифрових двійників у процесі експлуатації будівлі.

Результати дослідження. У ході дослідження було сформовано інформаційну модель фундаментної плити з пустотоутворювачами, яка забезпечила не лише геометричну візуалізацію конструкції, але й інтеграцію її фізико-механічних характеристик у єдиний цифровий простір. Такий підхід дав змогу поєднати параметричне моделювання з інженерними розрахунками, що є ключовим етапом переходу від традиційних методів проектування до концепції цифрового будівництва.

Проведений у програмному комплексі Robot Structural Analysis розрахунок із застосуванням методу скінченних елементів підтвердив ефективність раціонального розташування пустотоутворювачів, що дозволяє знизити матеріаломісткість без істотного зменшення несучої здатності плити. Більш того, оптимізація внутрішньої структури фундаменту сприяє зменшенню концентрації напружень та формуванню більш рівномірного поля деформацій, що позитивно впливає на довговічність споруди [3].

Отримані результати мають наукову новизну, оскільки вони демонструють потенціал поєднання параметричного та інформаційного моделювання у сфері фундаментобудування. Запропонований підхід дозволяє не лише підвищити точність проєктних рішень, а й сформуванню нову методологію експлуатаційного аналізу фундаментних плит, що відповідає сучасним тенденціям розвитку будівельної галузі у напрямку цифровізації.

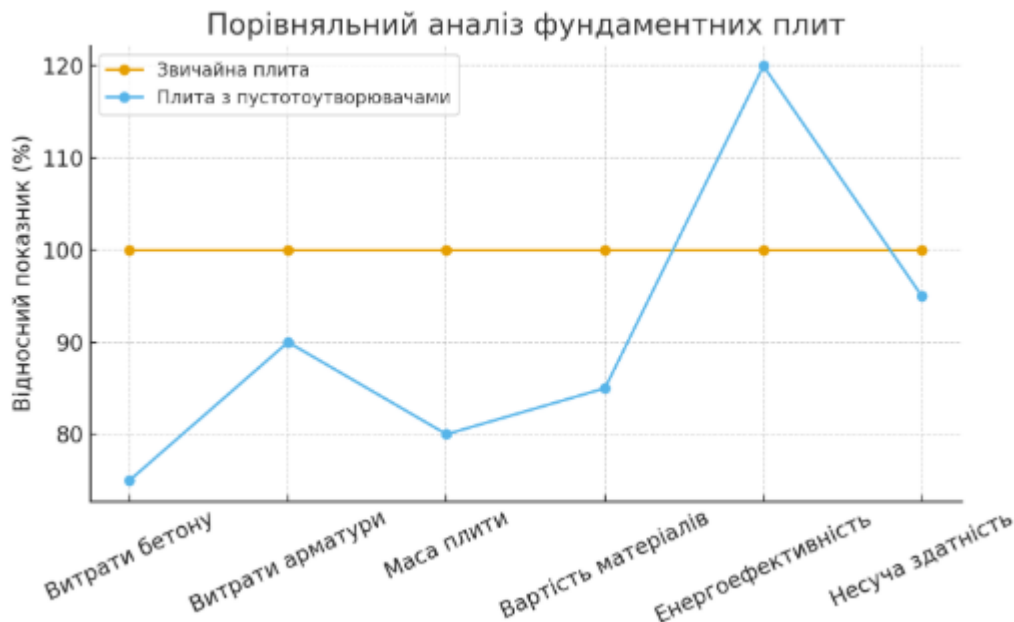


Рис. 1. Порівняння фундаментних плит

Висновки. Застосування інформаційного моделювання у проектуванні фундаментних плит з пустотоутворювачами забезпечує якісно новий рівень оптимізації будівельних процесів. Використання Revit для параметричного моделювання та Robot Structural Analysis для статичних розрахунків дозволяє інтегрувати архітектурні, конструктивні й теплотехнічні аспекти в єдину цифрову систему. Такий підхід створює умови для скорочення термінів розробки проекту, зменшення матеріаломісткості, підвищення енергоефективності та довговічності будівель. У перспективі подальший розвиток цього напрямку може включати створення повноцінних цифрових двійників фундаментів, що забезпечать моніторинг стану конструкцій у реальному часі та прогнозування їх залишкового ресурсу. Це відкриває нові можливості для сталого та економічно вигідного будівництва в умовах сучасних вимог.

Список використаних джерел

1. Holeydeck. Voided slab systems : efficiency and sustainability. 2021.
2. Bullen P. A. Voided slab technology : sustainable concrete structures. *Engineering Structures*. 2019.
3. Autodesk. Robot Structural Analysis Professional. *User Guide*. 2022.
4. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинні від 2020-06-01]. Київ : Міністерство розвитку та територій України, 2020.

УДК 699.85

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВУ УКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сопільняк А. М.¹, канд. техн. наук, доц., Правоторова А. В.², магістр,
Клецов К. К.³, магістр

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ²n.pravotorova08@gmail.com, ³kletsov.kir@gmail.com

Постановка проблеми. Система цивільного захисту України є важливою складовою національної безпеки. У сучасних умовах військових загроз та високої імовірності виникнення надзвичайних ситуацій особливе значення набуває наявність та технічний стан

бомбосховищ. Більшість укриттів було збудовано ще у другій половині ХХ століття і на сьогодні вони не завжди відповідають сучасним нормам та вимогам. Це стосується й об'єкта, побудованого у 1975 році за типовим проєктом А-ІІІ-150-68/4. Необхідність аналізу технічного стану конкретних укриттів дозволяє визначити їх реальну готовність до використання та сформулювати пропозиції щодо модернізації. В умовах військових загроз важливим є технічний стан бомбосховищ, більшість з яких споруджено у другій половині ХХ ст. і які не відповідають сучасним вимогам. Це стосується й досліджуваного об'єкта. Нові нормативи передбачають сприйняття вибухових навантажень згідно з класом укриття, що перевищує можливості старих проєктів. Тому необхідний додатковий аналіз технічного стану та визначення шляхів адаптації до актуальних стандартів.

Мета дослідження. Основною метою є аналіз конструктивних рішень та функціонального призначення бомбосховища, збудованого у 1975 році, визначення його відповідності сучасним вимогам цивільного захисту та встановлення напрямів його вдосконалення. Дослідження також передбачає порівняння характеристик споруди з міжнародними підходами до організації укрить.

Результати дослідження. Розглянуте бомбосховище є одноповерховою заглибленою спорудою прямокутної форми з габаритними розмірами 12×15 м та висотою приміщень 3,20–3,25 м. Планувальне рішення включає два основних приміщення для розміщення людей та низку допоміжних зон. Конструктивна схема споруди забезпечує захист від вибухової хвилі, уламків, впливу шкідливих речовин та іонізуючого випромінювання. Такі параметри свідчать про достатній рівень надійності споруди в умовах її початкового призначення.

Разом з тим, сучасні вимоги висувають додаткові критерії, які укриття не повністю задовольняє. Серед основних проблем можна відзначити відсутність сучасних систем вентиляції з фільтрацією повітря, недостатнє водопостачання, зношені інженерні мережі та відсутність умов для тривалого перебування людей. Також відсутня повна доступність для маломобільних груп населення. Для вирішення цих проблем доцільно розглядати можливість реконструкції із застосуванням енергоефективних технологій, резервного електроживлення та облаштування сучасних санітарних вузлів.

Для отримання максимально точних даних про геометрію, стан конструктивних елементів та наявні дефекти споруди було проведено 3D-сканування бомбосховища. Цей метод дозволив створити детальну цифрову модель приміщень, яка дає можливість здійснювати віртуальні вимірювання, фіксувати деформації та відхилення від проєктних параметрів [4].

На основі відсканованої хмари точок була створена інформаційна модель у середовищі Autodesk Revit. Це дозволило інтегрувати результати сканування у BIM-систему, здійснити візуалізацію простору, оцінити відхилення від проєктних характеристик та сформулювати основу для подальшого проєктування і модернізації об'єкта [3].

Міжнародний досвід (Швейцарія, Південна Корея) демонструє ефективність багатофункціональних укриттів, які можуть використовуватися у мирний час як підвали, паркінги чи культурні приміщення. Розглянуте бомбосховище може бути адаптоване до подібних рішень, що дозволить забезпечити його утримання у належному стані та підвищить економічну доцільність.

Висновки. Бомбосховище, побудоване у 1975 році, є типовим прикладом захисної споруди свого часу, що забезпечувала базовий рівень безпеки населення. Сьогодні споруда зберігає конструктивну надійність, але не відповідає сучасним вимогам по несучій здатності до систем життєзабезпечення. Основними напрямками модернізації є: оновлення інженерних систем, забезпечення доступності для маломобільних груп населення. Міжнародний досвід доводить доцільність багатофункціонального використання укрить, що може бути застосовано і до розглянутого об'єкта. Виконання заходів із модернізації підвищить ефективність функціонування бомбосховища та його внесок у систему цивільного захисту міста.

Список використаних джерел

1. Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Київ : Мінрегіонбуд України, 2021.
2. Титюк А. А., Ярова Т. П., Середа С. Ю., Сіренко К. О., Правоторова А. В. Інтеграція технологій 3D-сканування при створенні моделі ліцею у місті Дніпро. *Технічні науки та технології*. 2025. № 2 (40). С. 493–501.
3. Титюк А. А., Ярова Т. П., Середа С. Ю., Вершкова Ю. С., Сопільняк Ф. М., Мосьпан Є. В. Використання BIM моделювання для розрахунку тепловтрат та загальної енергоефективності на етапах проектування. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 6. С. 118–124.
4. Nalysko M., Makhinko A., Sopilniak A., Cheberiachko Y. Justification of the Dynamics of Extra-Project Loads on Building Structures. *Advances in Science and Technology*. 2024. Vol. 156. Pp. 39–46.
5. Кашура С., Сопільняк А., Голощук І. Проектування багатоповерхового будинку з індивідуальним укряттям на поверсі в Revit. *Матеріали науково-практичної конференції «Просування енергоефективності та підготовка фахівців для відбудови України» (13 березня 2024 р.): збірник тез*. Дніпро : Енерго-інноваційний хаб ПДАБА, 2024. С. 73–74.
6. Налисько М. М., Сопільняк А. М., Чеберячко Ю. І., Махінко А. О. Обґрунтування динаміки вибухових навантажень на будівельні конструкції укриттів для розрахунку у САПР. *Матер. міжнар. конф. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2023. С. 127–130.*
7. Черніков Костянтин, Сопільняк Артем. Вплив вибухової хвилі на конструктивне рішення укриття в житловому будинку. *Матеріали IV науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених Придніпровської державної академії будівництва та архітектури (27–28 березня 2023 р.): збірник тез*. Упорядники : Микола Савицький, Владислав Данішевський, Олена Тимошенко. Дніпро : ПДАБА, 2023. С. 278–280.

УДК 624.95:004.94

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОНАПІРНОЇ ВЕЖІ ДІТУ :
ВІД 3D СКАНУВАННЯ ДО СТВОРЕННЯ ДЕТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ

Сопільняк А. М.¹, канд. техн. наук, доц., Харлан О. В.², канд. арх., доц.,
Беляєва М. С.³, студ.

^{1,2,3}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ²alexkharlan@pdaba.edu.ua, ³beliajevamaria07@gmail.com

Постановка проблеми. УДУНТ ННІ ПДАБА посідає провідні позиції серед закладів вищої освіти України, що здійснюють підготовку фахівців будівельної галузі. Окрім освітньої діяльності, інститут активно реалізує науково-дослідні та інноваційні ініціативи, спрямовані на підвищення ефективності будівельних технологій, збереження культурної спадщини та розвиток сучасних методів реставрації. У межах науково-технічного проєкту «Хімічний та структурний дизайн новітніх функціональних матеріалів» було придбано високотехнологічне обладнання для здійснення тривимірного сканування, що забезпечує можливість у стислі терміни отримувати високоточні цифрові тривимірні моделі об'єктів. Наявність подібних моделей відкриває широкі перспективи для їхнього практичного застосування. Зокрема, вони можуть використовуватися під час робіт з реставрації і реконструкції [1–3; 6].

Мета дослідження – полягає в скануванні історичної пам'ятки, а саме водонапірної вежі на території УДУНТ ННІ ДІТ лазерним 3D сканером Leica BLK360, з подальшою обробкою отриманої хмари точок у програмі Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS та створення детальної моделі у програмі Revit. Подальше опрацювання отриманих даних дозволить вирішити дві основні задачі, перша пов'язана з аналізом технічного стану конструкцій, а друга передбачає підготовку до можливих робіт з реставрації і реконструкції.

Результати досліджень. Початковий етап дослідження передбачав детальне обстеження території навколо водонапірної вежі з метою визначення оптимальних позицій для розташування обладнання та оцінки умов проведення 3D-сканування. На кожному поверсі підбиралися оптимальні ракурси для лазерного сканування; заключний етап включав огляд верхнього поверху з водонапірною бочкою. Такий системний підхід забезпечив повноту збору просторових даних, необхідних для подальшої обробки та створення цифрових моделей.

Зовнішнє сканування ускладнювалося високою щільністю дерев на прилеглій території та значною висотою вежі, що обмежувало можливості повного сканування верхніх рівнів і покрівлі. Внутрішнє сканування проводилося на сходових маршах, що дозволило мінімізувати кількість позицій та уникнути перевантаження хмари точок. Обмежена автономність обладнання та великі розміри об'єкта призвели до неповного виконання запланованих станцій на верхньому балконі та рівні водонапірної бочки. Незважаючи на ці обмеження, отримано хмару точок достатньої деталізації для подальшої обробки.

Обробка хмари точок здійснювалась у середовищі Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS шляхом реєстрації, вирівнювання, корекції похибок та усунення шумів, після чого дані імпортувалися в Revit для побудови детальної 3D-моделі. В моделі відтворено основні конструктивні елементи та декоративне оздоблення вежі. Деякі ділянки верхнього балкону та покрівля були відтворені частково або за фотографіями через технічні обмеження.

Отримана модель забезпечує детальний аналіз архітектурних та конструктивних особливостей вежі, що дозволяє її ефективно використовувати у наукових дослідженнях, реставраційних та реноваційних роботах.

Висновки. У ході дослідження проведено обстеження території водонапірної вежі та її внутрішніх приміщень для підготовки до 3D-сканування. Здійснено зовнішнє сканування фасадів із врахуванням перешкод та висоти споруди. Внутрішнє сканування проводилося на сходових маршах для оптимізації розташування сканера та мінімізації кількості станцій. Отримана хмара точок була оброблена у Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS шляхом реєстрації, вирівнювання та корекції даних. На її основі побудовано тривимірну модель вежі у Revit. Подальше використання даних передбачає оцінку технічного стану конструкцій та підготовку до реставраційних або реноваційних робіт. Створена модель забезпечує комплексне документування об'єкта та ефективне застосування для наукових досліджень і збереження архітектурної спадщини.

Список використаних джерел

1. Лазерне сканування у 4 етапи: від 3D сканування до отримання результатів. URL: <https://leica-geosystems.com.ua/4-etapa-ot-lasernogo-3d-skanirovaniya-k-resultatu>
2. Сопільняк А. М., Пилипенко О. В., Немцева Т. О., Олейников В. Д., Беляєва М. С. Впровадження інноваційних світових тенденцій 3D сканування при побудові об'ємної моделі ліцею №1 5 в місті Дніпро. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 5. С. 118–124.
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-p#Text>
4. Сопільняк А. М., Колохов В. В., Ярова Т. П., Середа С. Ю., Сіренко К. О., Дунда В. В. BIM енергоаналіз будинку з подвійними вікнами. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 3. С. 107–115. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/239180/237670>
5. Сопільняк А. М., Титюк А. А., Ярова Т. П., Середа С. Ю., Вершкова Ю. С. Визначення раціонального звису покрівлі вітражного фасаду за допомогою BIM технологій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 2. С. 102–109.
6. Сопільняк А. М., Титюк А. А. BIM технології в освітньому процесі ПДАБА. *Тези доповідей всеукраїнського науково-практичного форуму «Переможемо – відбудуємо!»* (29–30 червня 2022 р., м. Дніпро, ДВНЗ ПДАБА). 2022. С. 93–95. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8779>
7. Студентський конкурс з 3D-сканування в УДУНТ. URL: <https://ust.edu.ua/studentskyj-konkurs-z-3d-skanuvannya-v-udunt>

УДК 696:681

ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ВБУДОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИБОРІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЕЛЕКТРОННОЮ ПРОВІДНІСТЮ

Суха І. В.¹, канд. техн. наук, доц., Володимиров В. В.², аспір.
^{1,2}ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»
 Українського державного університету науки і технологій
[1irinahuha3@gmail.com](mailto:irinahuha3@gmail.com), [2volodymyrov_vasyl@ukr.net](mailto:volodymyrov_vasyl@ukr.net)

Постановка проблеми. Сучасні інтер'єрні рішення зараз важко уявити без достатньо великої кількості вбудованої техніки. Це автоматичні системи освітлення, клімат-контролю, охорони, мультимедіа та голосового управління, дуже часто їх. об'єднує не тільки архітектурна інтеграція в інтер'єр, а й програмно-апаратна реалізація на базі вбудованих пристроїв з підтримкою IoT (Internet of Things це мережа взаємопов'язаних між собою пристроїв, які виконують певні автоматизовані дії на основі отриманої інформації з мережі Internet та інтегрованих сенсорів). Зі збільшенням залежності повсякденного життя та безпеки від цих систем, питання отказостійкості стає ключовим при проектуванні подібних рішень.

Мета дослідження. З розвитком технологій і прагненням до скорочення виробничих витрат і часу, а також екологічних вимог все більшої популярності набувають безвідмивальні флюси (no-clean flux) які являють собою композиційні матеріали. Безвідмивальні флюси були розроблені в 1990-х роках для усунення хлорфторвуглеців (ХФУ) з виробничих майданчиків відповідно до Монреальського протоколу [1; 2] На відміну від традиційних флюсів, що вимагають обов'язкового відмивання після паяння, безвідмивальні флюси повинні забезпечувати надійне паяне з'єднання, не залишаючи при цьому корозійно-активних або електропровідних залишків, які могли б негативно вплинути на працездатність та надійність електронного пристрою.

Однак, незважаючи на свою назву, безвідмивальні флюси все ж таки залишають деяку кількість залишків на платі після процесу паяння. Певні рівні залишків, присутні на друкованих платах після процесу паяння можуть викликати паразитний опір, який може негативно впливати на стабільність роботи пристрою, а у крайніх випадках вивести його з ладу повністю, що в поєднанні з складністю ремонту або заміни (оскільки техніка вбудована) дає новий простір для досліджень у галузі підвищення надійності.

Результати дослідження. Певні проблеми з електротехнічними пристроями після процесу паяння, були описані в літературі, та в лабораторних дослідженнях [3] або безпосередньо пов'язані з виробничим процесом [4]; залишки флюсів, кількість та тип яких залежать від ряду факторів, включаючи характеристики РСВА, тип процесу паяння [4] та середовище паяння (наприклад, азот атмосфера) [5]; можуть містити різні органічні сполуки, які в певних умовах можуть виявляти електропровідність, що призводить до виникнення так званого залишкового опору. Основні шляхи підвищення відмовостійкості зведені в таблицю 1.

Основні шляхи підвищення відмовостійкості електротехнічних виробів

№	Шлях підвищення відмовостійкості	Ключові заходи
1	Оптимізація складу флюсу	Дикористання композицій з мінімальним вмістом активаторів, слабких органічних кислот та галогенів; зменшення корозійної активності залишків.
2	Оптимізація термічного профілю паяння	Коректний температурний режим, рівномірний розподіл тепла, достатня експозиція; зменшення залишкової активності флюсу.
3	Застосування захисних покриттів	Використання конформних покриттів для захисту від вологи, електроміграції та агресивних середовищ; герметизація вузлів.
4	Контроль процесів та випробування	Використання стандартів IPC J-STD-004, SIR-тестів, аналізу адгезії, корозійних випробувань і тестів на вологість.
5	Проектування за принципом Design for Reliability	Урахування умов експлуатації на стадії проектування; закладання відмовостійкості в конструкцію на ранньому етапі.
6	Освіта і культура якості	Підготовка спеціалістів, розвиток культури якості, впровадження галузевих стандартів, підтримка досліджень.

Висновки. Підвищення відмовостійкості – це багатошарова стратегія де повинні бути враховані: підбір матеріалів, технологічний контроль, використання захисних покриттів та імплементація принципу коли надійність виробу закладається ще на етапі проектування. Це в даному контексті є в край важливим оскільки інсталяція та деінсталяція вбудованої техніки має певні ускладнення, пов’язані з додатковими незручностями для кінцевих споживачів також витратами часу та коштів для виробників, здійснюючих підтримку та сервісне обслуговування даного виду техніки.

Список використаних джерел

1. Ramirez C., Lei K.-S. Evaluation of the reliability and corrosivity of VOC-free, no-clean fluxes using standard, modified and electrochemical methods. *Solder. Surf. Mt. Technol.* 1996. Vol. 8. Pp. 6–9. URL: <https://doi.org/10.1108/09540919610777555>
2. Adams K. M., Anderson J. E., Graves Y. B. Ionograph sensitivity to chemical residues from ‘no clean soldering fluxes’: comparison of solvent extract conductivity and surface conductivity. *Circuit World.* 1994. Vol. 20. Pp. 41–44. URL: <https://doi.org/10.1108/eb046251>
3. Conseil H., Verdingovas V., Jellesen M. S., Ambat R. Decomposition of no-clean solder flux systems and their effects on the corrosion reliability of electronics. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2016. Vol. 27. Pp. 23–32. URL: <https://doi.org/10.1007/s10854-015-3712-x>
4. Conseil H., Jellesen M. S., Ambat R. Contamination profile on typical printed circuit board assemblies vs soldering process. *Solder. Surf. Mt. Technol.* 2014. Vol. 26. Pp. 194–202. URL: <https://doi.org/10.1108/SSMT-03-2014-0007>
5. Verdingovas V., Jellesen M. S., Ambat R. Solder flux residues and humidity-related failures in electronics: relative effects of weak organic acids used in no-clean flux systems. *J. Electron. Mater.* 2015. Vol. 44. Pp. 1116–1127. URL: <https://doi.org/10.1007/s11664-014-3609-0>

УДК 621.762

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ПОЛІМЕР-НЕОРГАНІЧНІ ЛЬОТОЧНІ МАСИ ДЛЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ : СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Суша І. В.¹, канд. техн. наук, доц., Томіло М. І.², аспір.
^{1,2}ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»
Українського державного університету науки і технологій
irinasuha3@gmail.com, miroslavttt@gmail.com

Постановка проблеми. Застосування традиційних льоточних мас для доменних печей супроводжується значними викидами шкідливих речовин, високими енергетичними витратами на їх виробництво та обмеженим ресурсним потенціалом. Необхідність зменшення екологічного навантаження на виробництво чавуну, підвищення експлуатаційних властивостей льоток і продовження терміну служби футеровки печей призвела до появи полімер-неорганічних композиційних матеріалів для доменних печей.

Мета дослідження. Основною метою дослідження є розробка екологічно безпечних льоточних мас для доменних печей, що поєднують високу термостійкість, хімічну стійкість та покращені механічні властивості. Особлива увага приділяється введенню полімерних модифікаторів у традиційні неорганічні вогнетривкі суміші для оптимізації фізико-хімічних та механічних характеристик матеріалу. Додатково передбачено:

- вивчення взаємозв'язку між складом маси, її мікроструктурою та експлуатаційними властивостями;
- оцінку впливу різних типів полімерних сполук на термостійкість та довговічність маси;
- аналіз потенційного зниження негативного впливу на довкілля під час експлуатації доменних печей;
- розробку рекомендацій щодо оптимальних пропорцій компонентів для промислового впровадження.

Результати дослідження. Дослідження показало, що полімер-неорганічні льоточні маси формуються на основі високоглиноземистих вогнетривів у поєднанні з органічними полімерними сполуками, такими як поліакрилати та фенольні смоли. Це поєднання дозволяє досягти наступних переваг:

- суттєве зниження пиловиділення та токсичних викидів під час експлуатації, що відповідає сучасним екологічним стандартам;
- підвищення термостійкості матеріалу, що забезпечує стійкість до температурних коливань та контактів з рідким металом;
- поліпшення ударної міцності та механічних властивостей, що зменшує ризик пошкоджень під час монтажу та роботи;
- підвищення адгезії до металевих поверхонь футеровки, що забезпечує стабільність покриття та зменшує втрати матеріалу;
- можливість регенерації та повторного використання відпрацьованих матеріалів, що зменшує економічні витрати та екологічне навантаження.

Досліджено фізико-механічні властивості полімер-неорганічних льоточних мас і порівняно їх із традиційними вогнетривкими сумішами.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості льоточних мас

Тип матеріалу	Міцність при стисканні, МПа	Температурна стійкість, °С	Вміст летких речовин, %
Традиційна вогнетривка	35	1 400	1,5
Полімер-неорганічна льоточна маса 1	48	1 450	0,8

Полімер-неорганічна льоточна маса 2	52	1 500	0,6
Полімер-неорганічна льоточна маса 3	50	1 480	0,7

Висновки. Полімер-неорганічні льоточні маси демонструють значно кращі фізико-механічні та екологічні властивості у порівнянні з традиційними вогнетривкими сумішами. Їх застосування дозволяє знизити шкідливі викиди, підвищити надійність футеровки доменних печей, а також забезпечує можливість повторного використання матеріалу, що відповідає сучасним стандартам ресурсоефективної та циркулярної економіки в металургії.

Список використаних джерел

1. Ivanenko O. P., Kovalchuk M. V. Polymer-inorganic composites for blast furnace tapholes. *Metallurgical Research Journal*. 2022. Vol. 15, № 3. Pp. 45–53.
2. ASTM C153 : Standard Test Method for Fire Testing of Refractory Materials. *ASTM International*. 2019.
3. Zhang X., Li H., Wang Y. Advanced refractory materials: polymer-modified compositions. *Journal of Materials Science & Technology*. 2021. Vol. 60. Pp. 112–125.
4. Hopkin D., Schmid J. Environmentally friendly refractory materials in blast furnace operations. WCTE, 2020. 14 p.

УДК 620.97, 621.311, 669.002.68, 669.054.76

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ РЕАКТОР ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З РОЗЧИННИМ АЛЮМІНІЄВИМ АНОДОМ І НІКЕЛЕВИМ КАТОДОМ

Сухий М. К.¹, аспір., Нефедов В. Г.², проф., докт. техн. наук,
Поліщук Ю. В.³, канд. техн. наук

¹⁻³ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»
Українського державного університету науки і технологій

¹mksukhyi@gmail.com, ²VNefedov@i.ua, ³yu.v.polishchuk@gmail.com

Постановка проблеми. Водень є найперспективнішим паливом [1]. Електроліз води являється найбільш екологічно чистим способом одержання водню. Вважається, що недоліком цього методу є великі витрати енергії на електроліз, близько 70 % якої припадає на термодинамічну напругу розкладання води.

Мета дослідження. Основна мета дослідження – розробка екологічно безпечного способу отримання водню розчиненням алюмінієвого аноду в електрохімічному реакторі, що дозволить одночасно з воднем генерувати електричну енергію.

Особлива увага приділяється дослідженню залежності розрядної потужності від сили (щільності струму) та температури для електролітів різної концентрації.

Додатково передбачено:

- вивчення взаємозв'язку між температурою та зміною максимальної питомої потужності.

Результати дослідження. Дослідження показало, що для зменшення енерговитрат можливо замінити анодний процес виділення кисню на розчинення алюмінію у лужному середовищі [2]. Перенапруга виділення водню на алюмінії досить висока, тому для прискорення процесу доцільно до алюмінієвого анода підключати нікелевий катод з низькою перенапругою виділення водень. Це поєднання дозволяє досягти наступних переваг:

- швидкість розчинення алюмінію (щільність анодного струму) зростає;

• сумарний обсяг водню, що виділяється, збільшується, а щільність катодного струму на алюмінії може зменшуватися за рахунок виділення водню на додатковому катоді.

Досліджено електрохімічні процеси, що протікають у реакторі під час електролізу. Впроваджено комплекс методик, що дозволяють оцінити силу струму розчинення алюмінію, парціальний струм виділення водню на катоді, струм виділення водню на алюмінії.

було проведено розрядні експерименти. Підключення до схеми магазину опорів дозволило визначити залежність потужності N від щільності струму:

$$N = I^2 R.$$

Згідно результатам дослідження, Залежність розрядної потужності від сили (щільності струму) та температури для електроліту концентрацією 0,1М та 2М наведено на рисунках 1 та 2.

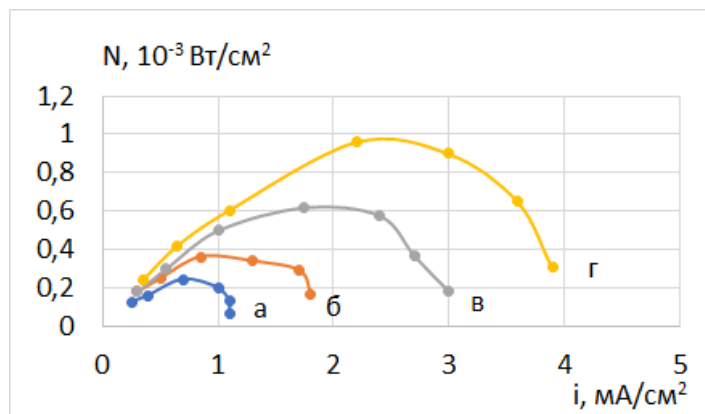


Рис. 1. Залежність потужності від сили (щільності) струму розчині гідроксиду натрію концентрацією 0,1М. Температура розчину, °C: а – 20; б – 30; в – 40; г – 50

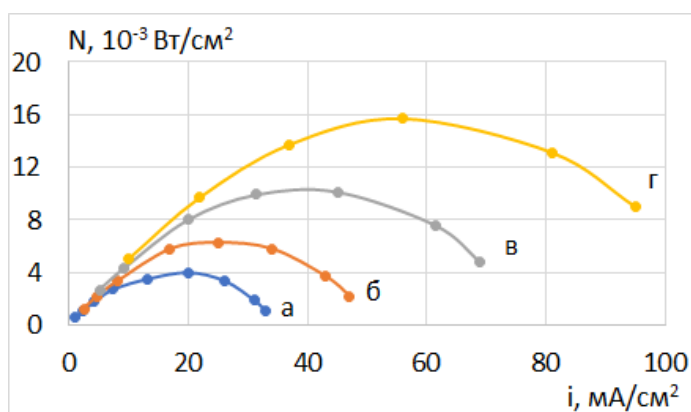


Рис. 2. Залежність потужності від сили (щільності) струму розчині гідроксиду натрію концентрацією 2,0М. Температура розчину, °C: а – 20; б – 30; в – 40; г – 50

Висновки. Запропоновано екологічно безпечний спосіб отримання водню розчиненням алюмінієвого анода в електрохімічному реакторі, що дозволяє одночасно з воднем генерувати електричну енергію.

Показано, що розрядна потужність значно залежить від сили (щільності струму) та температури для електролітів концентрацією 0.1М, 2.0М

Досліджено, що зміна температури електроліту від 20 °C до 50 °C призводить до підвищення максимальної питомої потужності в 3–4 рази, а збільшення концентрації електроліту змінює N від $0,25 \times 10^{-3}$ Вт/см² (для 0,1М розчину при 20 °C) до 15×10^{-3} Вт/см² (для 2М розчину за температури 50 °C).

Список використаних джерел

5. Yue M., Lambert H., Pahon E., Rocke R., Jemei S., Hissel D. Hydrogen energy system: a critical review of technologies. *Applications, Trends and Challenges. Renewable and Sustainable*

Energy Reviews. 2021. Vol. 146. P. 111180. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319905003903>

6. Нефедов В. Г., Матвеев В. В., Сухий К. М., Булат А. Ф., Блюсс Б. О., Мухачев А. П. Патент № 152585 : Спосіб комплексного одержання водню та генерації електроенергії. Дата подання: 01.08.2022, дата реєстрації: 15.03.2023. *Бюлетень «Промислова власність»*. 2023. № 1. С. 4.11.

УДК 620, 502/504

ШЛЯХИ ПЕРЕХОДУ ДО «РОЗУМНОГО МІСТА»

Татарченко Г. О.¹, проф., докт. техн. наук, **Безпалый Д. М.²**, аспір.

^{1,2}*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ*

¹tatchenko@snu.edu.ua, ²asp-192-24-778@snu.edu.ua

Концепція «зелених» і «розумних» будівель набирає обертів у всьому світі завдяки своєму перспективному впливу на: ефективність використання ресурсів; виробництво відновлюваної енергії; пом'якшення наслідків зміни клімату. Тому нам необхідно перебудовувати не тільки будівлі та міста, но й свої підходи у вивченні та використанні нових сучасних технологій.

Глибокий ремонт фонду будівель є ключовим фактором декарбонізації енергетичної системи, а також зниження споживання енергії та підвищення гнучкості мережі, що сприяє подальшому впровадженню відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Нещодавні досягнення в галузі інтелектуальних технологій відкрили нові способи взаємодії будівель з енергетичною інфраструктурою, прискоривши передачу енергії та вносячи суттєвий внесок у створення більш здорового та комфортного забудованого середовища зі зменшеним споживанням енергії та викидами вуглецю. таких як Інтернет речей (IoT), які полегшують реалізацію та надання послуг управління, забезпечуючи оптимальну продуктивність та безперебійну роботу систем будівлі енергоефективним способом, що призводить до економії енергії, а також до значного підвищення комфорту користувачів та благополуччя.

З енергетичної точки зору, розумні будівлі мають бути енергоефективними будинками, які покривають свої енергетичні потреби значною мірою за рахунок місцевих ВДЕ, щоб бути будинками з майже нульовим споживанням енергії відповідно до Директиви про енергоефективність будівель (EPBD) [1]. Встановлення та взаємозв'язок різних інтелектуальних систем створює централізоване та багатовимірне середовище управління будівлею, територією, що охоплює широкий спектр інтелектуальних дій, які можуть також пропонувати моніторинг усіх параметрів в режимі реального часу та корисну звітну інформацію. протягом життєвого циклу будівлі.

Однак, коли справа доходить до підвищення інтелектуальності фонду будівель, необхідний точний та надійний аналіз моделей експлуатації та комплексний набір відповідних інтелектуальних заходів щодо модернізації. Заходи зі смартифікації повинні мати можливість реагувати на місцевий контекст кліматичних умов, політики та правил, а також належним чином адаптуватися до різних типів будівель за їхньою типологією та конкретних потреб міських районів.

Прагнучи підкреслити сильні сторони та переваги інтелектуальних технологій та сприяти їхній інтеграції до будівель, перероблений EPBD запустив індикатор інтелектуальної готовності (SRI – Smart Readiness Index) – загальну схему ЄС для оцінки інтелектуальної готовності будинків. SRI може відіграти важливу роль в оцінці впливу інтелектуалізації будівлі на енергетичну гнучкість будівлі, підтримуючи при цьому прийняття рішень та планування дій щодо розумного та сталого перетворення та модернізації будівельного фонду [2].

У цьому контексті SRI виступає як ключовий інструмент політики для всіх зацікавлених сторін, що беруть участь у модернізації міст, тобто для мешканців та власників

будівель, що управляють нерухомістю, проектувальників та інженерів будівель, виробників продукції, постачальників технологій та осіб, що визначають політику.

SRI прагне підвищити роль будівлі в енергетичній інфраструктурі, забезпечуючи її взаємодію з користувачами та електричними мережами, а також створення сприятливих умов для впровадження нових інтелектуальних систем та інноваційних будівельних матеріалів із кращими стандартами на ринку та передовим досвідом застосування у будівельному секторі.

Дослідження впливу потенційних сценаріїв модернізації на інтелектуалізацію житлових будинків для двох конкретних типологій, тобто

а) будинків на одну сім'ю (SFH - Single-Family Home) та

б) багатоквартирних будинків (MFH-Multi family house) у різних країнах ЄС, що охоплюють усі п'ять кліматичних зон.

Оскільки будівлі, збудовані після 2010 р., можна вважати енергоефективними, у документі основна увага приділяється будинкам цієї епохи, пропонуючи сценарії модернізації, які обмежуються розглядом активних систем, без реконструкції оболонки будівлі.

Повний каталог послуг SRI smart ready містить список із 54 послуг. Для забезпечення гнучкості процесу оцінки залежно від типу будівлі та доступних ресурсів пропонуються наступні три методи оцінки SRI: спрощений метод, експертна оцінка SRI та експлуатаційні характеристики розумної будівлі.

Оцінка виконується шляхом вибору з контрольного списку рівня функціональності, що відповідає кожній послугі. Усього доступно п'ять (5) рівнів функціональності (Рівень 0–4), однак є сервіси, для яких рівні функціональності менші (Рівень 0–2 або Рівень 0–3). Вищий рівень функціональності означає, що конкретна послуга розумно реалізована, справляючи сприятливіший вплив на мешканців будівлі або на мережу, порівняно з послугами з нижчим рівнем функціональності. Оцінка від «0» до «3» балів відповідно до рівня функціональності, визначеного для кожної послуги, автоматично надається методологією кожної категорії впливу.

У Сценарії А враховуються наявні в даний час на ринку технології, які також можуть бути використані, щоб допомогти будівлям перейти до будівлі з майже нульовим енергоспоживанням (NZEB), у той час як Сценарій В об'єднує більше технологій, які виходять за рамки NZEB і які можуть сприяти класифікації будівель як PED (в основному орієнтований на більш складні будівлі-нежитлові). Після застосування модернізації за Сценарієм А із середньою вартістю 103 євро/м² для одноквартирних будинків і 91 євро/м² для багатоквартирних будинків запропоновані заходи покращили «розумність» будівель, що призвело до отримання показників SRI в діапазоні від 23 % до 41 % залежно від методу застосовується та типології будівлі.

Список використаних джерел

1. The European Green Deal. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
2. Smart Readiness Indicator (SRI) for buildings. URL: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/links/smart-readiness-indicator-sri-buildings>

УДК 625.7.11:004.9

МЕТОДИКА БУДІВЕЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ШТУЧНИХ СПОРУД

Трегуб О.¹, канд. техн. наук, доц., Євсєєв В.², аспір.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹tregub.olexandr@pdaba.edu.ua, ²vsevolod012@gmail.com

Постановка проблеми. Актуальним завданням сьогодення є цифровізація будівельної галузі, зокрема з метою підвищення якості та надійності технічних рішень, ефективності управління інфраструктурними проєктами. Найбільш ефективними, що підтверджується кращими світовими практиками, є технології будівельного інформаційного моделювання (BIM-технології), які дозволяють розробляти цифрові моделі-прототипи об’єктів будівництва інфраструктури, представляти інформацію у структурованому вигляді, управляти проєктами в єдиній системі на всіх етапах життєвого циклу [1–3].

Впровадження BIM-технологій у дорожнє будівництво дасть змогу перейти від традиційних застарілих підходів до цифрових рішень та підвищити техніко-економічні показники проєктів. Для цього необхідно вирішити актуальні завдання: розроблення будівельних норм, стандартів і методик проєктування, а також запровадження систем і платформ для ефективного BIM-менеджменту [4].

Мета дослідження – запропонувати методику будівельного інформаційного моделювання автомобільних доріг та штучних споруд.

Результати дослідження Проєктування автомобільних доріг за BIM-технологією передбачає розроблення інформаційних моделей «цифрових двійників» – комплексу інженерних споруд, що містить геометричні, фізичні та функціональні характеристики інфраструктурних об’єктів. Методика проєктування автомобільних доріг та штучних споруд за BIM-технологією передбачає попереднє формування цифрових моделей рельєфу та територій за даними аеро- та наземних геодезичних зйомок і геоінформаційної системи ArcGIS, використання програмного забезпечення для проєктування конструкцій та елементів автомобільних доріг і штучних споруд, які забезпечують можливість імпорту та експорту даних. Моделі територій сформовано за геопросторовими даними дистанційного зондування Землі. Трасування та профілювання доріг, аналіз відстаней видимості на дорозі, визначення потенційно небезпечних зон, водотоків, параметрів водозбірних басейнів і місць розташування водопропускних споруд реалізовано з використанням функцій програм Civil 3D та InfraWorks. При проєктуванні елементів плану та поздовжнього профілю застосовували інтегровані інструменти оптимізації та апроксимації для найкращого опису координат точок траси. Детальне моделювання конструкцій естакад та шляхопроводів виконано з використанням програми Revit. Моделювання елементів інженерного облаштування та благоустрою виконано у програмі InfraWorks. Колізії у цифрових моделях перевірені за допомогою програми Navisworks.

Для впровадження концепції BIM-технологій запропоновано методику проєктування автодоріг та штучних споруд, яка передбачає поетапне розроблення цифрових моделей з необхідним рівнем деталізації на відповідному етапі:

- концептуальне 3D моделювання, яке надає інформацію про об’єкти на базовому рівні і дозволяє проводити попередній техніко-економічний аналіз, оптимізувати та узгоджувати рішення;
- уточнення моделі за результатами обстежень, інженерно-геодезичних та геологічних вишукувань; детальне проєктування трас, поздовжніх та поперечних профілів автомобільних доріг; проєктування водопропускних споруд; перевірка параметрів безпеки; розроблення робочих креслень; визначення обсягів земляних робіт і дорожніх матеріалів;
- детальне моделювання штучних споруд, засобів організації дорожнього руху; просторовий аналіз проектних рішень; перевірка моделей щодо колізій і конструктивних недоліків; доповнення моделі елементами організації руху; формування інтегрованої 3D-моделі автодорожньої інфраструктури;
- актуалізація BIM-моделі відповідно до фактично виконаних дорожньо-будівельних робіт за результатами виконавчих зйомок; підготовка завершеної BIM-моделі до передачі організації-балансоутримувачу для обслуговування та експлуатації.

За цією методикою розроблені BIM-моделі автомобільних магістралей у Дніпропетровській області (рис. 1).



Рис. 1. Будівельні інформаційні моделі автомагістралей

Висновки. Застосування технологій будівельного інформаційного моделювання у практиці проєктування, будівництва та експлуатації автодоріг і штучних споруд сприяє підвищенню ефективності BIM-менеджменту, забезпечує вищий рівень безпеки та комфорту дорожнього руху, підвищує надійність інфраструктурних об'єктів і покращує техніко-економічні показники прийнятих проєктних рішень.

Список використаних джерел

1. Bilov V., Goi V., Mamonov K., Tregub O., Levchenko O. Advantages of building information modeling (BIM) during the operational life. *Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12 (68). Pp. 346–363.
2. Трегуб В. О., Ландо Є. О., Балашова Ю. Б., Ішутіна Г. С., Самко Б. І. Методика будівельного інформаційного моделювання міських вулиць та доріг. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 4 (022). С. 117–125.
3. Трегуб О. В., Нестеров Я. С. Будівельне інформаційне моделювання транспортних розв'язок на автомобільних дорогах. *Матеріали V науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (25–26 квітня 2024 р.) : зб. тез*. Дніпро : ПДАБА, 2024. С. 253–254.
4. Бондар О. А., Тесленко П. П., Чирва Т. Л., Крикун А. П. Цифровий інструментарій BIM-менеджменту. *Дороги і мости*. 2024. Вип. 30. С. 48–58.

УДК 624.15.15

ГЕОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКИХ ГРУНТОВИХ ОСНОВАХ

Трегуб О. В.¹, канд. техн. наук, доц., Кірічек Ю. О.², докт. техн. наук, проф.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹tregub.olexandr@pdaba.edu.ua, ²kirichek.yurii@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Стохастичний характер властивостей ґрунтів разом із мінливістю навантажень зумовлює ймовірність наднормативних деформацій будівель і споруд, що може призвести як до їх пошкодження, так і до виведення з експлуатації.

Суттєвий вплив змін характеристик ґрунтів і навантажень на нерівномірність деформацій будівельних конструкцій, а також на їх технічний стан і рівень надійності, підтверджено результатами виконаних інженерно-технічних обстежень будівель. Для проектування надійних та водночас економічних об’єктів будівництва необхідним є удосконалення ймовірнісних методів оцінювання напружено-деформованого стану (НДС) системи «основа–фундамент–споруда» з урахуванням мінливості навантажень, неоднорідності та нелінійності деформування ґрунтів, а також результатів обстежень технічного стану конструкцій.

Мета дослідження: запропонувати методику ймовірнісного аналізу НДС ґрунтових основ, а також визначити та порівняти параметри надійності конструкцій будівель на слабких і міцних ґрунтових основах.

Результати дослідження. Нелінійні методи розрахунку на базі даних випробувань основ з урахуванням критеріїв надійності дозволяють обґрунтовано призначати допустимі навантаження на фундаменти та отримувати економічні проектні рішення [1; 2]. У даному дослідженні виконано аналіз ймовірностей відмов та індексів надійності об’єктів класу наслідків СС2.

Один із обстежених об’єктів – виробнича 3–4-поверхова будівля, розташована у м. Слобожанське Дніпропетровської області. Конструктивна система представлена збірним залізобетонним каркасом на стовпчастих фундаментах. Основою є дрібні піски середньої щільності. За результатами інструментального обстеження встановлено задовільний технічний стан будівельних конструкцій. Інший об’єкт – громадська 1–3-поверхова будівля у м. Кривий Ріг. Конструктивна система представлена неповним залізобетонним каркасом на стовпчастих фундаментах, цегляними стінами на стрічкових фундаментах та збірними залізобетонними перекриттями. Основою є щебенева подушка, що підстиляється м’якопластичними лесовими суглинками. Фундаменти та стіни зазнали наднормативних деформацій і втратили стійкість. При обстеженні будівлі виконано аналіз ймовірних причин відмов. Геодезичними методами встановлено нерівномірні осідання фундаментів і стін та крени колон, значення яких перевищили гранично допустимі у 1,14–2,08 рази. Виконані розрахунки несучої здатності та осідань підстиляючого слабого водонасиченого шару.

Значення проектного несучого опору основ R_d розраховані згідно з Єврокод 7. НДС ґрунтових основ визначено шляхом чисельного моделювання методом скінченних елементів із використанням програми PLAXIS 3D та застосуванням нелінійних моделей: ідеальної пружно-пластичної поведінки з критерієм міцності Мора-Кулона та зміцнення ґрунту. У дослідженнях надійності використано ймовірнісні методи статичних випробувань та поверхні відгуку. Випадкові величини характеристик ґрунтів та тиску під подошвою фундаменту P змодельовані наближеним розподілом за нормальним законом. Коефіцієнти варіації характеристик ґрунтів визначені за даними інженерно-геологічних вишукувань.

У якості показників надійності системи «основа–фундамент» розглянута ймовірність відмов P_f за граничними станами: перевищення тиском P під подошвою фундаменту проектного несучого опору R_d ; перевищення розрахунковим осіданням граничного значення; перевищення розрахунковою відносною нерівномірністю осідань граничного значення.

Розрахунками отримані наступні значення ймовірностей відмов та індексів надійності: для фундаментів на дрібному піску середньої щільності – $P_f = 4 \cdot 10^{-8}$, $\beta = 4.9$; для фундаментів на суглинку м’якопластичному – $P_f = 2 \cdot 10^{-4}$, $\beta = 3.6$. Зроблено висновок, що значення показників надійності будівлі на слабкій ґрунтовій основі нижчі за нормативні (згідно з ДБН В.1.2-14:2018 та Єврокод 0). Отримані значення ймовірностей відмов та індексів надійності можуть бути використані для калібрування розрахунків за методом часткового коефіцієнта надійності та порівняння рівнів надійності конструкцій.

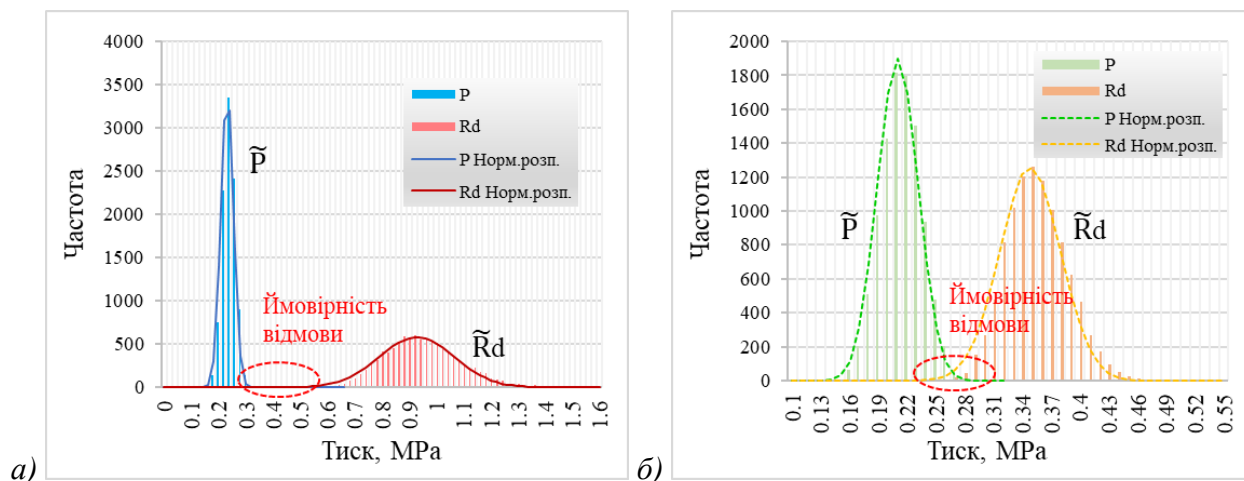


Рис. 1. Ймовірність відмов ґрунтових основ залежно від тиску під подошвою фундаментів та проєктного несучого опору: а – на піску середньої щільності; б – на м'якопластичному суглинку.

Висновки. За результатами проведених натурних обстежень будівельних конструкцій виконане тестування розробленої методики оцінювання надійності на базі ймовірнісного аналізу НДС основ фундаментів з урахуванням неоднорідності та нелінійності деформування ґрунтів. Методика реалізована на базі комплексного рішення методом поверхні відгуку із застосуванням апроксимуючих рівнянь за даними чисельного моделювання методом скінченних елементів, статистичних випробувань та методом надійності першого порядку. Практична цінність результатів роботи полягає у визначенні за даними натурних досліджень параметрів надійності будівель, споруджених на основах із різними характеристиками надійності, що є важливим для перевірки теоретичних положень, спрямованих на удосконалення ймовірнісних методів розрахунку будівельних конструкцій.

Список використаних джерел

1. Kirichek Y., Bolshakov V., Tregub A. Safety concepts for shallow foundations. *Proc. of XVI European Conference ECSMGE “Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development”*. Edinburg : ICE Publishing, 2015. Vol. 3. Pp. 967–972.
2. Kirichek Y., Tregub O. Nonlinear numerical analysis of foundations on basis of plate load test results. *Proc. of the XVIII European Conference ECSMGE “Geotechnical Engineering Challenges to Meet Current and Emerging Needs of Society”*. 2024. Pp. 576–581.

УДК 725.57–053.2/.5:004.8:681.5:697

SMART HOUSE ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО ТА КОМФОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА У ДИТЯЧИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРАХ

Ужеловський А. В.¹, канд. техн. наук, доц., Сологубова С. В.², канд. фіз. вих., доц., Харченко К. С.³, канд. техн. наук, доц., Капленко Д. Д.⁴, маг.

Ужеловський В. О.⁵, канд. техн. наук, доц., Сопільняк А. М.⁶, канд. техн. наук, доц.

¹⁻⁶ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹uzhelovskiy.andrii@pdaba.edu.ua, ²sologubovasv@gmail.com, ³k.s.kharchenko@ust.edu.ua,

⁴g1rk1na89@gmail.com, ⁵v.o.uzhelovskiy@ust.edu.ua, ⁶sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зростання кількості психоемоційних розладів серед дітей є однією з актуальних проблем сучасного суспільства. Причинами цього можуть виступати як наслідки воєнних дій та соціально-економічні кризи, так і надмірне інформаційне навантаження. Традиційні методи психокорекції, що базуються переважно на

психотерапевтичних або педагогічних підходах, не завжди забезпечують належну ефективність, оскільки не враховують комплексного впливу середовища на дитину [1].

Зарубіжні дослідження доводять, що впровадження елементів Smart Environment у педіатричну реабілітацію дозволяє поєднувати фізичні вправи з цифровим зворотним зв'язком і сенсомоторними тренажерами, адаптованими до індивідуальних потреб [2; 4]. Розвиток технологій штучного інтелекту відкриває перспективи створення автономних систем управління, здатних не лише підтримувати комфортні умови, а й прогнозувати можливі психоемоційні чи фізіологічні відхилення [3]. Водночас недостатньо дослідженням залишається питання інтеграції таких технологій у реабілітаційні центри з урахуванням архітектурних, інженерних та психолого-педагогічних аспектів. Дослідження у сфері нейроконтролерного регулювання підтверджують ефективність управління складними технічними системами, зокрема середовищем Smart House [5; 6].

Мета дослідження: обґрунтувати концепцію впровадження технологій Smart House у дитячих реабілітаційних центрах для підвищення ефективності корекції психоемоційних розладів.

Результати дослідження. Запропонована модель дитячого реабілітаційного центру нового покоління базується на інтеграції біофільного дизайну, інтелектуальних систем управління та алгоритмів штучного інтелекту. Біофільні рішення, такі як атріумні простори, озеленення інтер'єрів і сенсорні зони, сприяють зниженню рівня стресу та формуванню відчуття безпеки [1]. Інженерний рівень передбачає автоматизоване керування вентиляцією, кондиціонуванням, освітленням, акустикою, контролем доступу та відеоспостереженням. Використання сенсорних модулів для моніторингу стану здоров'я дітей дозволяє персоналу оперативно реагувати на зміни фізіологічних показників, що підсилює ефективність класичних методів реабілітації [2; 4].

Особливу роль відіграє застосування штучного інтелекту та нейроконтролерів. Нейроконтролери забезпечують точну стабілізацію параметрів середовища навіть за умов зовнішніх збурень, що є критично важливим для створення комфортних та безпечних умов перебування дітей [5; 6].

Алгоритми ШІ дозволяють прогнозувати можливі відхилення та формувати сценарії адаптації середовища відповідно до індивідуальної сенсорної чутливості [3]. Досвід впровадження концепції «Ambient Assisted Rehabilitation» підтверджує, що поєднання біофільного підходу з інтелектуальними технологіями створює середовище, яке не лише відповідає сучасним вимогам безпеки, але й виступає активним чинником реабілітації [4].

Таким чином, синергія архітектурних рішень, Smart House та ШІ формує нову модель дитячого реабілітаційного центру, орієнтовану на персоналізацію та довготривалу ефективність психоемоційної корекції.

Висновки.

1. Інтеграція біофільного дизайну та технологій Smart House створює адаптивне середовище, яке знижує стресогенність простору та підвищує відчуття безпеки.

2. Автоматизоване керування мікрокліматом, освітленням, акустикою та доступом, підкріплене сенсорною мережею та носимою телеметрією, забезпечує персоналізовану підтримку реабілітаційних протоколів.

3. Використання ШІ й нейроконтролерів підвищує точність та стійкість регулювання, дає можливість прогнозувати відхилення та формувати сценарії індивідуального впливу на психоемоційний стан.

4. Запропонована модель може слугувати основою для стандартів проектування дитячих реабілітаційних центрів, орієнтованих на довготривалу ефективність корекції психоемоційних розладів та безпечний комфорт перебування.

Список використаних джерел

1. Kharchenko K. S., Solohubova S. V., Kaplenko D. D. Принципи формування реабілітаційних центрів для корекції психоемоційних розладів у дітей. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2025. № 1. С. 154–163. URL: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2025.1.18> (дата звернення: 10.09.2025).

2. Kokkoni E., Mavroudi E., Zehfroosh A., Galloway J., Vidal R., Heinz J., Tanner H. GEARing smart environments for pediatric motor rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020. Vol. 17, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12984-020-0647-0> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Mennella C., Maniscalco U., De Pietro G., Esposito M. The Role of Artificial Intelligence in Future Rehabilitation Services : a Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. Pp. 11956–11974. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3236084> (дата звернення: 10.09.2025).
4. Meriggi P., Mandalà M., Brazzoli E., Piacente T., Mazzola M., Olivieri I. From AAL to ambient assisted rehabilitation : a research pilot protocol based on smart objects and biofeedback. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s12652-020-01744-2> (дата звернення: 10.09.2025).
5. Теслюк В., Казарян А. Вибір оптимального типу штучної нейронної мережі для автоматизованих систем «розумного» будинку. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т. 30, № 5. С. 90–93. URL: <https://doi.org/10.36930/40300515> (дата звернення: 10.09.2025).
6. Ужеловський В., Ужеловський В. О., Ткачов В. С., Кравець Г. В. Нейроконтролерне регулювання натягу конвеєрної стрічки. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2023. Вип. 73. С. 154–162. URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/73.154> (дата звернення: 10.09.2025).

УДК 339.138:338.4

ВПЛИВ МАРКЕТИНГОВИХ СТРАТЕГІЙ НА ДЕВЕЛОПЕРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., Горєвий Є. І.², здобувач
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
[1fisunenko.pavlo@pdaba.edu.ua](mailto:fisunenko.pavlo@pdaba.edu.ua), 24023.horevyi@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. На сьогодні ринок нерухомості в Україні стикається з численними викликами, зокрема через економічну нестабільність та зміни в попиті на житло. Успіх проекту нерухомості значною мірою визначається ефективністю маркетингових стратегій, які формують попит, приваблюють інвесторів та забезпечують конкурентні переваги на ринку. У цьому контексті девелоперська діяльність виходить за межі простої реалізації будівельних проектів, успішні компанії адаптують свої стратегії, орієнтуючись на безпеку, а маркетингові стратегії стають ключовим інструментом для девелоперів, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності та забезпеченню сталого розвитку компаній.

Мета дослідження. Зміни в попиті, поведінці споживачів та інвестиційній привабливості об'єктів нерухомості вимагають адаптації маркетингових стратегій девелоперських компаній. У цьому контексті важливим є аналіз впливу маркетингових стратегій на діяльність у девелопменті.

Результати дослідження. Маркетинг у девелопменті включає комплекс заходів, спрямованих на дослідження ринку, формування бренду об'єкта чи компанії, залучення клієнтів та оптимізацію продажів. Маркетингові стратегії у девелопменті виконують такі функції як формування попиту на житлову та комерційну нерухомість ще на стадії проектування, підвищення впізнаваності бренду девелопера, що сприяє довірі інвесторів та покупців, знижує ризики продажу об'єктів, оптимізація комунікацій, яка дозволяє ефективно донести інформацію про переваги проекту до цільової аудиторії та залучення інвестицій. Стосовно впливу маркетингових стратегій на ефективність девелоперської діяльності можна виокремити такі напрямки як прискорення продажів, з огляду на те, що добре розроблена маркетингова кампанія дозволяє швидко продати об'єкти навіть на ранніх стадіях будівництва; зниження ризиків, враховуючи те, що стратегічний маркетинг забезпечує прогнозованість попиту та зменшує ризики фінансових втрат; підвищення

конкурентоспроможності, бо саме маркетинг виділяє об'єкт на ринку, формуючи унікальні переваги перед конкурентами.

Як зазначає Мних О., Старецький А. в умовах війни бізнес-структури змушені оперативно реагувати на зміни в попиті, порушення ланцюгів постачання та зміну споживчої поведінки. Автори акцентують увагу на важливості цифровізації комунікацій, що дозволяє підтримувати зв'язок з клієнтами та партнерами через онлайн-платформи, мобільні додатки та соціальні мережі [1]. Також не слід нехтувати роллю соціально відповідального маркетингу, що дозволяє зберегти лояльність споживачів в умовах кризи. Важливою стратегією є орієнтація на локальне виробництво та розвиток партнерських зв'язків для стабільності бізнесу. У повоєнний період акцент робиться на інноваціях, залученні інвестицій та оптимізації бізнес-процесів для забезпечення сталого зростання та розвитку.

На думку Фісуненко П., Анферова А., при розробці маркетингової стратегії та побудові системи маркетингових інструментів девелоперів, що реалізують складні девелоперські проекти, пов'язані із значними інвестиціями та ризиками, має обов'язково враховуватись вплив середовища їхньої реалізації [2].

В Україні маркетингові стратегії девелоперів активно включають цифрові технології. Девелопери змушені змінювати способи комунікації з клієнтами, роблячи акцент на онлайн-платформи, соціальні мережі та віртуальні тури. Це дозволяє охоплювати аудиторію без фізичного контакту та забезпечує безпеку під час переміщень населення. Серед основних тенденції можна відзначити використання VR/AR-технологій для віртуальних турів по об'єктах, активну присутність у соціальних мережах та на цифрових платформах для залучення молодшої аудиторії, формування локальних брендів «розумних кварталів» із власними комунікаційними концепціями.

За даними дослідження Київського національного університету будівництва та архітектури, наведеного у праці Петренка І., понад 70 % девелоперських компаній в Україні впроваджують цифрові маркетингові стратегії для підвищення ефективності продажів [3].

У умовах воєнного стану девелопери повинні бути готові до швидкої адаптації своїх стратегій, здійснюючи регулярне оновлення інформації про ринок, коригуючи цінову політику з урахуванням економічної ситуації та платоспроможності населення, а також здійснюючи підтримку клієнтів за рахунок забезпечення гнучких умов оплати та фінансування. Такі підходи дозволяють зберігати конкурентоспроможність та ефективно реагувати на зміни ринкової ситуації.

Незважаючи на численні переваги, впровадження маркетингових стратегій у девелопменті стикається з рядом викликів, зокрема: **економічна нестабільність**, висока конкуренція на ринку та **зміни в законодавстві**, які можуть впливати на реалізацію маркетингових стратегій.

Щодо перспектив розвитку маркетингових стратегій у девелопменті слід відмітити інтеграцію новітніх технологій, таких як штучний інтелект та аналітика великих даних, для прогнозування попиту та оптимізації процесів, орієнтацію на сталий розвиток шляхом впровадження екологічно чистих технологій та практик у будівництві та маркетингу та розвиток персоналізованих пропозицій з урахуванням індивідуальних потреб та переваг клієнтів.

Висновки. Маркетингові стратегії є невід'ємною частиною успішної девелоперської діяльності. Їх ефективне застосування дозволяє девелоперським компаніям не лише збільшити обсяги продажу та підвищити рівень задоволеності клієнтів, але й забезпечити сталий розвиток у конкурентному середовищі. Врахування сучасних тенденцій та інноваційних технологій сприятиме подальшому вдосконаленню маркетингових стратегій у галузі девелопменту нерухомості. Інтеграція цифрових технологій у маркетингові стратегії відкриває нові можливості для девелоперів, дозволяючи оптимізувати процеси продажу та управління об'єктами нерухомості, а також підвищувати ефективність бізнесу в умовах сучасного ринку.

Список використаних джерел

1. Мних О., Старецький А. Характеристика маркетингових стратегій забезпечення розвитку бізнес-структур в воєнний та повоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-175>
2. Фісуненко П., Анферов А. Вплив середовища реалізації девелоперського проєкту на вибір маркетингових інструментів. *Підприємництво і торгівля*. 2025. № 44. С. 61–69. URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2025-44-08>
3. Петренко І. В. Цифрові інструменти в управлінні нерухомістю в умовах воєнного стану. *Науковий вісник КНУБА*. 2024. Вип. 45. С. 78–92.

УДК 339.138

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., **Євтушенко І. А.²**, здобувач
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
[1fisunenکو.pavlo@pdaba.edu.ua](mailto:fisunenکو.pavlo@pdaba.edu.ua), [2ekm2405.ievtushenko@365.pdaba.edu.ua](mailto:ekm2405.ievtushenko@365.pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Цифровізація є потужним каталізатором змін у різних галузях економіки, і ринок нерухомості не є винятком. В Україні, де девелопмент нерухомості традиційно мав орієнтацію на фізичні аспекти будівництва, цифрові технології відкривають нові можливості для оптимізації процесів, підвищення ефективності та залучення інвестицій.

Мета дослідження. Дослідження спрямовано на вивчення основних тенденцій цифровізації в девелопменті нерухомості, зокрема в Україні, та їх впливу на перспективи розвитку галузі.

Результати дослідження. В Україні впровадження цифрових технологій у девелопмент набирає обертів, зокрема в контексті відновлення інфраструктури. Як стверджує Д.Бондаренко, цифровізація для будівельної галузі є основним важелем її розвитку [1]. Будівельне інформаційне моделювання (BIM) є однією з ключових технологій, що трансформуює процеси проектування, будівництва та експлуатації об'єктів нерухомості [2].

Згідно з дослідженням, проведеним спільно Лафборо університетом (Велика Британія) та Одеською національною академією будівництва та архітектури, інтеграція BIM у відновлення пошкоджених об'єктів дозволяє значно підвищити ефективність процесів реконструкції та модернізації інфраструктури, зокрема за рахунок покращення координації між учасниками проєкту та зменшення витрат на будівництво [3].

Також в Україні спостерігається активний розвиток PropTech-компаній, які спеціалізуються на цифрових рішеннях для ринку нерухомості. Наприклад, компанія Leobit, розташована у Львові, була визнана однією з провідних компаній з розробки програмного забезпечення для нерухомості у 2023 році [4]. Ця компанія розробляє інноваційні платформи для управління нерухомістю, автоматизації процесів оренди та продажу, а також інтеграції «розумних» технологій у будівлі.

Важливими інструментами для прогнозування попиту на нерухомість, оцінки вартості об'єктів та оптимізації управлінських рішень, стають штучний інтелект та аналітика великих даних. Згідно з дослідженням, опублікованим у журналі ScienceDirect, інтеграція штучного інтелекту у процеси управління нерухомістю дозволяє значно підвищити ефективність операцій та знизити витрати [5]. В Україні ці технології також починають знаходити своє застосування, зокрема в сфері оцінки нерухомості та управлінні житловими комплексами.

Віртуальна та доповнена реальність стають потужними інструментами для девелоперів. Вони дозволяють потенційним покупцям та орендарям здійснювати віртуальні тури об'єктами, що значно спрощує процес прийняття рішення про покупку чи оренду. Згідно з дослідженням, опублікованим у Medium, використання віртуальної та доповненої реальності

суб'єктами ринку нерухомості дозволяє зменшити час на прийняття рішення та підвищити задоволеність клієнтів [6].

Блокчейн-технології забезпечують прозорість та безпеку транзакцій у сфері нерухомості. Вони дозволяють автоматизувати процеси передачі прав власності, укладання угод та управління орендними платежами. Згідно з дослідженням, опублікованим у FIABCI, використання блокчейн-технологій на ринку нерухомості дозволяє знизити витрати на транзакції та підвищити довіру між учасниками ринку [7].

Висновки. В умовах цифровізації девелопмент нерухомості в Україні має значний потенціал для розвитку. Впровадження цифрових технологій дозволяє підвищити ефективність будівництва та управління об'єктами завдяки використанню BIM, ІІІ та аналітики великих даних, залучити інвестиції, зважаючи на те, що цифрові платформи та блокчейн-технології забезпечують прозорість та безпеку інвестицій, покращити якість обслуговування клієнтів за рахунок використання віртуальної та доповненої реальності у маркетингу нерухомості, що дозволяє клієнтам отримувати більш детальну інформацію про об'єкти, сприяти відновленню інфраструктури – цифрові технології дозволяють ефективно планувати та реалізовувати проєкти відновлення пошкоджених об'єктів.

Таким чином, дослідження перспектив цифровізації девелопменту нерухомості є актуальним і необхідним, оскільки дозволяє визначити ефективні інструменти та моделі управління для підвищення конкурентоспроможності ринку, залучення інвестицій та відновлення критичної інфраструктури. Комплексне застосування цифрових технологій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності ринку, залученню інвестицій та формуванню сучасної інфраструктури управління нерухомістю.

Список використаних джерел

1. Бондаренко Д., Калашнікова К. *Цифровізація будівельної галузі України : аналіз стану, проблем і перспектив розвитку. Економіка і суспільство*. 2024. № 65. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2> (дата звернення 10.09.2025).
2. Марченко О. І., Коляденко Р. С. *Цифрова трансформація будівельного бізнесу : тенденції та перспективи. Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. Вип. 4 (04). С. 20–26. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.4-4> (дата звернення 10.09.2025).
3. Лозова Т. І. *Формування інформаційної системи управління об'єктами нерухомого майна в умовах цифрової економіки. Економіка та держава*. 2021. № 3. С. 46–50. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/3_2021/10.pdf (дата звернення 10.09.2025).
4. Leobit. Визнання компанії Leobit як провідного розробника програмного забезпечення для нерухомості у 2023 році. URL: <https://leobit.com.ua> (дата звернення: 10.09.2025).
5. ScienceDirect. Інтеграція штучного інтелекту у процеси управління нерухомістю. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214651930086X> (дата звернення: 10.09.2025).
6. Medium. Використання віртуальної та доповненої реальності у маркетингу нерухомості. URL: <https://medium.com/@realestatevr/arvr-in-real-estate-marketing> (дата звернення: 10.09.2025).
7. FIABCI. Блокчейн-технології у ринку нерухомості. URL: <https://www.fiabci.org/blockchain-real-estate> (дата звернення: 10.09.2025).

СУЧАСНІ ТРЕНДИ ПРОЦЕСУ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ МАРКЕТИНГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ- ДЕВЕЛОПЕРІВ БУДІВНИЦТВА : РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., Ігнатенко О. В.², здобувач
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹fisunenko.pavlo@pdaba.edu.ua, ²polmilife2023@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах зростаючої конкуренції на ринку нерухомості географічна прив'язка маркетингових зусиль набуває особливого значення. Девелоперські компанії повинні з особливою ретельністю підходити до вибору регіонів для інвестування та просування своїх проєктів. Це передбачає не тільки аналіз демографічних показників та економічної ситуації в регіоні, але й вивчення місцевих традицій, культурних особливостей та потреб населення. На сьогоднішній день, в умовах повномасштабного воєнного вторгнення на територію України, організація маркетингової діяльності підприємств-девелоперів будівництва має певні особливості, що потребують додаткового дослідження та формування відповідних теоретико-методичних постулат.

Мета дослідження. Ефективний геомаркетинг вимагає від девелопера глибокого розуміння специфіки кожного окремого регіону, що потребує розробки індивідуальних маркетингових стратегій, адаптованих до потреб та очікувань відповідного регіону. Важливо враховувати місцеві особливості при розробці рекламних матеріалів, виборі каналів комунікації та проведенні маркетингових заходів. Відтак, проблематика дослідження сучасних трендів процесу економічної діагностики результативності маркетингової діяльності підприємств-девелоперів будівництва є однією із актуальних та важливих тем сучасності, дослідженням якої опікуються як вітчизняні, так і закордонні науковці [1–4].

Результати дослідження. Локалізовані маркетингові дослідження є невід'ємною частиною успішної геомаркетингової стратегії. Вони дозволяють девелоперу зібрати інформацію про місцевий ринок, виявити потреби та очікування потенційних покупців, а також оцінити рівень конкуренції. Ці дослідження повинні включати аналіз цін на нерухомість, вивчення пропозиції конкурентів, опитування населення відповідного регіону та експертів ринку. Економічна діагностика маркетингової діяльності девелопера повинна зосереджуватись на оцінці ефективності маркетингових заходів у кожному окремому регіоні. Важливо визначити, які саме маркетингові інструменти та стратегії є найбільш ефективними для кожного конкретного регіону, та, відповідно, коригувати маркетинговий бюджет та плани. Означена стратегія дозволить девелоперу максимально ефективно використовувати наявні ресурси та досягати максимальних результатів у кожному регіоні. В контексті означених особливостей, першочерговим є визначення ступеню ризику для певного регіону. Відтак, наприклад, для проєктів у регіонах високого ступеню ризику зазвичай застосовують більш консервативні цінові стратегії, що передбачають нижчі ціни на початкових етапах продажу для стимулювання попиту та забезпечення стабільного потоку грошових коштів. Також можливе використання динамічного ціноутворення, яке дозволяє швидко реагувати на зміни ринкової кон'юнктури. У регіонах з низьким рівнем ризику девелопери можуть дозволити собі більш агресивні стратегії, встановлюючи вищі ціни, особливо якщо проєкт має унікальні характеристики або розташований у престижному районі. У цьому випадку акцент фокусується на максимізацію прибутковості, а не на швидкість продажу відповідного об'єкту.

Комплексний підхід до діагностики, що враховує всі потенційні ризики та можливості, дозволяє девелоперу досягти оптимального балансу між прибутковістю та стабільністю. При цьому, у сфері економічної діагностики маркетингової діяльності підприємств-девелоперів, соціальні фактори проявляються у зміні споживчих переваг, демографічних тенденцій та рівня освіти населення. Зростання кількості міського населення, збільшення частки молодих сімей та підвищення вимог до комфорту і енергоефективності житла суттєво впливають на попит та пропозицію на ринку нерухомості. Наприклад, технологічні фактори здійснюють

революційний вплив на маркетингові стратегії девелоперів. Використання цифрових платформ, віртуальної реальності для презентації об'єктів нерухомості, великих даних для аналізу ринку та 3D-друку в будівництві є ключовими інструментами підвищення ефективності маркетингової діяльності та зниження витрат. Екологічні фактори, зокрема зміни клімату та зростаюча екологічна свідомість, стимулюють девелоперів до впровадження «зелених» технологій та сталого будівництва (наприклад, енергоефективні будинки, використання відновлюваних джерел енергії та екологічно чисті матеріали, що стають важливими конкурентними перевагами). Ефективна економічна діагностика дозволяє девелоперам адаптувати маркетингові стратегії до мінливих економічних умов та мінімізувати ризики. Політичні фактори, зокрема державна політика у сфері містобудування, податкове регулювання та програми підтримки будівництва, можуть суттєво впливати на інвестиційну привабливість девелоперських проєктів в цілому.

Висновки. Ефективна діагностика результативності маркетингової діяльності враховує не лише поточну ситуацію на ринку нерухомості, але й прогнозує можливі зміни у майбутньому. Важливо оцінювати чутливість проєкту до різних сценаріїв та розробляти стратегії реагування на непередбачені обставини, наприклад, – використовуючи інструментарію сучасного стратегічного прогнозування. Оцінка зони ризику та вибір відповідної цінової стратегії є ключовим фактором успіху девелоперського проєкту. Аналіз означених ризиків та можливостей є невід'ємною частиною економічної діагностики маркетингової діяльності підприємств-девелоперів.

Список використаних джерел

1. Гребньов Г. М. Формування напрямків підвищення ефективності маркетингового механізму управління конкурентоспроможністю будівельних підприємств. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2019. № 11. С. 395–400.
2. Овсієнко Н. В. Особливості маркетингової діяльності підприємств будівельної галузі. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-26> (дата звернення: 11.08.2025).
3. Костянчук К. В. Індустрія 4.0: технологія New Normality та її вплив на маркетингову діяльність. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2021. № 19. С. 115–120.
4. Ma X., Gu X. New marketing strategy model of Ecommerce enterprises in the era of digital economy. *Heliyon*. 2024. Vol. 10 (8). URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29038> (date of the application: 25.08.2025).

УДК 339. 711:332.1

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., **Орел М. В.²**, здобувач
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
 Українського державного університету науки і технологій
¹fisunenko.pavlo@pdaba.edu.ua, ²ekm2403.orel@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В умовах війни в Україні особливо важливим є поєднання різних підходів для комплексного відновлення територій, що включає економічну стабілізацію, соціальну підтримку населення, модернізацію інфраструктури, збереження культурної спадщини та формування позитивного іміджу регіону. Ревіталізація територій стає не лише питанням відбудови інфраструктури, а й стратегічним напрямом підвищення конкурентоспроможності громад, відновлення соціальної стабільності та залучення інвестицій.

Мета дослідження. Потреба адаптації міжнародного досвіду ревіталізації до українських реалій, формування дієвих механізмів державного регулювання та забезпечення

участі громадянського суспільства у процесах оновлення потребує детального вивчення підходів до ревіталізації територій та системного аналізу даної проблематики.

Результати дослідження. Ревіталізація територій – це багатогранний процес відновлення та розвитку депресивних або зруйнованих територій, спрямований на покращення їх економічного, соціального, екологічного та культурного стану. На основі праць українських авторів можна виокремити такі принципи до ревіталізації територій як інтердисциплінарність – врахування архітектурного, соціального, екологічного, економічного, правового аспектів. (Горблюк С., Бессонова А., Безугла Л., Белобородова М.); локалізація стратегій – врахування специфіки територій: функціонального призначення, стану інфраструктури, історичних характеристик, демографії (Миколайчук М.); адаптація стратегій – на основі використання моделей ревіталізації з країн ЄС, врахування стандартів сталого розвитку, екологічних/normative практик. (Сич О., Ситник Н., Стасишин А., Круглякова В.), пріоритетність критичних інфраструктурних компонентів – дороги, енергія, водопостачання, комунальні служби як базові елементи, які потрібно відновлювати/ревіталізовувати першочергово (Шпатакова О.).

У сучасній науковій літературі виділяють кілька основних підходів до ревіталізації, кожен з яких має свої особливості та методи реалізації. Перший – економічний підхід, який фокусується на відновленні та розвитку економічної діяльності та економічної активності на певній території. Його реалізують через залучення інвестицій, створення нових робочих місць, підтримку малого та середнього бізнесу, а також запровадження податкових та грантових стимулів. Використання цього підходу дозволяє стимулювати розвиток регіональної економіки та повернення підприємницької активності. Другий – соціальний підхід, що акцентує увагу на покращенні умов та якості життя мешканців території та ставить за мету зміцнення соціальної згуртованості. Це передбачає створення соціальної інфраструктури, таких як школи, лікарні, дитячі садки, а також розвиток громадських просторів, культурних та спортивних об'єктів. Наступним є просторово-планувальний підхід, який зосереджується на відновленні та модернізації міської та регіональної інфраструктури. Він включає планування та проектування нових житлових, комерційних та громадських об'єктів, а також відновлення та модернізацію існуючої інфраструктури з використанням сучасних будівельних технологій та матеріалів. В цілому такий підхід передбачає редевелопмент старих промислових або занедбаних зон, облаштування транспортних коридорів, створення публічних просторів і підвищення комфортності урбанізованих територій. Четвертий підхід – культурно-історичний, який орієнтований на збереження та популяризацію культурної спадщини. П'ятий – екологічний підхід, що включає відновлення природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. До його методів належать рекультивація забруднених земель, озеленення міських і приміських зон, очищення водойм та створення зелених коридорів для підвищення екологічної стійкості території. Шостий підхід – маркетингово-брендинговий, який спрямований на формування позитивного іміджу території для залучення інвестицій, туристів та нових мешканців. В рамках цього підходу розглядається розробка бренду міста, проведення рекламних кампаній, організація міжнародних партнерств та культурних подій, що підвищують привабливість території навіть у кризових умовах.

У практиці ревіталізації зазвичай застосовується комбінований підхід, що поєднує економічні, соціальні, просторові, культурні, екологічні та маркетингові складові. Така інтеграція дозволяє одночасно відновлювати економіку, поліпшувати умови життя населення, модернізувати інфраструктуру, зберігати культурну спадщину та формувати стійкий позитивний імідж території на національному й міжнародному рівні.

Висновки. Ревіталізація територій є складним та багатогранним процесом, що вимагає комплексного підходу та інтеграції різних стратегій. У контексті війни в Україні особливо важливими є економічне відновлення, соціальна підтримка населення, відновлення інфраструктури, збереження культурної спадщини, екологічна реабілітація та формування позитивного іміджу території. Успішна реалізація цих підходів сприятиме сталому розвитку та відновленню територій після завершення бойових дій.

Список використаних джерел

1. Горблюк С. Ревіталізація міста: сутність та ключові характеристики. *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України*. 2020. Вип. 2. С. 34–41. DOI 10.36.030/2664-3618-2020-2-34-41 (дата звернення: 14.09.2025).
2. Бессонова А., Безугла Л., Белобородова М. Міжнародний досвід ревіталізації промислових об'єктів: можливості для України. *Економіка та держава*. 2024. № 3. С. 56–62.
3. Миколайчук М. Інструменти розвитку та повоєнного відновлення територій. *Економіка та держава*. 2023. № 12. С. 35–41.
4. Євсюкова О. Відновлення та розвиток територіальних громад: регіональні особливості планування. *Держава та регіони. Серія: Державне управління*. 2022. № 4. С. 24–33. URL: <http://www.pa.stateandregions.zp.ua>.
5. Шпатакова О., Іваненко О., Погребицький А. Перспективи відновлення критичної інфраструктури на деокупованих територіях України. *Економіка та суспільство*. 2022. № 40. С. 33–41.
6. Сич О., Ситник Н., Стасишин А., Круглякова В. Ревіталізація міст – досвід Європейського Союзу для України : навч. посіб. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 212 с. URL: <http://ena.lpnu.ua>

УДК 339.138.1:314

РОЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО МАРКЕТИНГУ У ДЕВЕЛОПМЕНТІ

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., Сорока О. А.², здобувач

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹fisunenکو.pavlo@pdaba.edu.ua, ²ekm2404.soroka@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні міста та регіони дедалі активніше застосовують інструменти територіального маркетингу, спрямовані на формування позитивного іміджу, залучення інвестицій, розвиток туризму та створення комфортного середовища для мешканців. У цих умовах девелопмент нерухомості виходить за межі класичного будівництва та продажу квадратних метрів та трансформується у комплексний процес розвитку території, де поєднуються економічні, соціальні та маркетингові цілі. Саме тому важливо дослідити, як територіальний маркетинг впливає на стратегії девелоперських компаній та які трансформаційні процеси відбуваються на ринку нерухомості.

Мета дослідження. Наявні на сьогодні результати емпіричних досліджень вказують, що системне використання інструментів територіального маркетингу позитивно впливає на економічне зростання та привабливість регіонів. Тому дослідження ролі та значення територіального маркетингу для розвитку девелоперської діяльності є особливо актуальним.

Результати дослідження. На відміну від класичного маркетингу, засади якого були сформовані Котлером Ф., для територіального маркетингу об'єктом просування стає сама територія з її унікальними ресурсами, інфраструктурою та культурною спадщиною. Як зазначає Безпарточний М., територіальний маркетинг є визначальним фактором для отримання із зовнішніх джерел фінансових ресурсів, зокрема, міжнародних інвестицій, необхідних для забезпечення сталого розвитку територіальних громад [1]. Це дає можливість розглядати територіальний маркетинг не лише як інструмент промоції, а як комплексну концепцію соціально-економічного розвитку національної економіки.

У сфері девелопменту роль територіального маркетингу особливо відчутна. По-перше, він стимулює інвестиційну активність: території, які мають чітко артикульовану стратегію та конкурентні переваги, швидше залучають капітал, що забезпечує розвиток будівельних та інфраструктурних проєктів. По-друге, саме територіальний маркетинг впливає на туристичну привабливість, що створює попит на наявні або нові об'єкти рекреаційної та

готельної нерухомості. По-третє, просування території як комфортного місця для проживання стимулює попит на житлове та комерційне будівництво. На думку Якимишина Л., Фалович В., Семенюк С., маркетингові стратегії допомагають налагодити взаємодію з місцевими громадами, зменшуючи ризики суспільного спротиву девелоперським ініціативам [2].

Як наведено у праці Якушевської О., одним з ключових аспектів маркетингу територій є розуміння, що стимулює рішення їхніх споживачів – як реальних, так і потенційних [3]. Тому потребують перегляду умови та можливості інтеграції маркетингових стратегій у практику девелоперських компаній. Використання інвестиційних порталів, віртуальних турів, цільових рекламних кампаній у соціальних мережах дозволяє швидко донести до потенційних клієнтів і партнерів інформацію про привабливість певної території. Додатково все більшої ваги набувають кластерні підходи, коли територія позиціонується через розвиток певних галузей – креативних індустрій, туризму чи агропромисловості.

Але повномасштабне вторгнення росії істотно змінює підходи до територіального маркетингу в Україні. Якщо у довоєнний період головними завданнями були залучення інвестицій, розвиток туристичних кластерів та формування бренду міст, то нині у центрі уваги опинилися зовсім інші пріоритети: забезпечення безпеки населення, відновлення інфраструктури та пошук джерел фінансування для відбудови. Як відзначає Брус С., провівши систематизацію використання інструментів маркетингу в умовах війни, територіальний маркетинг в умовах воєнних дій стає інструментом адаптації економіки та відбудови соціально-економічного середовища [4].

Також відчутні зміни в акцентах у комунікаційних стратегіях. Територіальний маркетинг усе частіше орієнтується на демонстрацію стійкості громад, їхньої здатності швидко адаптуватися до кризових обставин і водночас зберігати інвестиційну привабливість. Детальне вивчення питань територіального маркетингу та його ролі у розвитку регіонів наведено у праці Соловйова І., Кліщевської А. Авторами розглядається можливість використання концепції територіального маркетингу, як підходу до управління регіональним розвитком і створення сприятливих умов для формування бізнес-середовища [5].

Соціальне спрямування територіального маркетингу також зазнає змін. Девелоперські компанії змушені враховувати позицію місцевих громад, адже без їхньої підтримки реалізація проєктів у кризових умовах практично неможлива.

Висновки. У підсумку можна констатувати, що на сьогодні воєнний стан виступає каталізатором глибоких змін у територіальному маркетингу та девелопменті. Він зумовлює переорієнтацію з традиційних підходів на моделі, засновані на стійкості, гнучкості та соціальній відповідальності. Інвестиційна привабливість девелоперських проєктів визначається не лише економічними параметрами, а й комунікаційними практиками територіального маркетингу, які дозволяють мінімізувати ризики та сформувати довіру з боку потенційних партнерів. У довгостроковій перспективі це може стати основою для більш збалансованого та інноваційного розвитку українських територій.

Список використаних джерел

1. Безпарточний М., Безпарточна О., Ломоносов Д. Маркетинг територіальних громад: інструменти залучення міжнародних інвестицій. *Сталий розвиток економіки*. 2024. № 3 (50). С. 386–393. DOI: 10.32782/2308-1988/2024-50-78.
2. Якимишин Л. Я., Фалович В. А., Семенюк С. Б. Маркетингові стратегії підвищення конкурентоспроможності будівельного сектору України в умовах воєнних та післявоєнних викликів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. № 42. С. 423–431. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1517>
3. Якушевська О. В. Концепція територіального маркетингу в управлінні розвитком території. *Управління проєктами : проєктний підхід в сучасному менеджменті* : матер. XIV Міжнар. наук.-практ. конф. фахівців, магістрантів, аспірантів та науковців. Одеса : ОДАБА, 2023. С. 461–465.

4. Брус С. Територіальний маркетинг як інструмент відновлення економіки України в умовах війни. *Економіка та держава*. № 6. 2023. С. 12–17. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2023.6.12>
5. Соловійов І. О., Кліщевська А. Ю. Територіальний маркетинг в контексті розвитку регіонів. *Вісник ХДУ. Серія : Економічні науки*. 2021. № 43. С. 21–26.

УДК 659.1:332.8-027.1

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ ДЛЯ ОБ’ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ FLATFINDER

Фісуненко П. А.¹, докт. економ. наук, проф., **Фесюн Ю. О.²**, здобувач
^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
¹fisunenکو.pavlo@pdaba.edu.ua, ²polmilife2023@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах зростаючої конкуренції на ринку нерухомості, ефективне використання цифрових маркетингових інструментів стає ключовим фактором успіху для агентств та забудовників. Традиційні методи просування, такі як реклама в друкованих ЗМІ або вуличні банери, поступово втрачають свою актуальність, поступаючись місцем таргетованим онлайн-кампаніям, контент-маркетингу та аналітиці великих даних. Для ефективного функціонування на ринку нерухомості компаніям необхідно постійно аналізувати тенденції, адаптуватися до нових умов та активно використовувати сучасні маркетингові інструменти. Важливо враховувати потреби цільової аудиторії, пропонувати конкурентні переваги та створювати унікальну пропозицію, яка вирізнятиме компанію серед інших гравців ринку.

Мета дослідження. Метою означеного наукового дослідження є вирішення питання удосконалення системи цифрового маркетингу для об’єктів нерухомості з використанням технології FlatFinder.

Результати дослідження. Успішна маркетингова стратегія в сфері нерухомості, передбачає не лише просування об’єктів, а й формування позитивного іміджу компанії, встановлення довірчих відносин з клієнтами та створення довгострокової цінності. Використання соціальних мереж, контент-маркетингу, електронної пошти та інших цифрових каналів дозволяє ефективно охопити велику аудиторію та встановити з нею прямий зв’язок. Крім того, важливим аспектом є аналіз даних та моніторинг ефективності маркетингових кампаній. Дослідження проблематики функціонування системи цифрового маркетингу присвячені наукові дослідження багатьох вчених [1–5]. Використання аналітичних інструментів дозволяє виявити слабкі місця, оптимізувати витрати та покращити результати. Гнучкість та здатність швидко реагувати на зміни є ключовими факторами успіху в сучасному маркетингу нерухомості. Впровадження CRM-систем, аналітики великих даних (Big Data), штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) стає ключовим фактором успіху. Ці технології дозволяють не лише збирати та аналізувати великі обсяги даних про клієнтів, а й прогнозувати їх поведінку, персоналізувати маркетингові повідомлення та оптимізувати маркетингові кампанії для досягнення максимальної ефективності.

Впровадження технології FlatFinder сприяє збору та аналізу даних про поведінку користувачів. Інформація про пошукові запити, переглянуті об’єкти та активність на платформі дозволяє маркетологам отримати комплексне розуміння потреб аудиторії та оптимізувати діяльність, забезпечивши розробку ефективних персоналізованих пропозицій, таргетованої реклами та контенту, який відповідає інтересам потенційних клієнтів. Крім того, FlatFinder забезпечує прозорість та зручність процесу пошуку нерухомості (наприклад, детальні описи об’єктів, якісні фотографії та віртуальні тури). На сьогоднішній день, використання технології FlatFinder також позитивно впливає на імідж компанії, що сприяє підвищенню лояльності та задоволеності клієнтів, а також залученню нової аудиторії.

Технологія FlatFinder, завдяки інтеграції з різними джерелами даних, надає користувачам повну інформацію щодо стану ринку, включаючи пропозиції від забудовників, агентств нерухомості та приватних осіб, що дозволяє уникнути необхідності додаткового пошуку інформації. Важливим аспектом технології FlatFinder є її адаптивність до потреб користувачів. Платформа пропонує різноманітні фільтри та параметри пошуку, які дозволяють звужити вибірку до найважливіших критеріїв, таких як місцезнаходження, площа, ціна, кількість кімнат та інші зручності. Це гарантує, що користувачі отримують тільки релевантні пропозиції, які відповідають їх індивідуальним вимогам. Крім того, технологія FlatFinder активно використовує аналітику даних для персоналізації досвіду користувачів. Алгоритми платформи аналізують попередні пошуки, перегляди та інші дії користувачів, щоб пропонувати їм найбільш цікаві та відповідні об'єкти нерухомості, що, у загальній сукупності, створює необхідний синергетичний ефект та підвищує ймовірність успішного пошуку та задоволення потреб користувачів. Технологія FlatFinder є потужним інструментом для оптимізації цифрового маркетингу в сфері нерухомості, що дозволяє компаніям залучати більше клієнтів, підвищувати ефективність маркетингової діяльності та покращувати імідж бренду. Впровадження цієї технології є важливим кроком для компаній, які прагнуть лідерства на ринку нерухомості.

Висновки. Таким чином, цифровізація та впровадження передових технологій в маркетингову діяльність є неминучим процесом для суб'єктів ведення бізнесу у сфері нерухомості. Удосконалення системи цифрового маркетингу з використанням технології FlatFinder передбачає кілька ключових напрямків. По-перше, це розробка персоналізованих маркетингових повідомлень на основі даних про поведінку користувачів на платформі. По-друге, це створення високоякісного контенту, який демонструє переваги об'єктів нерухомості та відповідає на запитання потенційних клієнтів. По-третє, це оптимізація рекламних кампаній для залучення цільової аудиторії на технологію FlatFinder.

Список використаних джерел

1. Огороднік І. В. Дослідження особливостей маркетингу на ринку нерухомості. 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/376510336_Issledovanie_osobennostej_marketinga_na_rynke_nedvizimosti (дата звернення : 10.08.2025).
2. Приходько О. О. Час нового маркетингу на ринку нерухомості. 2023. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/%D1%87%D0%B0%D1%81-%D0%8C%D0%BA%D0%> (дата звернення : 15.08.2025).
3. Денисенко Н. О., Бондаренко О. Ю., Довбуш В. А. Тенденції розвитку міського ринку нерухомості в Україні. *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*. 2023. Т. 2. С. 2–7.
4. Zhang X., Zhang Y., Lin Z. Online Advertising and Real Estate sales: evidence from the Housing Market. *Electronic Commerce Research*. 2022. Vol. 23. Pp. 605–622.
5. Шіковець К. О., Квіта Г. М., Мороз А. Ю. Бізнес-аналіз ринку нерухомості України. *Східна Європа : економіка, бізнес та управління*. 2020. Вип. 3. С. 102–107.

УДК 659.1:332.8-027.1

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

Фісуненко П. А.¹, докт. екон. наук, проф., **Черниш М. О.²**, аспір.

^{1,2} ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹polmilife2023@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах глобалізації та стрімкого розвитку ринкових відносин, питання економічної безпеки будівельних організацій набувають особливого

значення. Сучасні виклики, такі як коливання цін на сировину, зміни в законодавстві, а також нестабільність економічної ситуації, вимагають від будівельних компаній впровадження ефективних механізмів забезпечення економічної безпеки.

Мета дослідження. Метою означеного наукового дослідження є вирішення питання щодо забезпечення формування дієвих шляхів підвищення ефективності системи забезпечення економічної безпеки будівельної організації.

Результати дослідження. Сучасні проблеми формування ефективної системи забезпечення економічної безпеки будівельної організації впливають із комплексу факторів, що охоплюють макро- та мікроекономічні аспекти. Одним із ключових викликів є нестабільність регуляторного середовища, що ускладнює прогнозування та управління ризиками. Зміни в будівельних нормах, податковому законодавстві та вимогах до ліцензування потребують постійної адаптації системи економічної безпеки та збільшують транзакційні витрати підприємства. Іншою важливою проблемою є висока конкуренція на ринку будівельних послуг, яка змушує організації шукати шляхи оптимізації витрат та підвищення ефективності використання ресурсів. Це вимагає від організацій впровадження сучасних систем управління витратами та контролю якості. Недостатня фінансова стійкість багатьох будівельних компаній, особливо малих та середніх, обмежує їх можливості інвестувати в сучасні технології та обладнання, а також в систему економічної безпеки.

Важливим аспектом забезпечення економічної безпеки є управління ризиками. Згідно з дослідженнями PricewaterhouseCoopers, будівельні підприємства особливо вразливі до операційних ризиків (42 %), фінансових ризиків (38 %) та ризиків, пов'язаних з реалізацією проєктів (35 %) [1]. Ефективне управління ризиками передбачає їх ідентифікацію, оцінку та розроблення стратегій реагування, що включають уникнення, зменшення, передачу або прийняття ризику.

По-перше, важливим аспектом є необхідність формування чіткої стратегії управління ризиками. Будівельна індустрія, як жодна інша, піддається впливу різноманітних ризиків, які можуть бути як внутрішніми, так і зовнішніми. До внутрішніх ризиків можна віднести неефективне управління проєктами, недостатній рівень кваліфікації персоналу та фінансові труднощі. Зовнішні ризики включають економічні кризи, зміни в законодавстві, а також екологічні фактори. Для адекватного реагування на ці ризики будівельним компаніям необхідно створити системи моніторингу та аналізу, які дозволять оперативно виявляти потенційні загрози.

По-друге, важливою складовою економічної безпеки є забезпечення фінансової стабільності організації. Ефективне управління фінансами, оптимізація витрат, а також належне планування бюджетів проєктів можуть мінімізувати фінансові ризики. Використання сучасних фінансових інструментів, таких як деривативи для хеджування ризиків, також стає актуальним у цій сфері. Крім того, не можна оминути питання технологічного розвитку. Інвестиції в новітні технології та інновації можуть істотно підвищити конкурентоспроможність будівельної організації. Впровадження сучасних інформаційних систем для управління проєктами, автоматизація процесів, а також використання нових будівельних матеріалів і методів дозволяють знижувати витрати та підвищувати якість виконаних робіт.

Не менш важливим є й аспект кадрової політики. Кваліфіковані спеціалісти – це найцінніший ресурс будь-якої організації. Інвестиції в навчання та підвищення кваліфікації працівників, створення сприятливого робочого середовища та корпоративної культури є запорукою успішної діяльності. Будівельні організації повинні приділяти увагу не лише залученню нових кадрів, а й утриманню наявних, забезпечуючи їм належні умови праці та соціальний захист.

Висновки. Ефективна система забезпечення економічної безпеки будівельної організації базується на комплексному аналізі ризиків та загроз, що можуть вплинути на її фінансову стабільність та конкурентоспроможність. Ключовими елементами є: моніторинг фінансових показників, оцінка кредитоспроможності контрагентів, контроль за витратами, управління дебіторською та кредиторською заборгованістю, а також розробка антикризових заходів.

Важливим аспектом є забезпечення інформаційної безпеки, зокрема захист комерційної та конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу та використання.

Функціонування ефективної системи економічної безпеки потребує залучення кваліфікованих фахівців, які володіють знаннями в галузі економіки, фінансів, права та інформаційних технологій. Також необхідна чітка організаційна структура, яка визначає відповідальність та повноваження кожного учасника процесу.

Постійний моніторинг та оцінка ефективності системи забезпечення економічної безпеки є необхідною умовою для її адаптації до змін зовнішнього середовища та виявлення потенційних слабких місць. Регулярне проведення аудитів та перегляд внутрішніх положень та інструкцій дозволяє своєчасно виявляти та усувати ризики, що сприяє стабільному та успішному розвитку будівельної компанії.

Список використаних джерел

1. Якушев О. В., Білан Є. В. Особливості управління діяльністю будівельних підприємств в умовах постконфліктної економіки. *Економіка і організація управління*. 2024. № 2 (54). С. 134–142.
2. Demydenko S., Demydenko V. Assessment of impact factors affecting enterprise performance in the ukrainian building construction sector. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2021. № 2 (37). С. 142–150. URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/3203/3186>

УДК 711.4:72.03

СУЧАСНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-АРХІТЕКТУРНОЇ СПАДЩИНИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ДНІПРО

Харлан О. В.,¹ канд. арх., доц., Ахаймова А. О.,² канд. арх., доц.,
Бондаренко О. І.,³ ст. викл.

¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹alexkharlan@pdaba.edu.ua, ²akhaimova.anastasiia@pdaba.edu.ua,

³bondarenko.olha@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Трансформація сучасного великого міста відбувається за всіма напрямками його життєдіяльності – соціальними, економічними, демографічними. Яскравою та наявною ілюстрацією цього розвитку стає архітектурно-просторова структура міста – жива, динамічна, реальна.

Трансформація міського середовища є неможливою без урахування його історичного контексту, аналізу діяльності видатних архітекторів та урбаністів, а також збереження міського коду – як носія його ідентичності. Особливого значення в процесі просторових перетворень набуває історичний центр міста. А система громадських просторів в ньому – ключовий структуроутворюючий компонент планувального каркасу. Важливим завданням трансформації сучасного великого міста стає формування доступних, безпечних та естетично якісних осередків комунікації, взаємодії, безпеки. Поєднання цих складових і стає новою творчою задачею архітекторів міста.

Мета дослідження. Визначення основних напрямків трансформації міських просторів історичної частини міста Дніпро та перспектив їх розвитку.

Результати дослідження. Історичний аналіз генерального плану Дніпра свідчить про те, що ключові просторові та композиційні осі були сформовані ще на ранніх етапах розвитку Катеринослава. Нині ці осі презентовані просторовою організацією площ Соборної, Центральної та Вокзальної. Особливу зацікавленість викликає Центральна – як найбільш складна та насичена. Дослідження центральної частини міста засвідчують наявність

концепції формування архітектурно-містобудівного ансамблю на основі трипроменевої системи композиційних осей. Реалізація якої залишилася неповною. Центр «променів» – площа Героїв Майдану. Центральний промінь пов’язує її з Набережною через Європейський бульвар. Два діагональні пов’язують – Набережну Перемоги через Театральний бульвар та вулицю В. Мономаха та Фестивальний причал через вулицю Липинського. У структурі історико-архітектурного опорного плану м. Дніпро (Генеральний план, 2019 р.) ці композиційні осі визначаються як базові елементи формування візуально-просторового каркасу центральної частини міста. Їх призначення – забезпечення функціонально-комунікаційних зв’язків та організації візуальних коридорів, що підкреслюють систему архітектурних домінант і акцентів міського силуету. Зокрема передбачено:

- відновлення та підсилення візуальних зв’язків у напрямку до головної природно-ландшафтною домінанти міста – річки Дніпро;
- розвиток композиційної осі в протилежному від річки Дніпро напрямі;
- формування концептуальної моделі громадських просторів і площ як структуроутворюючих елементів вздовж зазначених осей.

В умовах постіндустріального розвитку простежується тенденція до дегуманізації та деестетизації міських громадських просторів, попри усвідомлення їхнього містобудівного, соціального, екологічного й культурологічного значення. Домінування економічних інтересів над соціальними та соціокультурними посилює деструктивний антропогенний й техногенний вплив на середовище громадських просторів, що проявляється у низькому рівні архітектурно-планувальної, композиційно-просторової та естетико-ландшафтною організації. Яскравим прикладом цих процесів є Театральний бульвар в м. Дніпро.

Ця частина міста поступово формувалася як осередок культурного життя Катеринослава. Комплекс трьох театральних споруд – Англійський клуб (поч. XX ст.), театр-клуб Громадських зборів (1912 р.; нині Дніпропетровська філармонія) та театр (1923 р.; сучасна будівля театру ім. Т. Г. Шевченка) – створив новий містобудівний вузол – соціокультурний «центр тяжіння». У 1970-ті роки, після знесення забудови всередині кварталу, між вулицями Володимира Мономаха та Воскресенською, було прокладено широкий бульвар. Завершальним акцентом його композиції мав стати Театр юного глядача, однак проєкт не було реалізовано.

Сучасний стан Театрального бульвару визначається втратою історичної ідентичності, відсутністю цілісного архітектурного ансамблю, хаотичним характером забудови, недостатнім рівнем благоустрою та озеленення. Крім того, простір не забезпечує умов для комфортного відпочинку та проведення культурно-просвітницьких заходів. Проблеми деструктивної та стихійної організації міського середовища залишаються актуальними для багатьох громадських просторів міста Дніпро.

Висновки. Для збереження історико-культурного коду центральної частини міста пропонується розвиток трипроменевої системи композиційних осей шляхом організації «анфілади» громадських просторів вздовж цих осей. Мета – збереження і відновлення історико-архітектурної спадщини; органічної взаємодії історичної й нової забудови; організації поліфункціональних, динамічних, змістовно артикульованих просторів; створення комфортного, безбар’єрного, естетично привабливого міського простору з високим рівнем екологізації міського середовища. Сучасна ревіталізація Театрального бульвару стане важливим кроком для розвитку громадських просторів Дніпра і розкриття нових можливостей існуючих територій та будівель.

Список використаних джерел

1. Внесення змін до генерального плану розвитку м. Дніпро : містобудівний документ. Київ, 2019.
2. Історико-архітектурний опорний план. Визначення меж, режимів використання, режимів регулювання забудови історичних ареалів м. Дніпро : науково-проектна документація. Київ, 2019. Т. 1–4.
3. Баранова О., Бондаренко О. І. Формування системи громадських просторів як фактор збереження історико-архітектурної спадщини центральної частини міста Дніпро. *Наука і*

сталий розвиток транспорту. 2024. Т. I : зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. конф. студ. і молодих уч. (м. Дніпро, 27.11. 2024 р.). Дніпро : УДУНТ, 2024. 228 с. С. 176–177. URL: <https://ipbt.ust.edu.ua/ua/mscience/i10/p5270>

3. Тодорова А., Бондаренко О. І. Ревіталізація театрального бульвару в місті Дніпро в контексті трансформації міських громадських просторів. *Наука і сталий розвиток транспорту 2024. Т. I : зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. конф. студ. і молодих уч. (м. Дніпро, 27.11.2024). Дніпро : УДУНТ, 2024. 228 с. С. 179–180. URL: <https://ipbt.ust.edu.ua/ua/mscience/i10/p5270>*

УДК 711.4:338.49:627

РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ – ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ДНІПРО

Харченко К. С.¹, канд. техн. наук, доц., Божанова В. Ю.², докт. екон. наук, проф.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹katerinaharchenko75@gmail.com, ²vyu7575@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасні тенденції урбаністичного розвитку набули ефективні способи збільшення щільності міської забудови без розширення їх адміністративних меж. Європейська практика має досвід переорієнтації міського простору з периферійної експансії на ущільнення внутрішніх занедбаних промислових територій прибережних зон шляхом ревіталізації [4]. Для м. Дніпро така стратегія має особливе значення через тривале використання прибережної смуги річки Дніпро в якості промислового коридора, обмеження розвитку рекреаційних і громадських просторів. Це збільшить щільність забудови, створить нові просторові, соціальні, економічні, логістичні центри, удосконалив їх логістичну інфраструктуру, трансформує їх у багатофункціональні міські кластери.

Мета дослідження. Проаналізувати європейський досвід застосування інструмента ревіталізації прибережних промислових зон та запропонувати підходи щодо вирішення проблеми занедбаних територій м. Дніпро, враховуючи особливості формування його планувальної структури.

Результати дослідження. У світі є значний досвід трансформації занедбаних індустріальних набережних у сучасні урбаністичні простори. Відомі приклади: Лондон (Docklands) – перетворення портових доків на діловий район Canary Wharf (фінансовий центр Європи) [9]; Гамбург (HafenCity) – проєкт ревіталізації колишніх портових складів у багатофункціональний квартал житла, офісів, музеїв, концертних залів тощо [3]; Барселона (портові території) – інтеграція колишніх промислових об'єктів у структуру міста для розвитку туризму та економіки [8]; Нью-Йорк (Brooklyn waterfront) – ревіталізація промислових зон на березі Іст-Рівер у сучасні житлові комплекси з парками, офісами та культурними просторами. Ревіталізація прибережних промзон міста – не лише створення нових кварталів, а ще інструмент удосконалення його логістичної інфраструктури і формування конкурентоспроможності [5]. Особливістю планувальної структури м. Дніпро – орієнтація на розвиток промисловості (заводи, склади, депо, транспортні вузли) в прибережній зоні правобережної частини міста Дніпро. Це спричинило: ізоляцію мешканців від річкових просторів, деградацію екологічного стану прибережної смуги, недовикористання територій з високим містобудівним потенціалом, транспортну фрагментацію і хаотичність забудови. Ці ділянки мають найвищий потенціал для трансформації у багатофункціональні міські кластери, поєднуючи житлову, ділову, рекреаційну та культурну функції. Концепція міського планування має бути орієнтована переважно на формування транспортних логістичних стратегій проєктів зеленого будівництва, як умови забезпечення сталого розвитку, інтегрованої мобільності [1]. Такий підхід поєднує в собі реалізацію концепції та принципів зеленої логістики, забезпечує ревіталізованим територіям: інвестиційну-привабливість, логістичних операторів та промислових парків, а також стимулює розвиток

річкової логістичної інфраструктури як дешевшої та екологічнішої альтернативи автомобільним перевезенням. Сучасний концепт урбаністики «smart densification» («розумне ущільнення») для Дніпра означає будівництво житлових комплексів у поєднанні з офісними, культурними та рекреаційними функціями («mixed-use development»); інтеграція зелених зон у нові квартали; оптимізація транспортної і логістичної інфраструктури для мешканців міста [3]; використання сучасних технологій управління енергією та ресурсами («smart city technologies») [8]. Ревіталізація промислових прибережних територій Дніпра – ключ до підвищення щільності міста без негативних наслідків для екології і комфорту мешканців, інструмент удосконалення його логістичної інфраструктури, що забезпечить низку важливих ефектів (засновуючись на теорії сталого розвитку): економічний соціальний, екологічний та організаційний. Тому пропонуємо застосування інструменту ревіталізація для цих території з стратегічними цінностями: просторова, економічна, організаційна, логістична, інфраструктурна, екологічна, соціальна.

Висновки. Ревіталізація промислових територій прибережної частини Дніпра та застосування концепцій «mixed-use development», «waterfront regeneration», «smart densification» у поєднанні з концепцією та принципами зеленої логістики дозволять вирішити проблему занедбаних територій, стануть стратегічним напрямом розвитку міста й інструментом удосконалення його логістичної інфраструктури, що поєднує: збільшення щільності міської забудови, покращення екологічного стану, соціальну інтеграцію, економічне зростання.

Список використаних джерел

1. Божанова В., Васильченко В. Формування транспортних стратегій у зелених будівельних проектах як умова забезпечення сталого розвитку та інтегрованої мобільності. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»)*. (м. Київ, 13–14 травня, 2025). Київ : КНУБА, 2025. С. 57–60. URL: <https://surl.li/vtnxscj>
2. Гайко Ю. І., Гнатченко Є. Ю., Завальний О. В., Шишкін Е. А.; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Е. А. Шишкіна. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 353 с.
3. Carmona M., Heath T., Oc T., Tiesdell S. Public places – Urban spaces : the dimensions of urban design (2nd ed.). Routledge, 2010.
4. Couch C., Fraser C., Percy S. Urban regeneration in Europe. Blackwell Science, 2003.
5. Couch C., Sykes O., Börstinghaus W. Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France : The importance of context and path dependency. *Progress in Planning*. 2011. Vol. 75 (1). Pp. 1–52. URL: <https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.12.001>
6. Haase A., Kabisch S., Steinführer A., Bouzarovski S., Hall R., Ogden P. Emergent spaces of reurbanisation : Exploring the demographic dimension of inner-city residential change in a European setting. *Population, Space and Place*. 2010. Vol. 16 (5). Pp. 443–463. URL: <https://doi.org/10.1002/psp.603>
7. Kabisch N., Haase D., Haase A. Evolving reurbanisation? Spatio-temporal dynamics as exemplified by the East German city of Leipzig. *Urban Studies*. 2010. Vol. 47 (5). Pp. 967–990. URL: <https://doi.org/10.1177/0042098009353072>
8. Miles M., Hall T., Borden I. The city cultures reader (3rd ed.). Routledge. 2012.
9. Roberts P., Sykes H. Urban regeneration: A handbook. SAGE Publications. 2000.

УДК 628.5:004.94

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ І ПОДІЙ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Хижняк А. А.¹, PhD, доц., Ченчева О. О.², докт. техн. наук., доц.,
Фірсов С. А.³, Дикань С. А.⁴, канд. техн. наук, доц.

¹Головне управління ДСНС України у Полтавській області,

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,

^{3,4}Навчально-методичний центр цивільного захисту

та безпеки життєдіяльності Полтавської області

¹suprunmaria7@gmail.com, ²chenchevaolga@gmail.com, ³fserg2@ukr.net, ⁴sdikan@ukr.net

Актуальність проблеми. Постійні обстріли цивільної інфраструктури по всій території України, окрім жертв руйнувань, заважають нормально працювати, змушують людей покидати свої домівки і переселятися в інші, відносно безпечні регіони. Проте такі надзвичайні ситуації (НС) воєнного характеру можна упередити, до них можна підготуватися, їх можна передбачати [1].

За визначенням, наведеним у Методиці [2], прогнозування в контексті імовірності виникнення НС часто розуміють як ризик НС. Останнім часом у сфері цивільного захисту з'явилися нормативні документи [3] і [4] для визначення ризиків НС техногенного характеру та пожеж. Проте на четвертий рік війни методики визначення ризиків НС воєнного характеру і досі немає.

Мета дослідження. Оцінити імовірність виникнення надзвичайних ситуацій певного виду можна на основі статистичних даних, історичних подій або експертних оцінок.

Зміст дослідження. Вся статистична інформація може бути використана центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, спричинених обстрілами з повітря. Повітряні тривоги, ракетні чи дронів удари по окремих територіях України, їхні наслідки (k) в математичній інтерпретації можна порівняти з надходженням запитів у системах масового обслуговування [5]. Усі ці НС воєнного часу є ймовірнісними і утворюють потік подій k , що настають у випадкові моменти часу t .

Базовим параметром потоку є інтенсивність потоку $\lambda(t)$ – математичне очікування кількості подій за одиницю часу [5, с. 48]:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{k_n(t, t + \Delta t)}{\Delta t}, \quad (1)$$

тобто це границя відношення математичного очікування кількості подій k на інтервалі $(t, t + \Delta t)$ до довжини цього інтервалу, що наближається до нуля.

Випадкові часові інтервали між настанням подій у потоці можуть характеризуватися різними законами розподілу. Однак у більшості робіт, особливо прикладних, розглядається найпростіший (пуасонівський) потік, у якому ймовірність того, що в проміжку часу t відбудеться рівно k подій, задається формулою Пуассона [5, с. 48]:

$$P_k(t) = (\lambda t)^k \cdot \frac{e^{-\lambda t}}{k!}, \quad (2)$$

де $\lambda > 0$ – параметр потоку, тобто його інтенсивність (частота).

Для того, щоб застосувати розподіл Пуассона, потрібно пересвідчитися, що потік подій відповідає умовам стаціонарності, відсутності післядії та ординарності.

Відсутність післядії полягає в тому, що ймовірність надходження за відрізок часу t певної кількості подій k не залежить від того, скільки подій уже сталося, тобто не залежить від передісторії досліджуваного явища. Ординарність потоку подій означає практичну неможливість появи двох і більше подій в один і той самий момент часу.

Для ранжування ризиків побудуємо матрицю наслідків/імовірностей [4] і [6]. Імовірність ризиків поділимо на п'ять рангів, а наслідки – на чотири (табл. 1).

Оскільки ризик подають як комбінацію імовірностей подій та їх наслідків [7], маємо $5 \times 4 = 20$ потенційних комбінацій, ранг яких запишемо у клітинках матриці.

Матриця наслідків/імовірностей ризиків обстрілів і їх наслідків

Імовірність ризику/ранг	Наслідки/ранг			
	Відсутні/1	Помірні/2	Значні/3	Катастрофічні/4
Невисока, 0...19 % (1)	1 (загрози не буде)	2 (тривога буде з вибухами)	3	4 (будуть загиблі)
Середня, 20...39 % (2)	2 (тривога буде без вибухів)	4	6 (будуть постраждали)	8
Висока, 40...59 % (3)	3	6	9	12
Дуже висока, 60...79 % (4)	4	8	12	16
Майже достовірна, 80...99 % (5)	5	10	15	20

Темними кольорами, за рекомендацією [6], на матриці виділена зона неприпустимого ризику, який розраховується за статистичними даними надзвичайних подій

Висновки. Наведений підхід до оцінки ризиків НС воєнного часу дозволяє, як зазначено в [3], мінімізувати можливі ураження людей шляхом інформування про них громадян та місцевих органів влади. Крім того, суб'єкти управління ризиками можуть таким чином здійснювати прогнозування наслідків НС воєнного характеру і завчасно приймати рішення стосовно підготовки сил цивільного захисту до реагування, медичних закладів – до приймання постраждалих, переведення працівників підприємств, установ, організацій на дистанційну роботу, учасників освітнього процесу – на онлайн-навчання тощо.

Список використаних джерел

1. Методика прогнозування наслідків вливу небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті, затверджена наказом МВС України 29.11.2019 р. № 1000, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 14.05.2020 р. за № 440/34723.
2. Порядок управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затверджений наказом МВС України 31.07.2023 р. № 627, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14.08.2023 р. за № 1397/40453.
3. Методика оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затверджена наказом МВС України 13.10.2023 р. № 836, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 02.11.2023 р. за № 1905/40961.
4. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування: навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 141 с.
5. Національний стандарт України ДСТУ EN ІЕС 31010:2022. Керування ризиками – методи оцінки ризиків.
6. Національний стандарт України ДСТУ ISO Guide 73:2013. Керування ризиком. Словник термінів.

УДК 725.1

ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОЇ АРХІТЕКТУРИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ

Царьов Є. С., аспір.

ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

yevhen.s.tsarov@ukd.edu.ua

Постановка проблеми. Будівництво до XVII ст. переважно базувалось на попередньому досвіді, накопиченій спадковості та повторенні перевірених зразків будівель. Так будівництво тривало, коли будівельна механіка обмежувалась у вирішенні суто аналітичних завдань теоретичного природознавства з практикою. З появою перших виробничих будівель постали питання нових методів будівництва, інженерних розрахунків та матеріалів.

Мета дослідження. Метою дослідження є висвітлення основних етапів розвитку теорії інженерних розрахунків, відкриття нових будівельних матеріалів та їх вплив на розвиток промислової архітектури.

Результати дослідження. Розвиток промисловості потребував зведення складних споруд, що вимагали математичних розрахунків. Науку про міцність започаткував ще Галілео Галілей у XVII ст. Він вперше розглянув два види деформації стержня: розтяг та згин. Пізніше Р. Гуком запропоновано закон пропорційності між навантаженням та деформацією. Важливим етапом розвитку будівельної механіки були роботи Л. Ейлера, присвячені розв'язанню задачі стійкості стиснутих елементів [2]. У XIX ст. велику роль в розвитку інженерно-будівельної науки відіграла Паризька політехнічна школа в якій поставили за мету готувати інженерів на міцному науковому фундаменті де попередні теоретичні дослідження набули нового розвитку [3]. Основу теорії пружності та поняття напружень вперше до будівельної науки ввів французький інженер і вчений Л. Нав'є, який запропонував використовувати коефіцієнт запасу і встановити розрахункові напруження. У 1826 р. він сформулював загальну теорію пружності в математично зручній формі, що дало інженерам математичний апарат для точного прогнозування напружень та деформацій у конструкціях [1; 2]. Основними етапами в розвитку методу сил та деформацій були: застосування Пуассоном теоретичної роботи Лагранжа про принцип можливих переміщень до механіки твердого тіла (1833), формула дійсної роботи пружних сил, опублікована Клайпероном у 1852 р., теорема про взаємність переміщень і канонічні рівняння методу сил Максвелла (1864), принцип взаємності робіт для будь-якого пружного тіла Бетті (1872). Енергетичні методи Кастильяно 1875 р. стали вершиною теоретичної думки будівельної механіки XIX ст., що надало інженерам елегантні та ефективні інструменти для аналізу найскладніших конструкцій [3]. Швейцарець Кульман у 1851 р. розробив теорію ферм та їх розрахунок. Він запропонував для визначення зусиль в елементах ферм розглядати вузли як шарніри. Подальші дослідження удосконалювали методи розрахунку, одним з них був метод перерізів Ріттера (1863) та застосування теорії замкнутого багатокутника для визначення зусиль у стержнях [1; 3].

Однак використання математичних робіт до практичного будівництва не могла обмежуватися лише загальними питаннями міцності та стійкості. Інженери шукали можливість визначення напружень і деформацій в елементах несучих конструкцій при будь-яких впливах, що вимагало докорінно змінити самі будівельні матеріали. Необхідно було розробити таку методику випробування та виробництва нових матеріалів, яка б забезпечувала достовірні відомості про їхні механічні властивості [1; 2].

Дерев'яні несучі конструкції, як і кам'яні, в другій половині XIX ст. втратили своє колишнє значення – до них зверталися все рідше, особливо у відповідальних спорудах, віддаючи перевагу легким та негорючим матеріалам [1; 3]. До середини XIX ст. сталь, хоч і була відома своїми властивостями, залишалася матеріалом для обмеженого використання через вартість і складність виплавки. На противагу цьому XVIII ст. у будівництві широко застосовували чавун, через дешевизну та простоту відливки в різноманітних формах.

З XIX ст. металеві конструкції були поєднанням чавунних і сталевих елементів. Ситуація змінилася з винаходом бесемерівського процесу, запатентованого Г. Бессемером у 1856 р. Цей метод став першим промисловим способом масового виробництва якісної сталі зі зниженням вартості в 8–10 разів. Металеві конструкції забезпечили практичний потенціал теоретичної механіки та дозволили впевнене проєктування таких споруд, як хмарочоси та мости [1; 3]. До ранніх зразків промислової архітектури з металу мвідносять Кришталевий палац в Лондоні (1851). Його каркас із чавуну та металу дозволив створити величезний світлий простір у рекордно короткі терміни. Бібліотека Сент-Женев'єв у Парижі (1850), запроектована А. Лабрустом, продемонструвала, як тонкі чавунні колони можуть звільнити внутрішній простір, створюючи відчуття легкості та відкритості. Архітектор В. Дженні використовував сталеві каркаси для будівництва перших у світі хмарочосів, як Будинок домашнього страхування (1885). Ейфелева вежа (1889) в Парижі, стала тріумфом інженерного розрахунку. Її елегантна структура стала можливою завдяки використанню металу та передових методів інженерного розрахунку [1; 3].

Із середини XIX століття почалося вивчення залізобетону. У 1867 р. французький садівник Ж. Моньє запатентував метод вбудовування металевої сітки в бетон для створення більш міцних контейнерів. Паралельно з ним французький будівельник Ф. Куаньє ще в 1853 році побудував перший будинок із залізобетонними елементами, а англієць В. Вілкінсон у 1854 році використав армований бетон для перекриття. Ключовим моментом у перетворенні залізобетону в будівельний матеріал стала робота американського інженера Т. Хаятта, який у 1877 р. опублікував результати експериментів, які довели ефективність спільної роботи бетону та металу, зокрема завдяки арматурі. Ця робота заклала теоретичну основу для подальшого розвитку технології та дозволила перейти до науково обґрунтованого проєктування [3]. Французький інженер Ф. Еннебік перетворив залізобетон на комерційну технологію будівництва та з 1892 по 1902 рр. збудував понад 7000 споруд та будівель по каркасній схемі. Серед них будівля борошномельного комбінату Weaver Building у Суонсі (1897 р., Велика Британія) та міст у Шательро (1899). Підтвердженням надійності технології стала стійкість залізобетонних будівель під час землетрусу в Сан-Франциско 1906 р. У той час як багато традиційних цегляних та дерев'яних будівель були зруйновані, залізобетонні вистояли з мінімальними пошкодженнями [1; 3]. Залізобетон став ідеальним матеріалом для багатоповерхових фабрик та складів [3].

Висновки. Вплив інженерних розрахунків та поява нових матеріалів мали величезний вплив на розвиток промислової архітектури. Будівельна механіка, як сукупність математичних теорем та інженерних розрахунків, зробила можливим проєктування складних будівельних конструкцій і будівництво промислових будівель. Завдяки своїй надійності та доступності металеві й залізобетонні конструкції дозволили реалізовувати будівлі з великими прольотами і вікнами. Промислові будівлі кінця XIX початку XX століття позбавлені архітектурної привабливості оскільки проєктувалися переважно інженерами і методами, які відрізнялися від традиційних прийомів роботи архітектора.

Список використаних джерел

1. Вершинин В. И. Эволюция промышленной архитектуры : учеб. пособ. Москва : «Архитектура-С», 2007. 176 с.
2. Пічугін С. Ф. Етапи розвитку загальної методики розрахунку будівельних конструкцій: монографія. Полтава : ТОВ “АСМІ”, 2024. 400 с.
3. Всеобщая история архитектуры. Москва : Стройиздат, 1962. Т. 10: Архитектура XIX–начала XX вв. 591 с.

УДК 71 (477)

ЗЕЛЕНІ ЛАНДШАФТИ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО)

Цимбалова Т. А.¹, канд. арх., доц., Харлан О. В.², канд. арх., доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹zimbalovat@gmail.com, ²harlan.aleksandr2018@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасному світі в умовах науково-технічного прогресу та зростання шкідливого впливу на біосферу проблема екологічного захисту урбанізованого середовища є надзвичайно гострою. До найбільш поширених методів оптимізації міського довкілля відноситься технології озеленення санітарного, рекреаційного та оздоровчого призначення. Використання системи зелених ландшафтів як засобу зниження антропогенного впливу є історичною практикою для м. Дніпро. Впровадження нових зелених технологій, а також модернізація існуючого зеленого фонду є актуальним питанням в умовах сучасного м. Дніпро.

Мета дослідження. Виявлення особливостей формування системи зелених ландшафтів у місті Дніпро.

Результати дослідження. Однією із найважливіших проблем сучасності є пошук балансу між розвитком урбанізаційних процесів та захистом навколишнього середовища, зокрема ліквідація негативних наслідків від концентрації промислових підприємств та чисельності населення.

Озеленення міського середовища є обов'язковим елементом системи благоустрою [2]. Зелені ландшафти виконують необхідні та важливі для життєдіяльності людей функції:

– *екологічні*: дерева мають найвищі якісні показники впливу на навколишнє середовище шляхом акумуляції пилу і токсичних газів, збагачення атмосфери фітонцидами та легкими іонами, пом'якшення мікроклімату, поглинання звукових та електромагнітних хвиль, радіоактивного забруднення; використовуються у технологіях укріплення ґрунтів («інженерна ботаніка»);

– естетичні (наприклад, при застосування декоративних якостей рослини у міському дизайні для прикрашення відкритих громадських просторів, прибудинкових територій, вхідних зон, фасадів тощо);

– комерційно-економічні (наприклад, будівля із забезпеченням території озелененням високого бонітету має значно більшу вартість на ринку нерухомості; при наявності дерев із розвиненими кронами знижуються витрати на охолодження будівель);

– оздоровчі та лікувальні (наприклад, рекреаційне перебування в лісі рекомендується городянам для зміцнення імунітету);

– господарчі;

– емоційно-психологічні.

Історія розвитку м. Дніпро (Катеринослава, Дніпропетровська) як великого індустріального центру нерозривно пов'язана із процесом створення зелених ландшафтів широкого функціонального спектру.

До 1880-х років у місті, найбільші культурні зелені ландшафти були представлені Потьомкінським садом (нині парк ім. Т. Г. Шевченка) та Міським і Технічним садами (нині парк ім. Л. Глоби). Потьомкінський сад був призначений для вирощування різноманітних фруктових, технічних та лікарських культур. Міський та Технічний сади були пристосовані, більшою мірою, для культурного та розважального проведення часу [1].

Особливого значення в еволюції міської зеленої зони набула система санітарно-захисних зон (для зниження шкідливого впливу від об'єктів промисловості та транспортної інфраструктури).

Сучасна архітектурно-планувальна структура м. Дніпро представляє собою складний містобудівний комплекс, у якому значна кількість селитебних територій межує із промисловими зонами (на жаль, часто без необхідних санітарно-захисних зон) [4].

Динаміка розвитку зелених ландшафтів у м. Дніпро свідчить про періодичні трансформаційні процеси у соціально-економічному та містобудівному аспектах (наприклад, відбувалися зміна функціонального призначення, реконструкція тощо).

У сучасних умовах зелені ландшафти у межах м. Дніпро поділяються на типологічні різновиди:

- ліс (Дніпровсько-Орельський заповідник – об’єкт природно-заповідного фонду);
- лісопарк (Діївський);
- відкриті рекреаційні простори: парки (у тому числі о. Монастирський), сквери, бульвари, озелененні фрагменти магістральних та житлових вулиць, набережних;
- ботанічний сад (Дніпровський ботанічний сад при ДНУ ім. О. Гончара);
- озеленення прибудинкових територій житлових будинків; територій громадських будівель;
- зелені насадження на ділянках індивідуальної малоповерхової житлової забудови, на ділянках дачних кооперативів;
- озеленення територій промислових та комунальних підприємств;
- санітарно-захисні зони від промислових підприємств;
- санітарно-захисні зони від лінійних об’єктів транспортної та інженерної інфраструктури;
- зелені насадження у балках та ярах (на правобережжі міста налічується 15 великих балок і 20 ярів);
- рослинність островів на р. Дніпро та р. Самара (у межах міської акваторії знаходяться 24 острова та 2 півострова);
- зелені насадження на територіях сакральних об’єктів поховань;
- зелені насадження на територіях об’єктів спеціального призначення [3; 5].

Одним із засобів екологічної стабілізації середовища у м. Дніпро є природоохоронна діяльність, зокрема системність розвитку паркових територій, за необхідності, модернізація існуючого зеленого рекреаційного фонду, створення нових ландшафтних об’єктів для культурного відпочинку.

Висновки Зелені ландшафти є важливими багатфункціональними структурними елементами просторово-планувальної системи м. Дніпро. Використання санітарно-гігієнічних можливостей зелених насаджень є одним із засобів екологічної оптимізації міського середовища. Розвиток міської зеленої рекреаційної системи, адаптація до сучасних умов має бути на основі гармонійного підходу щодо експлуатації зеленого фонду та антропогенного навантаження.

Список використаних джерел

1. Акінфієв І. Я. Рослинність Катеринослава наприкінці першого сторіччя його існування. Ч. 1. Катеринослав : друкарня Н. Я. Павловського, 1889. 238 с.
2. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. Київ : Укрархбудінформ, 2011.
3. Головань О. та ін. Внесення змін до плану зонування території міста (зонінг) розділ охорона навколишнього природного середовища (в обсязі звіту про Стратегічну екологічну оцінку). Київ : «ДІПРОМІСТО» ім. Ю. М. Білоконя, 2020. 98 с.
4. Павлов В. О., Переметчик М. М., Колотенко В. П., Шевченко Б. Є. Екологічний паспорт міста Дніпропетровська. Дніпропетровськ : УкО ІМА-прес, 2000. 112 с.
5. Myronenko V. P., Tsybalova T. A. The Art of green Landscape Formation in the post-industrial Pridneprovie. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie. Seria «Kulturowe i cywilizacyjne podstawy polaków». Lublin : Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 2018. S. 27–37.

УДК 681.518.5

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНЯКУ

Чумак Л. І.¹, канд. техн. наук, доц., Ткачов В. С.², канд. техн. наук, доц.Донський Д. М.³, здобувач вищої освіти¹⁻³ ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹chumak.liubov@pdaba.edu.ua, ²tkachov.volodymyr@pdaba.edu.ua, ³ddonskoj215@gmail.com

Постановка проблеми. Математичне моделювання дає можливість створити абстрактну модель, що проєціює технологічний процес імітаційно-математичними засобами з метою оптимізації схеми виробничого процесу.

Мета дослідження. Розробити математичну модель для імітації процесу випалювання вапняку у шахтній печі. Реалізувати модель у програмному середовищі MATLAB-Simulink та навести результати досліджень з урахуванням динаміки теплового процесу для визначення параметрів устаткування та раціонального закону регулювання температури. Провести оптимізацію системи [1; 2].

Результати дослідження. Піч у структурному відношенні являє собою складний нелінійний об'єкт із розподіленими параметрами, великою кількістю внутрішніх зворотних зв'язків, для одержання її математичної моделі, придатної для практичного використання, вводяться спрощені допущення. Вони полягають у тому, що піч умовно розподіляється на окремі характерні у конструктивному відношенні ділянки, кожна з яких розглядається як лінійний одно- або двоємнісний об'єкт із зосередженими параметрами і своїми вхідними та вихідними впливами.

Шахтна піч випалювання вапняку складається із трьох основних зон: підігріву, випалювання, охолодження.

Для аналітичного розрахунку статичних і динамічних характеристик печі розглянемо зону випалювання, що є найбільш важливою ділянкою печі.

Для виконання оптимізації системи управління процесом випалювання вапняку розроблено структурну схему системи (рис. 1).

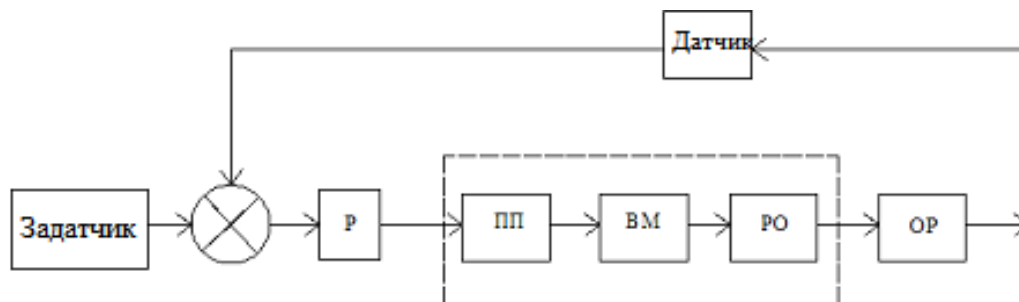


Рис. 1. Структурна схема САР випалювання вапняку: ПП – підсилювач потужності, пускач;

ВМ – виконавчий механізм, МСО; P – регулятор, комп'ютер;

РО – регулюючий орган, заслінка; ОР – об'єкт регулювання, зона випалювання;

ДТ – датчик температури, термopapa

Піч випалювання, як об'єкт регулювання, являє собою систему першого порядку із самовирівнюванням та із запізненням.

За допомогою прикладної програми моделювання MATLAB-Simulink виконуємо розрахунок динамічних параметрів системи з подальшим їх моделюванням.

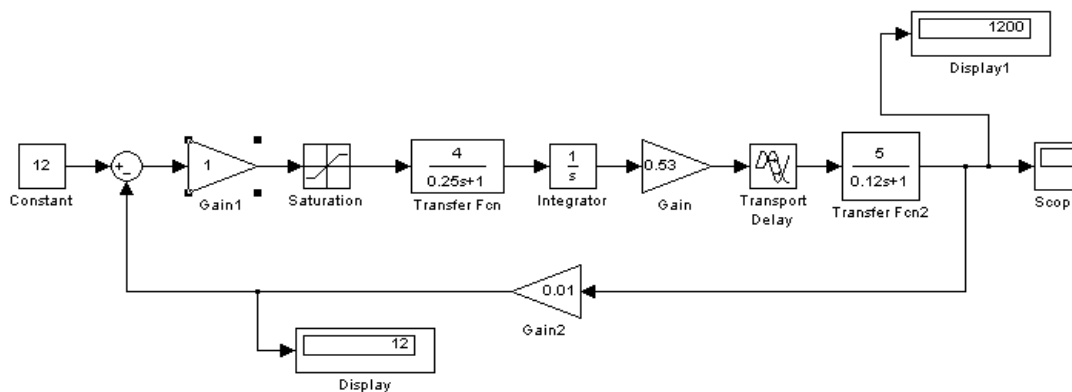


Рис.2. Блок-схема моделі випалювання вапняку в шахтній печі

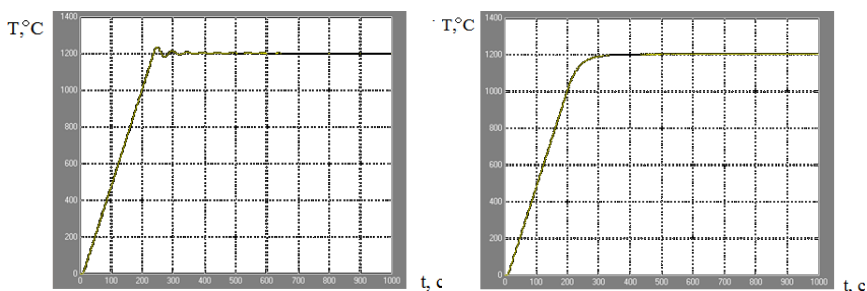


Рис. 3. Перехідний процес системи до та після оптимізації

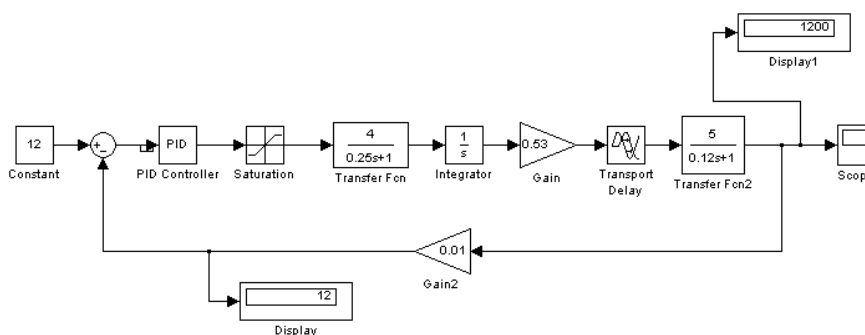


Рис. 4. Блок-схема моделі випалювання вапняку в шахтній печі з ПІД-регулятором

Висновки. У результаті виконання математичного моделювання за допомогою програми MATLAB-Simulink розроблено блок-схему моделі випалювання вапняку, проведено оптимізацію параметрів ПІД-регулятора, що підвищило швидкість регулювання системи та скоротило час регулювання з 650 до 430 секунд.

Список використаних джерел

1. MathWorks.Simulink Documentation. URL: <https://www.mathworks.com/help/simulink> (дата звернення: 14.09.2025).
2. Лазарев Ю. Ф. Моделювання динамічних систем у Matlab : електр. навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 421 с.

УДК 691:629.78:66.017

КОСМІЧНІ МАТЕРІАЛИ – ШЛЯХ ДО ТЕХНОЛОГІЙ МАЙБУТНЬОГО В БУДІВНИЦТВІ

Шашенко О. М.¹, докт. техн. наук, проф., Хозяйкіна Н. В.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

¹shashenko.o.m@nmu.one, ²khoziaikina.n.v@nmu.one

Постановка проблеми. У ХХІ столітті будівництво стикається з такими новими викликами, як супервисотність будівель і споруд внаслідок збільшення населення планети та зменшення територій, пристосованих для проживання, їх масштабування, негативна зміна кліматичних і геодинамічних умов, геополітична нестабільність, яка загрожує появою воєнних конфліктів. Усе це викликає необхідність створення інфраструктури, здатної витримувати екстремальні умови, відповідати вимогам енергоефективності та бути економічно виправданою. У цьому контексті особливого значення набувають перспективи використання у будівництві розробок, запозичених з космічної галузі, де вимоги до матеріалів є надзвичайно високими. Перенесення цих технологій у сферу цивільного будівництва відкриває нові можливості.

Мета дослідження. Впровадження космічних матеріалів у будівництво стає не лише науковим інтересом, а й стратегічною потребою для розвитку інфраструктури майбутнього.

Результати дослідження. Космічні матеріали: огляд та приклади застосування. Космічна галузь завжди була каталізатором інноваційних рішень у матеріалознавстві. Високі вимоги до надійності та довговічності космічної техніки зумовили появу матеріалів, що згодом мають перспективи знайти широке застосування у цивільному будівництві. Серед них особливу увагу варто приділити наступним ключовим групам.

Карбонові композити. Карбонові композити (Carbon Fiber Reinforced) – це матеріали, в яких карбонові волокна виступають як армуючий елемент, закріплений у матриці з полімеру або бетону. Вони мають такі корисні властивості, як висока міцність на розтяг – значно вища, ніж у сталі при тій самій масі; мала маса – карбон набагато легший за сталь, що дає економію на вагах, монтажі, фундаментах; стійкість до корозії – не іржавіє, не піддається корозійному руйнуванню у такій мірі як метал; гнучкість в дизайні – можна формувати легкі арки, криволінійні поверхні; довговічність та зниження обслуговування через відсутність корозії – кращу стійкість до втоми матеріалу [1].

Переваги та складнощі складнощі, які варто враховувати: висока початкова вартість матеріалів та виробництва; необхідність спеціалізованих методів монтажу і кріплення; питання поведінки при вогні, довгострокової поведінки під кліматичними навантаженнями; обмеження кодування та стандартизації в багатьох країнах ще не існує чітких норм щодо застосування CFRP в несучих конструкціях.

Ультратізоляційні матеріали (аерогелі). Один із найлегших твердих матеріалів у світі, розроблений для теплозахисту космічних апаратів, і є одним з найкращих теплоізоляторів у світі. Складаються на 90–99 % з повітря, завдяки чому поєднують легкість і надзвичайно низьку теплопровідність. Для будівництва аерогелі відкривають нові можливості у теплоізоляції фасадів, віконних систем і дахів. Це особливо актуально для проєктів, що орієнтовані на енергоефективність і зниження експлуатаційних витрат [2].

Таким чином, аерогелі для будівництва мають величезний потенціал, особливо у проєктах, де важлива вага, енергоефективність, теплоізоляція в умовах як гарячого, так і наднизького температурного режиму. Але для практичного застосування потрібно враховувати витрати, захист матеріалу, адаптацію до місцевих кліматичних умов, стандарти безпеки.

Склопластик та полімерні матеріали. Легкі, але міцні. Застосовуються для вікон, куполів, легких покрівельних систем.

Склопластик та інші полімерні композиції були розроблені для космічної техніки як легкі, але міцні матеріали, стійкі до агресивних середовищ. У цивільному будівництві ці

матеріали вже стали популярними завдяки поєднанню малої ваги, довговічності, теплоізоляційних властивостей та можливості створювати складні архітектурні форми [3].

Основні переваги: легкість, це у 5–6 разів легші за сталь; стійкість до корозії; теплоізоляційні властивості; довговічність – термін служби понад 50 років; архітектурна гнучкість – дозволяють створювати прозорі, криволінійні та легкі конструкції.

Самовідновлювані покриття – технології «self-healing». Самовідновлювані покриття – це матеріали, здатні автоматично відновлювати свої властивості після мікропошкоджень. Спочатку розроблені для захисту супутників від космічного сміття, ці технології тепер активно тестуються у будівництві для фарб, бетону та герметиків. Вони дозволяють значно знизити витрати на обслуговування та продовжити термін служби будівельних конструкцій [4].

Переваги: зниження витрат на обслуговування; подовження терміну служби конструкцій; підвищення безпеки; екологічність.

Титан і його сплави. Метал, який витримує екстремальні умови в космосі завдяки високій міцності, легкості та стійкості до корозії. Спочатку використовувався для виробництва корпусів ракет і космічних апаратів. У цивільному будівництві його застосовують для дахів, фасадів та облицювання, які повинні служити понад 100 років, особливо у будівлях з підвищеними вимогами до довговічності та естетики [5].

Переваги титану у будівництві: довговічність, легкість, стійкість до екстремальних умов та естетика.

Висновок. Перспективи впровадження космічних матеріалів у будівництві значні: вони забезпечують легкі, міцні та довговічні конструкції. Водночас для їхнього широкого застосування необхідно вирішити економічні, екологічні та технічні виклики, забезпечити ефективне масштабування виробництва та інтеграцію інноваційних технологій у цивільну практику.

Також необхідно відмітити важливість інтеграції інновацій у практику відновлення та розвитку інфраструктури, що дозволяє поєднати технологічну ефективність, довговічність і економічну доцільність. Такі підходи створюють основу для більш стійких, безпечних і енергоефективних міст у майбутньому.

Список використаних джерел

1. Tencom. (n.d.). Building reinforced with carbon fiber. URL: <https://www.tencom.com/>
2. Thermal Insulation Strips Conserve Energy. URL: https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2009/er_4.html?utm_source=chatgpt.com
3. Strong A. B. Fundamentals of composites manufacturing : Materials, methods and applications (2nd ed.). *Society of Manufacturing Engineers*. 2008. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-497-7.X5000-0>
4. Самовідновлювальний бетон – технологія майбутнього. URL: BUDUEMO.COM-професійний_будівельний_портал
5. Guggenheim Bilbao. (n.d.). The building : Construction. URL: <https://www.guggenheim-bilbao.eus/en>

ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ІТ-РИНКУ

Шибко О. М.¹, канд. техн. наук, доц., Вельмагіна Н. О.², канд. ф.-м. наук, доц.,
Кривенкова Л. Ю.³, ст. викл., Калашникова К. О.⁴, здоб. вищ. осв.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹shybko.oksana@pdaba.edu.ua, ²velmahina.natalia@pdaba.edu.ua,

³kryvenkova.liudmyla@pdaba.edu.ua, ⁴22543.kalashnykova@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Ринок праці перебуває під пильною увагою економістів та політиків, бо сам товар на цьому ринку безпосереднім чином пов'язаний з людиною, його життям, добробутом, розвитком і відтворенням. Вироблення ефективної державної політики на ринку праці неможлива без теоретичного узагальнення особливостей, глибокого вивчення процесів, виявлення основних закономірностей його становлення та розвитку. Щоб дати правильну оцінку реальному стану на ринку праці і на цій основі удосконалити прогнозні оцінки розвитку ситуації на загальнонаціональному та регіональних ринках праці, треба розробити адекватні заходи для її стабілізації.

Мета дослідження. Проникнення ІТ (інформаційних технологій) в найрізноманітніші сфери людської діяльності сприяє диверсифікації самого ІТ-сегмента, що, з одного боку, викликає трансформацію старих ІТ-спеціальностей, з іншого боку, стимулює появлення на ринку нових. Такий розвиток ситуації сприяє зростанню розриву між системою ІТ-освіти та ринком праці і призводить до того, що сьогодні по деяких нових ІТ-спеціальностях, затребуваних на ринку праці, жоден ЗВО країни не готує фахівців. Ще однією причиною дисбалансу попиту та пропозиції в розрізі ІТ-спеціальностей і спеціалізацій є орієнтація на підготовку фахівців широкого профілю, в той час як на ринку праці затребувані фахівці в більш вузьких предметних областях.

Дефіцит фахівців у галузі інформаційних технологій в Україні сьогодні становить 30 % та незважаючи на такий дефіцит, знайти роботу в ІТ-компаніях можуть лише 25 % випускників – інші не відповідають потребам за рівнем своєї кваліфікації [1]. Отже, через пару років дефіцит фахівців у сфері ІТ тільки зростатиме.

Попит на фахівців (працівників), їх якісні параметри, кваліфікаційні вимоги до них формуються ринком праці. Для створення ефективної системи управління попитом і пропозицією на ринку праці необхідно формалізувати процеси їх формування. Зміна парадигм в питаннях управління попитом і пропозицією, винесення на перший план в якості ключових вимог до фахівця його якісних характеристик, які до того ж крім професійних характеристик враховують також особистісні особливості, зумовлюють розробку нових підходів до вирішення завдання управління попитом і пропозицією на ринку праці. В якості інтегративного інструменту, що дозволяє об'єднувати професійні характеристики, індивідуальний досвід, особистісні якості та інші особливості спеціаліста, виступає компетентний підхід, який став одним з провідних інновацій у модернізації процесів управління людськими ресурсами.

У в рамках дослідження з виявлення мов програмування і їх затребуваності на ринку праці використаємо метод оцінки потреби в різних технологіях та мовах. Слід зазначити, що проблема вибору найбільш затребуваних на ринку технологій відноситься до категорії слабо структурованих завдань, що традиційно зводяться до прийняття рішень

Зростання попиту в outsourcing проєктах пов'язане з більшою довірою до українських спеціалістів та передачі більшої кількості ключових позицій до України. Це не тільки аналітики, а ще й архітектори.

Результати дослідження. За існуючого різноманіття видів моделей аналізу ІТ-ринку досить важко просто зробити вибір на користь якоїсь однієї з них і працювати відповідно до неї.

Важливим є і той факт, що сучасне програмування є колективним, і корисність окремого програміста тісно пов'язана з його корисністю для всієї команди, а тому вимагає від

особи навичок роботи у команді, лідерських якостей, певних знань з галузі психології й управління. Побудова навчального процесу саме на засадах компетентнісного підходу є найефективнішою для забезпечення підготовки фахівця відповідно до сучасних вимог суспільства [2].

Проведений аналіз вимог сучасного роботодавця і системи грейдів ІТ-компаній дозволив виділити складові професійної компетентності в структурі особистості інженера-програміста, необхідні на різних щаблях професійного зростання. Її аналіз підтверджує думку науковців про те, що важливим для успішного фахівця є не лише здатність швидко адаптуватися до науково-технічного прогресу. Фахівець повинен мати особливе професійне мислення, головними характеристиками якого є критичне ставлення до досягнутого, здатність пропонувати нове й уміння врахувати впливи всіх значимих внутрішніх і зовнішніх факторів, що забезпечують надійне функціонування запропонованого.

Для реалізації подібних завдань істотну роль грає думка особи, що приймає рішення (ОПР), і досвід, знання та інтуїція експертів, тобто вибір рішення, пов'язаного з виявленням переваг останніх. При цьому передбачається, що інтелектуальна підтримка політики вибору залежно від ситуації може здійснюватися в двох варіантах:

1) загальні цілі й політику вибору визначає конкретний керівник – особа, яка приймає рішення, яка взаємодіє з одним або декількома експертами в процесі оцінки альтернатив;

2) ОПР і експерт – одна і та сама особа. Експерти беруть участь у процесі оцінки альтернатив по набору ознак, що формують ступінь затребуваності спеціальності на ринку, та виражають ставленням переваги по кожному з них, а завдання оцінки потреби в ІТ-спеціальностях може бути зведена до впорядкування альтернатив при нечіткій вхідній інформації.

Висновки. Було розглянуто три моделі для аналізу українського ринку праці ІТ-спеціалістів – економетричну модель, оптимізаційну модель компетенцій, нечітку модель. У рамках економетричної моделі було визначено, які з поданих якісних та кількісних факторів більше впливають на розмір заробітної плати та у якій мірі. Методами нечіткої логіки та теорії прийняття рішень було оцінено потреби та популярність мов програмування на ринку, в залежності від їх характеристик та стану розвитку. Наступним етапом дослідження буде побудова обраних моделей та розробка програмного засобу для виконання обчислень.

Список використаних джерел

1. Vlasyuk A., Hrytsyuk P. Preparation of IT specialists in modern conditions. *New Pedagogical Thought*. 2018. № 1.1. P. 109.
2. Kovalyuk O., Yefimenko. About the development of IT education in Ukraine. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University : Computer Sciences and IT*. 2011. № 719. Pp. 293–297. URL: <http://ena.lp.edu.ua>

УДК 711.11

ПЛАНУВАЛЬНА ІНТЕРФЕРОМЕТРИЯ У МІСТОБУДІВНИЦТВІ

Шило О. С., ст. викл.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Генетично формування структури генерального плану будь-якого міста пов'язане з унікальним фізичним явищем в орографічних та гідрографічних системах регіонів – їх плановою (у 2D) інтерференцією, що створюється її кільцевими (у 3D-сферичними) структурами. Інтерференція такого типу створюється наступним чином: кожна пагорбова опуклість у рельєфі генерує навколо себе ряд сферичних стоячих хвиль різної природи (хвиль напружень у рельєфі земної поверхні та у повітрі, тобто буквально –

адекватних, морфологічно резонансних, форм). У двовимірному варіанті кільцеві рефлексії осциляторів нагадують кола на воді під час дощу. Кожна крапля створює свої кільця, що розходяться у зовнішній простір за законом зниження енергії обернено пропорційно квадрату відстані від центру. Тобто кільцеві хвилі динамічні. Форма пагорба народжує не кільцеві, а сферичні хвилі. Число таких сфер навколо пагорба залежить від того, з вузлами якого типу силового каркасу планети вони пов'язані – з вузлами сіток планети Пейве, Артюшкова, Вінтера, Стоваса, Гончарова – Макарова – Морозова та цілого ряду інших. Всі сітки вкладені одна в одну за низкою математичних законів (формул). Вони створюють природну палетку дроблення форм земної поверхні на дедалі більш дрібні елементи. Вони перетинаються, проникаючи крізь один одного, чим генерують особливий орнаментальний малюнок рельєфу та гідрографії місцевості. Які, своєю чергою, створюють морфологічні осередки планувальних формоутворень у структурі генеральних планів міст. Дослідженнями встановлено: немає жодної «плями» генерального плану міського чи сільського населеного пункту, який би не відповідав матриці планової інтерференції, створеної кільцевими структурами регіону. Історичний феномен теорії містобудування у тому, що зв'язок структур генеральних планів з явищем інтерференції ніхто не помітив і не описав у наукових публікаціях. Виняток становлять дослідження О. С. Шилов (співавтор цих тез), результати яких опубліковані у кількох десятках статей наприкінці 90-х років XX століття – перших роках XXI століття [1; 2].

Дослідження ролі планової інтерференції в орографії та гідрографії, що проводилися О.С.Шило та В.В.Воробєвим, тривали. Вони призвели до створення авторами *теорії планувальної інтерферометрії в містобудуванні*.

Дослідження О. С. Шилов за планувальною інтерференцією у генпланах міст визнані рецензентами КНУБА, у тому числі – Ю. М. Білоконем, найкращою роботою десятиліття з теорії містобудування.

Мета дослідження – розкрити компоненти планувальної інтерферометрії у містобудуванні.

Результати дослідження. Ключові доданки теорії планувальної інтерферометрії у містобудуванні включають такі етапи: виявлення в орографії регіону вершин-осциляторів – що породжують моногенні та полігенні кільцеві структури; визначення зв'язку осциляторів із елементами енергоінформаційних сіток, що утворюють силовий каркас планети; визначення планової морфології муарів (рисуноків Кундта та Лессажу) в інтерференції кільцевих структур – тобто видів стоячих хвиль, що створили форми рельєфу та форми річок усіх дванадцяти ієрархічних рівнів; виявлення типів взаємопроникнення кільцевих структур, що безпосередньо визначають типи планування фрагментів генплану міста з осередками муарів (у тому числі – спайдер-ефекти різної геометрії, що виникають внаслідок появи різниці планувальних частот, що призводять до деформації планувального поля генерального плану міста, що характеризується згортанням ліній планувальної інтерференції в замкнуті планувальні освіти; планувальні аритмії; ефекти затягування частот (ефекти планувальної самосинхронізації невірноважених систем у генеральному плані міста); спинорні зони (у тому числі – спинорно-інтерференційні та спинорно-сегнероїдпальні); ефекти трьох типів планувального спокою; зони замороженого зсуву планувальних фаз та зони не збігу планувальних частот; базові моделі зсуву планувальних фаз між планувальними осциляторами; зони базових «пакетів» планувальних стоячих хвиль, у вузлах яких виникають планувальні осцилятори, а також картинка переміщення цих пакетів у структурі генерального плану міста; виявлення «бомж»-осциляторів, що «невипромінюють» (планувально не обурюють регіональний простір) структур (структур – «пасток» і які самодобудовуються після секвестр – явищ планувальних структур); обчислення всіх видів кількісних закономірностей у муарових полях (зокрема – специфіки кроку хвиль, створених осциляторами, що з своїм типом сіток силового каркаса); виявлення планувально-інтерференційних каркасів та їх математичних параметрів у структурі генерального плану міста – статичних та динамічних [1; 2].

Сумарно всі перелічені процеси групуються у дві частини теорії планувальної інтерферометрії у містобудуванні: *планувально-інтерференційну статичну та*

планувально-інтерференетричну динаміку. Кожна з них пов'язана зі своїм генезисом орографічних форм території (морфоскульптурним та морфоструктурним), які визначають морфологічні теми генерального плану міста як антропогенного аплікатора, геометричні теми фрагментів якого визначено (проявлено) інтерференційною матрицею території [1; 2]. Усі перелічені закономірності створюють свої математичні ряди і графоаналітичний інструментарій, опис яких потребує окремих публікацій.

Висновки. Рельєф місцевості при розробці генеральних планів міст має розглядатися як вихідна інтерференційна матриця, що містить у собі всі види морфологічних кодів формоутворення як «плями» генплану, і його внутрішнього наповнення різними морфологічними темами у складі планувальної структури міста.

Зовнішня морфологія планувальної структури генеральних планів населених місць як системи антропогенних ландшафтів незалежно від географічної локації завжди виявляється муарами інтерференції, створеної природними осциляторами. Морфологію внутрішньої структури кожного генплану визначено законами утворення статичної та динамічної планувальної інтерферометрії.

Список використаних джерел

1. Шило О. С. Начала планировочной ритмодинамики региональных архитектурно-ландшафтных систем. *Вісник ПДАБА*. 2004. № 3. С. 53–57.
2. Шило О. С. Основы статико-динамических процессов в планировке области. *Вісник ПДАБА*. 2003. № 6. С. 53–58.

УДК 711.11

П'ЯТИЙ І ШОСТИЙ ТЕХНОЛОГІЧНІ УКЛАДИ У КОНЦЕПЦІЇ ПРОМИСЛОВІСТІ М. ДНІПРО

Шило О. С., ст. викл.

*ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій*

olgashilo2016@gmail.com

Постановка проблеми. Пошук шляхів подальшого розвитку міста Дніпро зайшов у безвихідь у зв'язку з відсутністю розуміння змін в ендегенних, екзогенних та антропогенних процесах. Міста перетворюються на «театри помилок», народжених відсутністю зв'язку з шляхами розвитку їхньої містоутворюючої бази. Тим часом уже відомо, що проміжні етапи подальшої трансформації міст позначилися як етапи, пов'язані з остаточним переходом на п'ятий та шостий технологічний спосіб життя [2; 6]. Вони антропоцентричні і продовжують розвивати механізми суспільства споживання. Однак воно вичерпало свої можливості. У результаті міста як би «зависли» між «неправильним майбутнім» та «правильним майбутнім». Що відбувається в цьому контексті з промисловістю міста Дніпро як одним із них і розглядається у даному дослідженні.

Мета дослідження. Розкрити вплив п'ятого та шостого технологічних укладів на концепцію промислових територій Дніпра.

Результати дослідження. Технологічні уклади є наслідком циклів розвитку капіталізму. Базовим циклом вважається цикл Н. Д. Кондратьєва (50–55 років). Цикли закінчуються кризами, за якими починається перехід продуктивних сил на вищий рівень розвитку. Існують також цикл Кітчина = 3–4 роки; цикл Жюгляра = 7–11 років; цикл Кузнеця = 15–25 років [3; 4].

Комплекс базисних технологічно сполучених виробництв утворює ядро технологічного укладу, яке формується технологічними нововведеннями, званими ключовим фактором. Галузі, що функціонують на основі ключового фактору, є галузями, що несуть уклад.

Стосовно міста Дніпро фахівцями не знайдено жодного повноцінного, за всіма правилами створеного, центру венчурних технологій – базисного моменту, який підштовхує

до старту нового технологічного укладу. Є лише первинні передумови для цього, суть яких – підвищення цін на сировину та енергоносії.

У Дніпрі на деякий час виник прецедент, який має назву «постіндустріалізм». З його допомогою хотіли зробити свого роду науковий переворот чи революцію проти циклів Кондратьєва. Точніше, проти його чергової хвилі. А ще точніше – проти тієї ділянки на цій хвилі, яка запускала механізм світового економічного спаду. Але – не вийшло. Постіндустріалізм, всупереч усім прогнозам теоретиків, що створювали його, не запобіг кризі. І сам його також не пережив. Революція проти кризової фази чергової хвилі Кондратьєва не реалізувалася через те, що насправді у світі будувався не постіндустріалізм, а лише його макет. Хоча і в натуральну величину, і частково чинний. Але, як відомо, макет – це форма без змісту [1]. Таким чином, місто Дніпро хвилю постіндустріалізації у його справжньому значенні не проходив. Хоча, луна постіндустріалізації до нього все ж таки увійде у вигляді сучасних інноваційних технологій за участю людини. Всі розробки – закордонні. Періодизація укладів пов'язується з хвилями чи циклами розвитку науки і техніки, з інноваціями та можливостями їх впровадження. П'ятий та шостий технологічні уклади, у разі їхньої генерації у місті Дніпро, забезпечать появу сучасної промисловості нового типу, що ґрунтується на останніх науково-технічних та технологічних досягненнях.

Так, зокрема, п'ятий технологічний устрій спирається на досягнення в галузі мікроелектроніки, інформатики, біотехнології, генної інженерії, нових видів енергії, матеріалів, освоєння космічного простору, супутникового зв'язку тощо. З будівництвом промислових підприємств, що забезпечують випускати продукцію на основі використання досягнень у перерахованих сферах [4; 5].

П'ятий технологічний уклад забезпечить перехід від розрізнених підприємств та фірм до єдиної мережі великих та дрібних компаній, з'єднаних електронною мережею на основі інтернету, які здійснюють тісну взаємодію в галузі технологій, контролю якості продукції, планування інновацій. До ядра п'ятого технологічного укладу входять: електронна промисловість; обчислювальна техніка; оптико-волоконна техніка; програмне забезпечення; телекомунікації; роботобудування; виробництво та переробка газу; інформаційні технології. Ключовий фактор – мікроелектронні компоненти.

Ядро шостого технологічного устрою утворюють: інформаційні технології; когнітивні науки; соціогуманітарні технології; наноелектроніка; нанохімія; молекулярна та нанофотоніка; наноматеріали та наноструктуровані покриття; наносистемна техніка; адитивні технології; нанобіотехнології; конвергенція нано-, біо-, інфо- та когнітивних технологій (так звана НБІКС-конвергенція, NBIC). Ключовий фактор: нанотехнології, клітинні технології [3; 6].

Прогнозована перевага технологічного укладу, порівняно з попереднім – у різкому зниженні енергоємності та матеріаломісткості виробництва, у конструюванні матеріалів та організмів із задалегідь заданими властивостями.

Старт шостого технологічного укладу відбувся у 2010 році, році початку розвитку технологій укладу. З 2018 року виник період їхнього масового поширення. З 2040 року буде завершено фазу швидкого зростання.

Висновки. Реалізація п'ятого та шостого технологічних укладів змінюють містоутворюючу базу міста Дніпро, створюють нову типологію його промислових об'єктів, визначають їх геометричні параметри та правила розташування у структурі генерального плану міста; визначають новий соціально-економічний статус міста у масштабі регіону, країни та на міжнародному рівні.

Список використаних джерел

1. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. Academia, 1999. 324 с.
2. Гринин Л. Е., Коротаев А. В. Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъёмов и кризисов : от Ликурга до Алана Гринспена. Либроком, 2012. 336 с.

3. Меньшиков С. М., Клименко Л. А. Длинные волны в экономике : когда общество меняет кожу. ЛЕНАНД, 2014. 288 с.
4. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал : динамика пузырей и периодов процветания. Дело, 2011. 232 с.
5. Пилипенко Ю. І. Технологічна структура національної економіки : теорія, практика та регулювання. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2010. 20 с.
6. Трансформація моделі економіки України (ідеологія, протиріччя, перспективи). За ред. В. М. Гейця. Київ : Логос, 1999. 500 с.

УДК 628.5:004.94

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ МІСЦЕВОЇ ЗАБУДОВИ

Шуть А. О.¹, Лашко Є. Є.², канд. техн. наук, доц.

^{1,2}Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

¹kafedrafgun@gmail.com, ²elashko@kdu.edu.ua

Постановка проблеми. Проблема забруднення атмосферного повітря від різноманітних суб'єктів господарювання є однією із ключових загроз для громадського здоров'я, умов праці, а також екологічної безпеки. Так, наявність техногенних джерел викидів і складна конфігурація місцевої забудови призводять до формування локальних зон із підвищеними концентраціями забруднюючих речовин. Точне прогнозування таких явищ потребує поєднання математичного та комп'ютерного моделювання процесів конвекції, турбулентної дифузії й осадження домішок з урахуванням метеорологічних умов й особливостей рельєфу території [1–3].

Мета дослідження. Метою цього дослідження є вдосконалення математичного апарату та застосування методів обчислювальної аеродинаміки (CFD), що дозволить змодельовати поширення забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери з урахуванням місцевої забудови.

Результати дослідження. На сьогодні в Україні для проведення розрахунків розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, що мають нормативний характер, використовується методика ОНД-86. Так, максимальна приземна разова концентрація забруднюючої речовини, (мг/м³), під час викиду газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела з круглим гирлом визначається за формулою:

$$c_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, який визначає умови горизонтального та вертикального розсіювання забруднюючої речовини в атмосферному повітрі; M – маса забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря за одиницю часу (потужність викиду), г/с; F – безрозмірний коефіцієнт, який ураховує швидкість осідання забруднюючих речовин (газоподібних й аерозолів, включно із твердими частинками) в атмосферному повітрі; m і n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови викиду з гирла джерела викиду; η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості; H – висота джерела викиду, м; V_1 – витрата газоповітряної суміші, м³/с; ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші та температурою атмосферного повітря, °С.

Розрахунок розсіювання проводиться з розміром розрахункового прямокутника 500×500 м із кроком 25 м за обома координатними осями (441 розрахункова точка) за допомогою програми автоматизованого розрахунку концентрацій і розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері «ЕОЛ+» версії 5.3.8. Розрахункові модулі зазначеної

системи реалізують методику ОНД-86, проте без урахування впливу місцевої забудови, тому для прогнозування впливу на довкілля необхідно використовувати інші методи, які дозволять комплексно оцінити наслідки реалізації планової діяльності на компоненти навколишнього середовища.

Як систему рівнянь для комп'ютерного моделювання забруднення приземних шарів атмосферного повітря використано рівняння Нав'є-Стокса, усереднене за Рейнольдсом (RANS). Додатковими **вихідними умовами** є рельєф території, дані спостережень найближче розташованої метеорологічної станції та профілі швидкості у вигляді логарифмічного закону:

$$V_z = \frac{V^*}{\kappa} \ln \left(\frac{z - z_d}{z_0} \right), \quad (2)$$

де V_z – середня швидкість вітру, м/с, на висоті z , м; V^* – швидкість вітру, що виникає внаслідок впливу сили тертя, м/с; z_0 – параметр шорсткості, м; z_d – висота зміщення нульової площини, м; κ – константа Кармана (зазвичай 0,4).

Карта-схема досліджуваного об'єкта та результати комп'ютерного моделювання у вигляді полів концентрації викидів і профілю швидкості повітряних мас у межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) показані на рисунку 1.

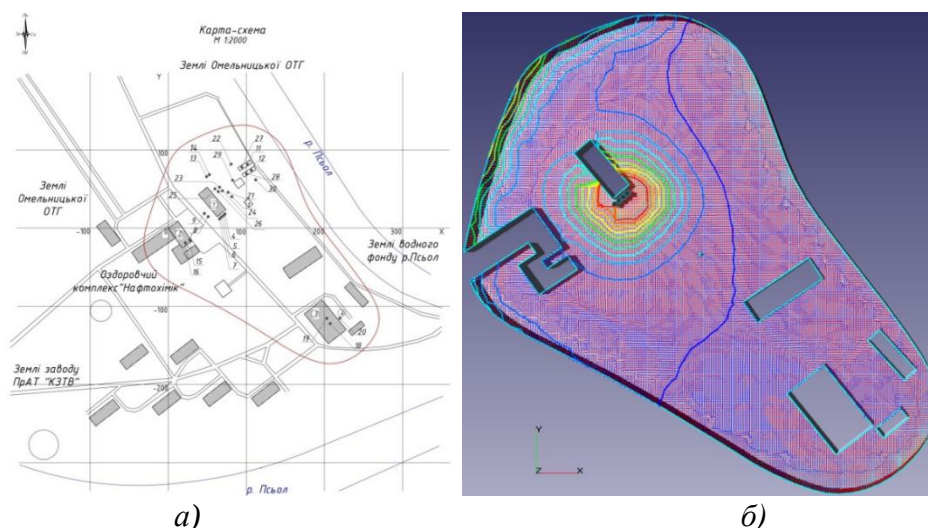


Рис. 1. Карта-схема суб'єкта господарювання (а) та відповідні поля концентрації викидів і профіль швидкості повітряних мас у межах СЗЗ (б)

На рисунку 1 представлено поля розрахункових концентрацій (ізолінії) та профілі швидкості (вектори) поширення (факела) викидів із труб котлів твердопаливних. Установлені значення вказаних показників уможливають висновок щодо відсутності перевищення нормативних значень таких викидів забруднюючих речовин.

Висновки. Основою комп'ютерного моделювання поширення забруднюючих речовин є рівняння конвекції-дифузії з урахуванням турбулентного переносу та впливу місцевої забудови. Експериментальна валідація зазначеної прогностичної моделі можлива лише за допомогою CFD-методів, що зумовлює подальшу інтеграцію тривимірних параметричних моделей із системами моніторингу в реальному часі.

Список використаних джерел

1. Lashko Y., Chenchewa O., Laktionov I., Rieznik D., Halchenko N. Mathematical and Computer Simulation of the Process of Movement of Respirable Dust Particles in the Working Area. *Baltic Journal of Modern Computing*. 2024. Vol. 12, № 3. Pp. 270–285. URL: <https://doi.org/10.22364/bjmc.2024.12.3.04> (date of access: 12.09.2025).
2. Lashko Y., Chenchewa O., Levchenko L., Myshchenko I., Bolibrukh B. Evaluation of the Aerological Condition During Open-pit Mining Operations Based on Three-dimensional Models of Quarries. *Advanced Information Systems*. 2025. Vol. 9, № 2. Pp. 18–24. URL: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.2.03> (date of access: 12.09.2025).

3. Lashko Y., Sukach S., Laktionov I., Chenchewa O., Rieznik D., Kortsova O. Predictive Mathematical and Computer Model for Determining Harmful Effects of Dust Pollution on the Environment and Workers. *Baltic Journal of Modern Computing*. 2025. Vol. 13, № 2. Pp. 436–452. URL: <https://doi.org/10.22364/bjmc.2025.13.2.08> (date of access: 12.09.2025).

УДК 620.92

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ВДЕ В УКРАЇНІ

Юрченко Є. Л.¹, канд. техн. наук, доц., Коваль А. С.², аспір.,

Гришин С. В.³, аспір., Коваль О. О.⁴, с. н. с., доц.

¹⁻⁴ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹yel@pdaba.edu.ua, ²kovalartem83@gmail.com, ³s.hryshyn@capro-oil.com,

⁴koval.olena@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У контексті трансформації енергетичної системи України та глобальних викликів, пов'язаних із кліматичними змінами, розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) набуває стратегічного значення для забезпечення енергетичної безпеки, декарбонізації економіки та зміцнення енергонезалежності держави.

Україна активно впроваджує відновлювані джерела енергії в національну енергосистему. За даними Держенергоефективності, станом на 2024 рік встановлена потужність СЕС перевищує 7 ГВт, а ВЕС – понад 1,7 ГВт [1]. Після 2022 року розвиток ВДЕ отримав додатковий імпульс у зв'язку з необхідністю підвищення енергонезалежності та відновлення пошкоджених об'єктів генерації. Навесні 2024 року росія зробила другу серйозну спробу зруйнувати енергетичну інфраструктуру України, і перед країною знову постало завдання відновлення та підвищення стійкості енергетичної мережі. Якщо після російських атак взимку-навесні 2023 року єдиним рішенням вважалося тільки швидке відновлювання централізованих джерел енергії, то у 2024 році було перенаправлення ресурсів на швидке створення розподіленої генерації із застосуванням ВДЕ [3–5].

Мета дослідження полягає в проведенні систематизації та аналізу інформації про фактичний стан ВДЕ-об'єктів, що діють на території України. Цей аналітичний звіт базується на даних Реєстру об'єктів електроенергетики та електроустановок споживачів [2], які використовують альтернативні джерела енергії для виробництва електричної енергії. В межах дослідження розглянуто ключові параметри: розподіл об'єктів за типами технологій (сонячна, вітрова, гідро, біоенергетика), характеристика джерел енергії, територіальне охоплення по регіонах України, а також типи підтримки, що були або залишаються чинними для відповідних установок [1–4].

Результати дослідження. Розгляд об'єктів ВДЕ у контексті глобальних кліматичних викликів підтверджує, що розбудова зеленої енергетики є не лише екологічною, а енергетичною та економічною необхідністю. Участь України в міжнародних ініціативах щодо скорочення викидів CO₂ (зокрема європейському Green Deal) актуалізує дослідження потенціалу ВДЕ та механізмів їх стимулювання, а саме «зелений» тариф чи ринкова премія.

Проведено аналіз на основі багатофакторного підходу: досліджено класифікацію типів технологій, джерел енергії, систем підтримки та географічного розподілу. Особливе значення має ранжування об'єктів не лише за кількістю, а й за встановленою потужністю, що дозволяє з високою точністю оцінити системний внесок кожного об'єкта в забезпечення енергетичного балансу країни. Наукова новизна полягає у комплексному підході до аналізу ВДЕ-інфраструктури: від типології технологій до регіонального ранжування.

Результати аналізу фіксує очевидну концентрацію ВДЕ-інфраструктури в південних регіонах України (Дніпропетровська, Херсонська, Миколаївська області) з домінуванням сонячної генерації. Така структурна нерівномірність ставить питання про необхідність диференційованих стратегій розвитку ВДЕ, що враховуватимуть локальний природний,

інфраструктурний та економічний потенціал. Практична значущість результатів полягає у можливості адаптації державної політики до виявленої регіональної та технологічної асиметрії.

Наявність об'єктів, що працюють без фіксованої підтримки або на загальних підставах, свідчить про початок переходу до ринкових механізмів. Аналіз ефективності чинних схем (наприклад, «зеленого» тарифу) та обмеженого поширення ринкової премії вказує на потребу інституційного удосконалення та стабільності розумів для інвесторів. Розділ містить вагомі аналітичні висновки щодо трансформації політики підтримки ВДЕ – від адміністративного до ринкового регулювання.

Дослідження ілюструє перспективи розвитку децентралізованої енергетики та енергетичних кооперативів у малорозвинених регіонах. Регіони з найменшою кількістю об'єктів ВДЕ (Черкаська, Житомирська, Волинська) мають резерви для розвитку малих та автономних проєктів. Це відкриває можливості для стимулювання локальних громадських ініціатив, створення енергокооперативів та підвищення енергетичної незалежності на місцевому рівні.

Проведене ранжування за потужністю дозволяє оптимізувати інфраструктурне планування та прогнозування інтеграції ВДЕ до об'єднаної енергосистеми України (ОЕС). Розгляд потужностей як системного критерію є науково обґрунтованим і практично необхідним: це основа для балансування навантаження, проєктування акумулюючих систем, планування резервів та синхронізації з європейською енергетичною мережею ENTSO-E.

Висновки. Аналіз, проведений у публікації є науково змістовним, методологічно цілісним і стратегічно важливим дослідженням, що сприяє розумінню стану ВДЕ в Україні та пропонує основу для формування обґрунтованої політики сталого енергетичного розвитку.

Список використаних джерел

1. Сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. URL: <http://saee.gov.ua/>
2. Сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [Електронний ресурс]. URL: <https://www.nerc.gov.ua/revestri-nkrekp/revestri-obyektiv-elektroenergetiki-ta-elektroustanovok-spozhivachiv-u-tomu-chisli-aktivnih-spozhivachiv-shcho-vikoristovuyut-alternativni-dzherela-energiyi-dlya-virobnictva-elektroenergiyi>
3. Сайт українського інституту майбутнього [Електронний ресурс]. URL: <https://uifuture.org/>
4. Сайт проєкту Green Deal Ukraine [Електронний ресурс]. URL: <https://greendealukraina.org/uk/>
5. Kosenko L., Koval O., Yurchenko Y., Koval A. Analysis of European regulatory requirements for Nearly Zero Energy Consumption Buildings and the possibility of implementation in Ukraine. 2023. URL: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.47.28-35>

УДК 69.001.6

ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ЗА СТАНДАРТОМ NZEB В УКРАЇНІ

Юрченко Є. Л.¹, канд. техн. наук, доц., Перегінець І. І.², канд. техн. наук,
Шамілов П. О.³, Коваль О. О.⁴, с. н. с., доц.

^{1,4}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

²Науково-технічний центр Академії будівництва України,

³Архітектурна студія SHAMILOFF DESIGN

¹yel@pdaba.edu.ua, ²ivan.pereginets@gmail.com, ³info@nzeb.pro,

⁴koval.olena@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний стан будівельного фонду України постійно стикається зі зростаючою кількістю руйнувань внаслідок агресії зі сторони російської

федерації. Житловий сектор має найбільші збитки, які оцінюються 60 млрд доларів. Станом на листопад 2024 року пошкоджено або зруйновано 236 тисяч житлових будівель, з яких 209 тисяч – приватні будинки, 27 тисяч — багатоквартирні, а ще 600 – гуртожитки [1; 2]. За даними Міністерства соціальної політики, на початок грудня 2024 року в Україні були зареєстровані 4,9 мільйона внутрішньо переміщених осіб, із них 2,5 млн не можуть повернутися до своїх домів, оскільки їхнє житло або зруйноване, або розташоване у зоні активних бойових дій, або на тимчасово окупованій території [1; 2]. Ці кризи акцентують необхідність швидкого, але водночас стійкого відновлення та вимагають кардинальних змін у будівництві та міському плануванні з інтеграцією зеленого будівництва, циркулярної економіки та цифрових технологій.

Згідно аналітичному звіту громадянської мережі ОПОРА [3], в якому детально розглянуто сучасні директиви Європейського Союзу, зокрема EPBD, що встановлюють обов’язкові вимоги щодо досягнення nZEB у новому будівництві та реконструкції будівель. У країнах ЄС ці вимоги активно впроваджуються з 2018 року, тоді як в Україні їхня імплементація лише на початковому рівні. Нещодавно прийняті Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії [5] ще не мають поширеного практичного застосування.

Таким чином, проблема полягає у недостатній апробації науково-методичної бази та технічних рішень, адаптованих до українських умов, які б дозволили забезпечити перехід до nZEB стандарту. Вирішення цієї проблеми потребує системного підходу, що поєднає аналіз європейського досвіду, використання енергетичного моделювання, визначення оптимальних технічних параметрів та створення і розповсюдження практичних рекомендацій для nZEB будівництва за національних стандартів [5].

Мета дослідження полягає в проведенні систематизації існуючого європейського та українського досвіду енергоефективного будівництва та дослідження показників енергетичної ефективності на прикладі першого в Україні житлового будинку nZEB.

Результати дослідження. Існуючий стан будівельного фонду України характеризується високим рівнем енергоспоживання, що призводить до перевитрат енергоресурсів, підвищених експлуатаційних витрат та надмірних викидів парникових газів. У той час як країни ЄС активно впроваджують стандарти будівель nZEB відповідно до вимог Директиви EPBD, в Україні процес імплементації цих стандартів відбувається повільно. Саме тому, досвід першого в Україні нового будівництва за nZEB стандартом потребує всебічного аналізу і розповсюдження для мультиплікації проєктів будівель з високим рівнем енергоефективності, низьким енергоспоживанням, а також використання значної частки відновлених джерел енергії (ВДЕ).

В Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва зареєстрований перший енергетичний сертифікат нового стандарту. Цей сертифікат отримав Науково-технічний центр Академії будівництва України на інноваційний будинок START TM «BusinessHouse». Житлова будівля простої форми в плані, загальною площею 77 м² та загальним об’ємом 226 м³ має розрахунковий питомий показник енергетичної ефективності 17,5 кВт год./м², що забезпечує клас енергетичної ефективності – А (згідно діючих будівельних норм).

Нижче наведений аналіз трьох базових для nZEB будівлі параметрів: тепла і герметична зовнішня оболонка; сучасна інженерія; використання ВДЕ.

Будівлі nZEB енергоощадні, що забезпечується потужною теплоізоляцією зовнішніх конструкцій, застосуванням новітніх технологій СПК і відсутністю теплопровідних включень. Проведено детальний аналіз конструктивних рішень (вузлів) огорожувальної оболонки будівлі із застосуванням ВІМ та ВЕМ технологій [3], що дозволило проєктантам отримати високі поелементні показники (опір теплопередачі) огорожувальних конструкцій, а також забезпечити герметичність теплозахисної оболонки.

Будівлі nZEB обладнані інноваційними системами вентиляції, опалення та освітлення. Джерелом опалення, охолодження та гарячого водопостачання в будинку є тепловий насос повітря-вода: Daikin Altherma, потужністю 6 кВт. Вентиляція приміщень припливно-витяжна Mitsubishi Electric з механічним спонуканням і рекуперацією теплової енергії. Потреба

будівлі в електричній енергії задовольняється встановлення сонячної електростанції, потужністю 9.5 кВт з системою акумуляції.

Застосування інноваційних інженерних систем будівлі з використанням ВДЕ дозволило отримати нульові розрахункові показники питомого споживання первинної енергії та питомого показника викидів парникових газів і класифікувати будівлю як nZEB згідно Вимог до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії [5].

Будівлі nZEB здатні «самостійно» виробляти енергію. Приємним бонусом для власників такої будівлі є можливість отримувати прибутки на енергетичному ринку від продажу надлишкової електроенергії від СЕС. Так, енергетичний баланс характеризується наступними показниками: очікувана генерація СЕС становить: 11 000 кВт•год./рік; споживання електричної енергії дорівнює 5 000 кВт•год./рік, то на продаж надлишкової енергії залишається 6 000 кВт год /рік.

Висновки. Впровадження nZEB в Україні є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та енергонезалежності. Цей стандарт відкриває нові можливості для будівельної галузі, стимулюючи використання інноваційних технологій та енергоефективних рішень з використанням ВДЕ.

Список використаних джерел

1. Сайт Міністерства соціальної політики, сім'ї та єдності України [Електронний ресурс]. URL: <https://www.msp.gov.ua/>
2. Сайт Київської школи економіки [Електронний ресурс]. URL: <https://kse.ua/ua/>
3. Сайт громадянської мережі ОПОРА [Електронний ресурс]. URL: <https://opora.ua.org/>
4. Сайт проєкту Green Deal Ukraine [Електронний ресурс]. URL: <https://greendealukraine.org/uk/>
5. Сайт Міністерства розвитку громад та територій України [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0284-25#Text>

УДК 331.4:622.834.5:69.059.22

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОУДАРНИХ ВПЛИВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ СПОРУД

Яланський О. А.¹, канд. техн. наук, доц., Беліков А. С.², докт. техн. наук, проф.,
Слащов І. М.³, докт. техн. наук, с. н. с., Бріженюк В. С.⁴, аспір.

¹Інститут електроенергетики НТУ «Дніпровська політехніка»,
^{2,3,4}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹yalanskiy.o.a@gmail.com, ²belikov@pdaba.edu.ua, ³gtmigtm@gmail.com,
⁴volodimirbrizenuk@gmail.com

Постановка проблеми. Вдосконалення методів контролю стійкості та забезпечення безпеки будівель та споруд необхідне для своєчасного виявлення дефектів та запобігання аварійним ситуаціям в умовах старіння інфраструктури, ускладнення архітектурних рішень, зростання навантажень на несучі конструкції внаслідок вибухів та підтоплень споруд [1; 2]. Неруйнівний контроль, а саме, віброакустичний та ультразвуковий методи, дозволяють отримувати інформацію про внутрішній стан конструкцій без порушення їх цілісності. Інтеграція цих методів з аналітичними розрахунками дозволяє краще оцінити пошкодження об'єктів та підвищити достовірність прогноза експлуатаційної надійності.

Мета роботи полягає у підвищенні потужності та динамічних характеристик віброударних впливів для неруйнівного контролю безпеки будівель та споруд.

Основна частина. Суттєве підвищення оперативності та своєчасності оцінки безпеки споруд може бути досягнуто автоматизацією методу віброакустичного контролю. Однак застосування на практиці механізму, що забезпечує ударний вплив на об'єкт контролю,

стримується обмеженням потужності ударного впливу, максимально можливого темпу розгону (acceleration drive ramp) та гальмування (deceleration drive ramp) ударного пристрою. Перше обмеження знижує енергетичні параметри коливань, зокрема енергію коливань, щільність потоку енергії в плоско-паралельній структурі або хвилеводі контрольованого конструктивного елемента споруди, амплітуду порушених збуджених хвиль і коливань вигину і т. д. Це, своєю чергою, зменшує можливу базу контролю і співвідношення сигнал/шум, особливо при контролі масивних об'єктів в умовах значного віддалення датчиків від точки порушення коливань. Друге обмеження зменшує максимальну частоту коливань, частоту високої гармоніки, а також амплітуду та енергію складових у верхній частині спектру коливань.

Дослідження розповсюдження хвиль збудження та відбитих хвиль проведено у лабораторії на базі авторизованого центру навчання французької енергомашинобудівної корпорації «Schneider Electric» в НТУ «Дніпровська політехніка». Лабораторна установка побудована з обладнання, яке дозволяє запрограмувати алгоритми коливань різного типу, перетворювати команди процесора на керуючі сигнали для двигуна, реалізовувати механічні коливання сервоприводу та контролювати отриманий результат за допомогою осцилографа. Стенд управляється компактним високопродуктивним програмованим логічним контролером Modicon M241CEC24T/M від компанії Schneider Electric (рис. 1). Контролер призначений для керування промисловим обладнанням, автоматизації машин та побудови розподілених систем керування. Процесор має інтерфейси зв'язку, підтримує до чотирьох незалежних осей з можливістю PTO (Pulse Train Output) та PLS (Pulse Length Signal) режимами генерації імпульсних сигналів, які використовуються для керування кроковими та серводвигунами. Програмне забезпечення EcoStruxure Machine Expert (SoMachine) забезпечує можливості проектування та налаштування.

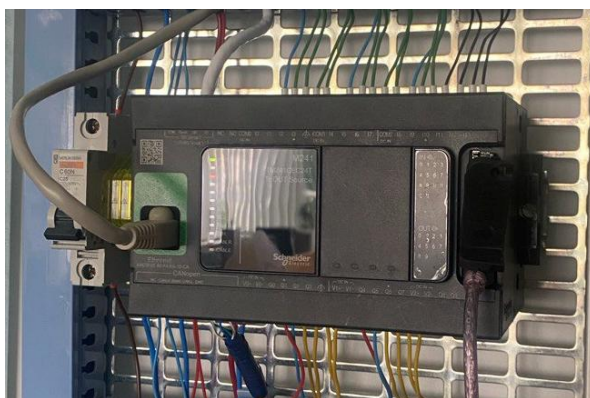


Рис. 1. Програмований логічний контролер Schneider Electric «Modicon M241CEC24T/M» в складі обладнання для лабораторних досліджень

В результаті досліджень розроблено моделі, алгоритми та програмне забезпечення, виготовлено та апробовано в лабораторних умовах генератор віброударних впливів. Проведено моделювання хвильових процесів поширення хвиль збудження та відбитих хвиль (рис. 2). Встановлено, що за певних частот збудження спостерігається резонансне посилення між модами акустичного сигналу, що призводить до зростання амплітуд взаємодіючих хвиль.

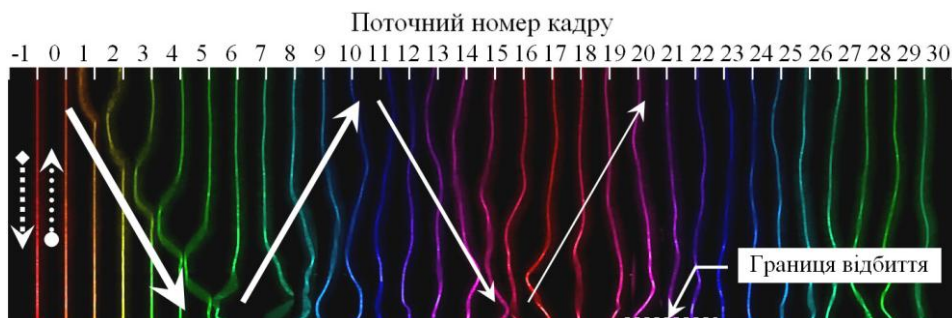


Рис. 2. Результат лабораторного експерименту з візуалізацією імпульсної хвилі при відображенні від нижньої межі

Висновок. Подальший розвиток отримав метод контролю безпеки будівель та споруд віброакустичним методом, який відрізняється збільшенням потужності та динамічних характеристик ударних впливів при моніторингу масивних об'єктів при значному видаленні датчиків від точки порушення коливань. Це підвищує достовірність результатів контролю, обґрунтованість висновків та рекомендацій з безпеки.

Список використаних джерел

1. Wilson R. G. Fourier Series and Optical Transform Techniques in Contemporary Optics. New York : Wiley, 1995. 344 p. ISBN 978-0-471-30357-2.
2. Walker J. S. Fast Fourier Transforms, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. 464 p. ISBN 978-0849371639.

УДК 711.41:72.01:316.7

РОЛЬ ГНУЧКИХ ПРОСТОРОВИХ РІШЕНЬ У ФОРМУВАННІ ГУМАННОГО МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Ярміш К. В.¹, магістрант, Товстик Т. М.², доц.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹xenayarmish@gmail.com, ²tovstyk.tamara@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні великі міста стикаються з проблемами перевантаження транспортної інфраструктури, зростання щільності забудови та зниження якості публічних просторів. Традиційні методи планування не завжди відповідають потребам динамічного суспільства, де простір має швидко адаптуватися до різних сценаріїв використання. У цьому контексті актуальним є пошук гнучких архітектурно-планувальних рішень, що забезпечують комфортність, інклюзивність та сталість міського середовища.

Мета дослідження. Дослідити роль гнучких просторових рішень у формуванні гуманного міського середовища, виявити їхні переваги та практичні прояви у сучасному урбаністичному проектуванні.

Результати дослідження. Сучасний міський простір постає як багатошарова структура, що поєднує морфологічні аспекти середовища та соціальні практики, які наповнюють їх життям. Такий простір можна розглядати як своєрідний *гіпертекст* – систему нелінійної організації, де значення проявляється на всіх рівнях історичної та морфологічної глибини. Морфологія міського середовища визначає моделі поведінки мешканців, тоді як емоційне сприйняття простору трансформує його функціональне та символічне значення. Простори, що володіють комфортними й привабливими властивостями, моделюють поведінку містян, але з часом саме користувачі простору змінюють його типологічне наповнення та значення у міській структурі. Формування гуманного міського середовища передбачає орієнтацію на потреби людини, інтеграцію природи, безпечність та соціальну взаємодію. Як зазначає Джейн Джейкобс, справжня «життєвість» міста залежить від різноманіття функцій і можливостей для комунікації [2]. Подібно, Чарльз Монтгомері у книзі *Harpy City* підкреслює, що щастя мешканців визначається якістю вулиць і просторів, де люди взаємодіють [4].

Особливу увагу приділяють гнучкості простору. За Кристофером Александером, адаптивність середовища до змінних потреб є однією з базових «мов архітектури» [1]. Гнучкі просторові рішення дозволяють трансформувати міські площі, вулиці чи парки залежно від часу доби, сезону або соціальних подій. Прикладом є скандинавська практика використання тимчасових павільйонів і мобільних меблів, що створюють багатофункціональні публічні простори.

У світовій практиці гнучкі рішення проявляються у:

- трансформованих вулицях («shared space» у Нідерландах);
- проєктах тимчасового перекриття вулиць для пішоходів (Барселона, Нью-Йорк);

- просторах, що постійно змінюються завдяки мобільним елементам («Superkilen» у Копенгагені);
- використанні мультимодальних просторів, які поєднують транспорт, рекреацію та соціальні активності [3].

Простори, які легко змінювати, дозволяють враховувати потреби різних груп: від молоді, яка хоче активних зон, до літніх людей, які потребують тиші та відпочинку. Наприклад, мобільні меблі чи «тихі зони» у парках, які можна розгортати під час великих подій. Окрім фізичної трансформації, важливе часове програмування простору: одна й та сама площа вдень використовується як ринок, увечері – як концертний майданчик, уночі – як місце для відпочинку.

Урбаністи часто говорять про «ентропію міста» – тенденцію простору з часом втрачати порядок і якість. Гнучкі рішення можна подати як механізм постійного оновлення, що не дозволяє середовищу «старіти». Тобто вони виконують роль своєрідного «регенеративного механізму» у структурі міста. Крім того, багато міських просторів стають «мертвими» у певний час. Гнучкі рішення дозволяють уникати цього, підтримуючи безперервність життя міста.

Сучасні дослідження показують, що міста з гнучкими просторами краще витримують кризи – наприклад, під час пандемії COVID-19 вулиці швидко перетворювалися на кав'ярні на відкритому повітрі чи спортивні зони. Це не тільки про фізичну адаптивність, але й про психологічну стійкість суспільства.

З точки зору психології архітектури, статичні середовища часто викликають відчуття «замкненості» та рутини. Гнучкі простори з елементами змінності створюють відчуття новизни, стимулюють креативність і знижують рівень міського стресу. Це можна прив'язати до нейроурбаністики. Дослідження Юхані Палласмаа звертає увагу на сенсорний досвід людини в місті: гнучкі простори не лише змінюють функцію, але й створюють різноманітні відчуття через світло, текстури, звуки [5]. Це сприяє емоційному комфорту й формує середовище, яке можна назвати «гуманним».

Висновки. Гнучкі просторові рішення виступають важливим інструментом формування гуманного міського середовища. Вони забезпечують адаптивність, сприяють соціальній інтеракції, знижують просторову монотонність та підвищують комфорт мешканців. Таким чином, міський простір постає як динамічна система, що водночас визначає і визначається соціальними моделями поведінки, будучи процесом безперервного переписування тексту міста. Подальші дослідження у цій сфері мають бути спрямовані на інтеграцію гнучких елементів у стратегії сталого міського розвитку.

Список використаних джерел

1. Александер Крістофер. Мова шаблонів. Київ : Основи, 2025.
2. Джейн Джейкобс. Смерть і життя великих американських міст. CANactions, 2021.
3. Dr. Joan Clos. Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity. UN-Habitat, 2013.
4. Montgomery Charles. Happy City : Transforming Our Lives Through Urban Design. Penguin, 2015.
5. Pallasmaa Juhani. The Eyes of the Skin : Architecture and the Senses. Wiley, 2012.

УДК 691.116

ПОШКОДЖУВАНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ І ДИМОВИХ ТРУБ ТА ЇХ СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ

Яровий С. М.¹, докт. техн. наук, доц., Данильченко О. О.², аспір.

^{1,2}Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

¹psp.nauka@gmail.com, ²sasha2001danilchenko@gmail.com

Постановка проблеми. Металеві вентиляційні та димові труби упродовж тривалого експлуатації зазнають впливу силових, динамічних, температурних і корозійних чинників, що

поступово призводить до виникнення дефектів у металі стовбура, зварних швах та опорних елементах. Необхідність виявлення основних дефектів та пошкоджень вентиляційних та димових труб, їх класифікація та статистичний аналіз.

Мета дослідження. Металеві вентиляційні та димові труби є невід’ємною частиною технологічних процесів промислових підприємств, забезпечуючи відведення продуктів згоряння та стабільність функціонування обладнання. Значна кількість труб експлуатується тривалий нормативні терміни експлуатації, в процесі якої виникає велика кількість дефектів та пошкоджень. Мета дослідження – виконати узагальнення результатів технічних обстежень димових і вентиляційних труб різних типів і умов експлуатації для визначення основних дефектів та пошкоджень, оцінки їхньої поширеності та проведення класифікації пошкоджень [1–4].

Результати дослідження. В результаті обстеження технічного стану понад 150 металевих вентиляційних та димових труб виявлені такі основні дефектами і пошкодження: тріщини в основному металі, зварних швах і навколошовній зоні (пошкодження 4); підрізи, непровари, шлакові вclusions та пори у зварних з’єднаннях (пошкодження 5); локальні, виразкові та наскрізні корозійні пошкодження стінки до повної втрати товщини (пошкодження 3); руйнування захисного лакофарбового покриття більш ніж на 30 % площі поверхні з подальшою корозією металу (пошкодження 1); корозійний знос стінки стовбура труби до 10 % товщини (пошкодження 2); ослаблення або пошкодження болтових з’єднань, у тому числі анкерних (пошкодження 6); пошкодження ребер жорсткості, траверс і плит опорних вузлів (пошкодження 7); пошкодження елементів металевих опор під трубу (пошкодження 8); місцева втрата стійкості стовбура труби (пошкодження 9); тріщини та руйнування бетону фундаментів із корозією робочої арматури (пошкодження 10). На рисунку 1 наведена статистична діаграма загальної вибірки дефектів та пошкоджень.

Наскрізні корозійні пошкодження стінки стовбура труби (дефект 3), тріщини в основному металі і швах (дефект 4), утрата стійкості стовбура труби (дефект 9) є дефектами, що становлять безпосередню небезпеку руйнування труби, і мають бути усунені негайно після виявлення. Наскрізні корозійні пошкодження стінки стовбура труби (дефект 3), тріщини в основному металі і швах (дефект 4), утрата стійкості стовбура труби (дефект 9) є дефектами, що становлять безпосередню небезпеку руйнування труби, і мають бути усунені негайно після виявлення. Ці дефекти віднесені до категорії небезпечності «А». У відсотках із загальної вибірки дефектів перераховані дефекти складають 31 %.

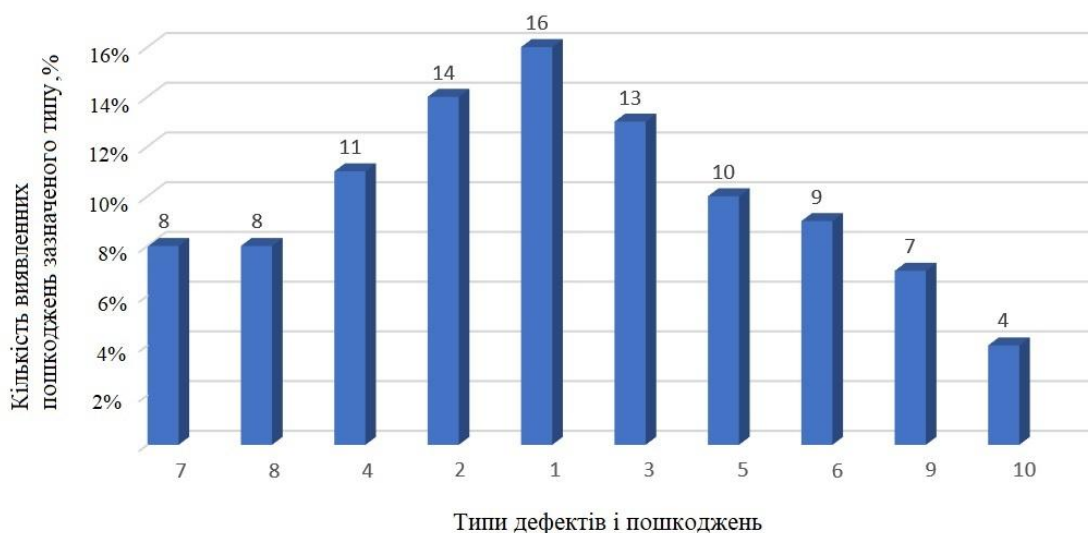


Рис. 1. Пошкоджуваність металевих стовбурів димових труб

Дефекти і пошкодження (дефекти 2, 5, 6, 7, 8, 10) при подальшому розвитку можуть перетворитися на дефекти, що становлять безпосередню загрозу руйнування, і мають бути усунені під час планового ремонту. Ці дефекти віднесені до категорії небезпечності «Б». У відсотках із загальної вибірки дефектів перераховані дефекти складають 54 %.

Руйнування захисного лакофарбового покриття (дефект 1) має локальний характер і не становить небезпеки для несучої здатності труб, тому воно має бути усуненим під час поточного ремонту. Ці дефекти віднесені до категорії небезпечності «В». Із загальної вибірки дефектів і пошкоджень, виявлених під час обстеження, руйнування захисного лакофарбового покриття становить 16 %.

Висновки. На основі аналізу технічного стану металевих вентиляційних та димових труб було визначено найбільш поширені дефекти і пошкодження, розроблено їх класифікацію за характером і категорією небезпеки та виконано статистичну оцінку пошкоджуваності.

Список використаних джерел

1. Failure of a Steel Boiler Chimney Caused by Corrosion of the Structural Shell Plate Zdzislaw Pisarek. 2019.
2. Field Tests on a Full-Scale Steel Chimney Subjected to Vortex-Induced Vibrations Ø. M. Ellingsen. 2023.
3. Inspections of Industrial Chimneys (EN 13084-1:2007).
4. Field Tests on a Full-Scale Steel Chimney Subjected to Vortex-Induced Vibrations. 2023.

УДК 7.01:7.04+725:72.04 +747+908

ОСОБЛИВОСТІ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ ПО ВУЛИЦІ НЕЗАЛЕЖНОЇ УКРАЇНИ, № 17 У М. ЗАПОРІЖЖЯ

Ревський І. С., канд. арх.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

ivan.revskiy@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Задачі збереження архітектурно-містобудівної спадщини є надзвичайно актуальними в контексті загального збереження культурної спадщини України. Значне місце в архітектурно-містобудівній спадщині займають будівлі та споруди, а також містобудівні утворення доби конструктивізму 20-х – 30-х рр. ХХ ст. Одним з найкращих прикладів втілення містобудівних ідей того часу є створення так званого Шостого селища, яке мало стати першою чергою будівництва «Великого Запоріжжя». Квартал № 2 цього селища мав стати «кварталом – комуною», а центральним елементом цього кварталу був комплекс житлових будинків та будівлі клубу – їдальні. На сьогодні будівля клубу – їдальні значною мірою перебудована і визначення її історико-культурної цінності та автентичності є важливою задачею в контексті збереження спадщини доби конструктивізму.

Мета роботи визначення особливостей історії створення, існування та реконструкцій щойно виявленого об’єкту культурної спадщини за видом «архітектура» «КЛУБ-ЇДАЛЬНЯ» (пізніше будинок культури заводу «Запоріжсталь»), по вул. Незалежної України, № 17 у м. Запоріжжя. Результати дослідження можуть бути використані для складання облікової документації на пам’ятку, в процесі прийняття проектних рішень щодо її реставрації та пристосування, для популяризації культурної спадщини Запоріжжя тощо.

Основна частина. Клуб-їдальня розташовувалась на так званому другому кварталі Шостого селища, яке в свою чергу було першою чергою будівництва «Великого Запоріжжя», яке створювалось одночасно з будівництвом Дніпрогесу і промислового комплексу. Шосте селище займало територію між «Старим Олександрівськом» і Дніпровським комбінатом та Дніпром, в місці будівництва Дніпрогесу, і було частиною втілення концепції розвитку Запоріжжя в бік річки Дніпро та на її правий берег. Нині квартал, на якому розташовується пам’ятка архітектури входить в межі історичного ареалу «Соціалістичне Запоріжжя» та зон охорони пам’яток.

Квартал № 2 мав стати «кварталом – комуною», над його проектом під безпосереднім керівництвом В. Весніна працювали Г. Орлов, О. Яфа, В. Летавін, К. Князєв і С. Масліх.

Основним елементом кварталу мав стати комплекс безпосередньо «будинку-комуни», який займав половину кварталу з боку вулиці Добролюбова. Він складався з житлових корпусів, клубу-їдальні, будівель ясел і дитячого садка. Два житлові корпуси, запроектовані архітектором К. Князєвим, розташовувались паралельно вул. Добролюбова, були триповерховими, мали наскрізні коридори на всіх поверхах. На першому поверсі кожної секції розміщувалися великі кімнати загального користування, вище над ними – двосвітні зали. Житлові осередки були запроектовані у вигляді одно- і двокімнатних квартир. Між житловими секціями розташовувалася будівля клубу – їдальні, з якою за проектом житлові корпуси мали з'єднуватися за допомогою теплих переходів, влаштованих на рівні другого поверху. Переходи між корпусами розглядалися як зовнішня ознака нового житла. Передбачалось що харчуватись та проводити культурне дозвілля мешканці будинку-комуни будуть саме в клубі – їдальні.

Клуб-їдальня, був споруджений за проектом архітектора С. Масліх, він проектувався як повнофункціональний комплекс для культурного дозвілля, масового спілкування, професійних заходів в першу чергу для мешканців будинку-комуни, проте, судячи з усього, відразу після закінчення зведення, його роль була дещо переглянута. Тепер він мав стати культурним центром не тільки будинку-комуни, а всього другого та навіть прилеглих кварталів. Мабуть в тому числі через це від зведення теплих переходів між клубом-їдальнею та корпусами будинку-комуни відмовились, хоча прорізи для цих переходів в бокових фасадах будинку-комуни вже були зроблені згідно проекту.

Первісно будівля триповерхова, на підвалі, головний фасад симетричний, центральноосовий, втім без яскраво вираженого акцентування центральної вісі, але центральна частина головного фасаду загалом акцентована великим криволінійним еркером на рівні другого поверху, який спирається на 6 тонких циліндричних колон. Бокові частини головного фасаду (по боках від еркеру) вирішені у вигляді крупних відкритих площин без перфорації вікнами. Будівля первісно мала значну кількість великих просторів – це і відкриті тераси: біля головного входу під еркером, на еркері, на лоджіях другого та третього поверхів з боку дворового фасаду, і велика зала на другому поверсі, яка мала чудове наскрізне двостороннє освітлення через фактично стрічкове скління еркеру та стіни дворового фасаду. Клубні та господарчі приміщення в основному були зосереджені в «бокових крилах» та на першому поверсі з боку дворового фасаду.

Перша істотна реконструкція будівлі відбулась невдовзі після її зведення – ще до 1941 р. велика тераса третього поверху була перекрита двоскатною покрівлею і перетворилася на внутрішній зал. В повоєнний час, під час відновлення та перебудови Запоріжжя, та зокрема Шостого селища, клуб-їдальня, як і значна кількість інших будинків Шостого селища, була реконструйована та змінила конструктивістський зовнішній вигляд на домінуючий тоді «радянський неокласицизм», з притаманними йому помпезним оформленням. Плaska покрівля над центральною частиною була замінена на двоскатну, відповідно на головному фасаді з'явився фронтон, а також по периметру будівлю охопив розвинутий вінцевий карниз. Тераса перед головним входом, під еркером, була забудована по площині випуклої частини еркеру, струмки циліндричні колони були замуровані в товщу стіни. До центральної частини дворового фасаду була прибудована глядацька зала. З часом фасади будівлі були облицьовані керамічною плиткою.

Наступна істотна реконструкція відбулась в 1968 р., коли будівля вже належала заводу «Запоріжсталь» і в ній розміщувався Палац культури металургів. По периметру до виступаючих раніше прибудованих об'ємів, було виконано П-подібну прибудову, яка завершила формування існуючої на сьогодні будівлі. Окрім цього з'явилась винесена колонада, на яку спирається навіс над головним входом в будівлю.

Висновки. В первісному вигляді Клуб-їдальня разом з двома корпусами Будинку-комуни становили яскравий приклад втілення концептуального підходу до створення замкненого комплексу житла та «соцкультпобуту», який мав стати головним елементом цілого «кварталу – комуни» Соцміста (Шостого селища) Запоріжжя, яке в свою чергу є одним з найкращих прикладів втілення конструктивістських архітектурно-містобудівних ідей створення комплексної забудови «Міста-заводу». Враховуючи чисельні перебудови, первісного об'єму,

його сприйняття як окремої будівлі, фактично втрачено. Задача відтворення його первісного образу є надзвичайно важливою задачею в контексті збереження спадщини доби конструктивізму.

Список використаних джерел

1. Історичні аерофотознімки Запоріжжя. URL: <http://history.zp.ua>
2. Матеріали до багатотомного «Зводу пам'яток історії та культури України» : Запорізька область. Київ, 2016.
3. Смоленська С. О. Архітектура авангардного модернізму в Україні. : дис. ... доктора. арх.: 18.00.01. Харків, 2017.
4. URL: <https://keramarch.ru/oxotnik-za-izrazczami.html>
5. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iIit3q80oso>
6. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=cgOMEVAcit0>
7. URL: https://www.youtube.com/watch?v=R6ppY_zsJoM
8. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=N04sfzV6w4E>
9. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WoesbCbzGk>

УДК 528.88

ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ ЯК РУШІЙНА СИЛА РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ

Головачов В. В.¹, фахівець з наземного лазерного сканування,

Горб О. І.¹, канд. техн. наук, директор ТОВ «Навігаційно-геодезичний центр»,

Сопільняк А. М.², канд. техн. наук, доц.

¹ТОВ «Навігаційно-геодезичний центр», м. Харків,

²ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій,

¹vitalii.holovachov@ngc.com.ua, ²a_gorb@ngc.com.ua,

³sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У сучасному будівництві та архітектурі все більшого значення набуває реверс-інжиніринг – відтворення цифрових моделей існуючих об'єктів для їх реконструкції, реставрації та управління. Основним викликом стає відсутність актуальної проектної документації для більшості споруд. Технології тривимірного лазерного сканування дозволяють долати ці обмеження, забезпечуючи отримання хмар точок із міліметровою точністю [8]. На основі таких даних формуються інформаційні моделі, які інтегруються у BIM та GIS [1; 2], що забезпечує перехід від традиційних креслень до цифрових двійників об'єктів.

В українському контексті ця проблема має стратегічне значення. Масштабні руйнування, спричинені війною, потребують точного документування стану будівель і споруд для подальшого відновлення [5]. Лазерне сканування виступає не лише інженерним інструментом, але й засобом збереження культурної спадщини та фіксації наслідків воєнних дій.

Мета дослідження. Метою є аналіз лазерного сканування як рушійної сили реверс-інжинірингу в будівництві та архітектурі, визначення напрямів його практичного застосування та перспектив розвитку в Україні.

Результати дослідження. Лазерне сканування дає змогу отримати вихідні дані з високим рівнем деталізації, що суттєво скорочує час обстеження об'єктів. Подальша обробка хмар точок у спеціалізованому програмному забезпеченні дозволяє формувати цифрові 3D-моделі (рис. 1), які інтегруються у CAD- та BIM-системи [7]. Це відкриває широкі можливості для:

- реконструкції історичних пам'яток і створення їх цифрових архівів;

- контролю відповідності будівельно-монтажних робіт проєктним параметрам;
- планування реконструкцій, модернізації й експлуатаційного моніторингу споруд;
- створення кадастрових моделей об’єктів нерухомості [3; 4].



Рис. 1. ХОДА (м. Харків) від хмари точок до ВІМ моделі

У світовій практиці лазерне сканування давно застосовується для моніторингу складних інфраструктурних об’єктів – мостів, тунелів, промислових будівель [8]. В Україні ця технологія активно використовується у створенні тривимірних кадастрів [2], в управлінні земельними та міськими системами [6], а також у відновленні пошкоджених війною будівель [5]. Прикладом є фіксація руйнувань у містах, сканування підземних печер Києво-Печерської лаври (рис. 2) та створення цифрової моделі Палацу Праці у Харкові (рис. 3).

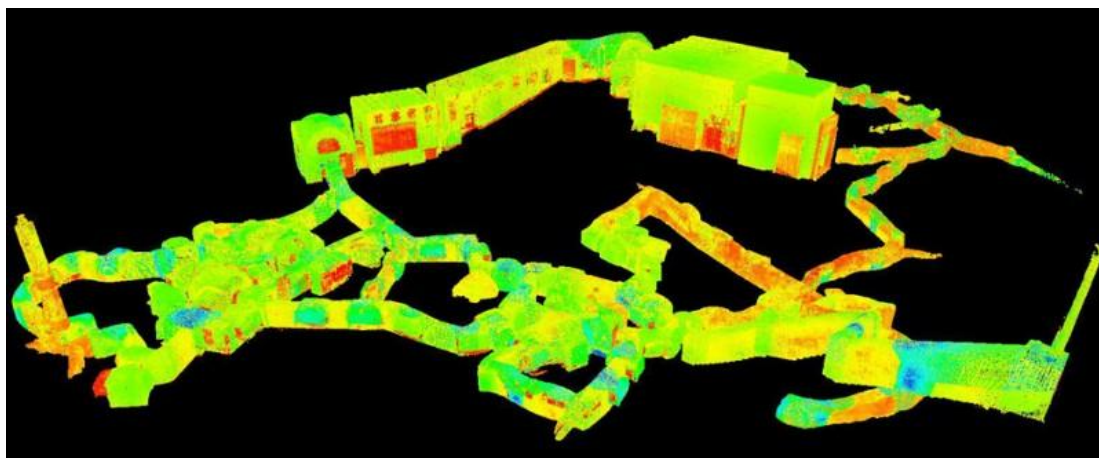


Рис. 2. Хмара точок Києво-Печерської лаври



Рис. 3. Mesh модель руйнувань Палацу праці (м. Харків)

Окремої уваги заслуговує інтеграція лазерного сканування з BIM- та GIS-моделями. У роботах [1; 6; 9] показано, що поєднання цих технологій створює базу для формування багаторівневих інформаційних систем управління містобудівними процесами. Таким чином, реверс-інжиніринг в архітектурі та будівництві виходить на рівень комплексних цифрових платформ.

Наукова новизна полягає у перенесенні концепції реверс-інжинірингу з промислового виробництва у сферу будівництва та архітектури. Лазерне сканування в цьому контексті виступає рушійною силою, яка забезпечує точність і комплексність відтворення об'єктів.

Практична значущість полягає у можливості значного зменшення витрат на обстеження, проектування та відновлення об'єктів. Цифрові двійники, створені на основі лазерного сканування, стають не лише інженерним інструментом, а й важливим ресурсом для фіксації та збереження культурної спадщини України [5].

Висновки. Лазерне сканування є ключовим драйвером реверс-інжинірингу в будівництві та архітектурі. Воно забезпечує швидке отримання даних, створення цифрових двійників, інтеграцію з BIM та GIS і відкриває нові можливості для реконструкції та модернізації об'єктів. В умовах післявоєнного відновлення України ця технологія має особливе значення, оскільки поєднує точність, ефективність і збереження культурної спадщини.

Список використаних джерел

1. Головачов В. В. Інформаційні моделі GIS та BIM в системі земельного адміністрування. *Геоінформаційне забезпечення земельного адміністрування : стан та перспективи розвитку : матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 2 квітня 2020 р.). Харків: ХНУМГ, 2020. С. 17–18.
2. Шипулін В. Д., Нестеренко С. Г., Головачов В. В., Касьянов В. В. Забезпечення збору інформації для тривимірного кадастру. *Комунальне господарство міст.* 2019. Т. 5, вип. 151. С. 60–64. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/54148/>
3. Головачов В. В. Онтологія кадастру нерухомого майна. *Новітні технології та досягнення земельного адміністрування та територіального планування : матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 6 жовтня 2022 р.). Харків : ХНУМГ, 2022. С. 7–9.
4. Мамонов К., Штерндок Е., Касьянов В., Головачов В. Геодезичне забезпечення багатоцільового кадастру нерухомості. *Automobile Roads and Road Construction.* 2024. № 116.2. С. 144–152. URL: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-116.2-144-152>
5. Holovachov V., Gorb O., Salii Y. Application of Digital Twins and Laser Scanning Technologies for Documenting War-Related Building Destruction in Ukraine. *Proceedings of the International Conference “Synergy in Terra – 2025”.* Lviv, June 12–13, 2025. Pp. 1–10. URL: <https://www.researchgate.net/publication/393045045>
6. Головачов В. В., Нестеренко С. Г. Дослідження сучасних тенденцій в геоінформатиці. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* 2025. Т. 49. С. 212–223. URL: <https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-49-212-223>
7. Tang P., Huber D., Akinci B., Lipman R., Lytle A. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques. *Automation in Construction.* 2010. Vol. 19 (7). Pp. 829–843.
8. Beraldin J.-A., Blais F., Lohr U. Laser scanning technology. In : Shan J., Toth C.K. (Eds.) *Topographic Laser Ranging and Scanning.* CRC Press, 2018.
9. Leica Geosystems. Hexagon Digital Twin Report 2023. [Електр. ресурс]. URL: <https://leica-geosystems.com>

УДК 355.45:625.1

ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ ІЗ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ В ХОДІ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Ємельянов С. О.*Кафедра військової підготовки спеціалістів**Державної спеціальної служби транспорту**Українського державного університету науки і технологій*s.o.emelyanov@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Організація логістичного забезпечення Збройних сил України та інших складових сил оборони під час виконання завдань захисту держави є одним із найважливіших аспектів підтримання обороноздатності країни. Воно здійснюється з метою забезпечення потреб військових частин (підрозділів) в озброєнні та військовій техніці, спеціальній техніці, матеріальних засобах, послугах та створення сприятливих умов для проведення операцій та бойових дій. Мета логістичного забезпечення досягається своєчасним, з мінімальними витратами, постачанням необхідних конкретному підрозділу озброєння та військової техніки, матеріально-технічного забезпечення та послуг відповідної якості і відповідної кількості у визначене місце та визначений час для якісного та вчасного виконання поставлених завдань [1]. В умовах війни залізничний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні переміщення військ, озброєння, техніки та матеріальних засобів. Масштабні руйнування залізничної інфраструктури внаслідок бойових дій зумовлюють необхідність оперативного відновлення колій, мостів та споруд силами Державної спеціальної служби транспорту.

Мета дослідження. Визначити особливості виконання завдань колійними підрозділами Державної спеціальної служби транспорту Міністерства оборони України під час відновлення залізничних шляхів у районах бойових дій та після деокупації територій.

Результати дослідження. Відновлення залізниць є важливою частиною транспортного забезпечення операцій. Воно включає: технічну розвідку залізниць; розмінування відновлюваних напрямків (ділянок); дегазацію, дезактивацію об'єктів і розчищення їх від завалів; відновлення зруйнованих залізничних споруд по старій осі або будівництво залізничних обходів сильно зруйнованих і заражених об'єктів; передачу відновлених об'єктів і ділянок експлуатаційним органам [2]. Військовослужбовці колійних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту протягом лютого-березня 2023 року відновлювали залізничну транспортну інфраструктуру Одеської залізниці на території деокупованої Миколаївської та Херсонської областей. Умови проведення відновлення були небезпечними та пов'язаними із суворим дотриманням усіх заходів маскування та безпеки застосування військ. У місці ведення бойових дій з ворогом залізничне полотно було зруйновано на 70 %, що становило близько 150 місць розривів та пошкоджень верхньої будови колії. Прямі попадання снарядів та осколків вирвали місцями по 1,5–2 метри залізничних колій, що вимагало локального відновлення. Незважаючи на складні обставини, колійники забезпечили відновлення понад **370 км** залізничних шляхів, у тому числі перегонів:

Миколаїв – Снігурівка (55 км);

Херсон – Снігурівка (50 км);

Апостолове – Снігурівка (107 км);

Херсон – Херсон порт (10 км).

Під час виконання робіт були прийняті конструктивні рішення відповідно до типових проектів, з урахуванням місцевих умов і вимог безпеки. Завдяки збереженню непошкоджених ділянок полотна вдалося досягти значної економії ресурсів і скоротити терміни відновлення.

Висновки. Досвід роботи підрозділів Державної спеціальної служби транспорту свідчить про високий рівень підготовки та здатність ефективно виконувати завдання з відновлення критичної інфраструктури навіть у прифронтових умовах. Розвиток інженерних спроможностей Державної спеціальної служби транспорту та вдосконалення нормативно-

правового забезпечення відновлювальних робіт сприятимуть підвищенню мобільності та стійкості транспортної системи України в умовах воєнного стану.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Тимчасової настанови з логістичного забезпечення Державної спеціальної служби транспорту : наказ Голови Адміністрації Державної спеціальної служби транспорту від 08.05.2023 р. № 122.
2. Радкевич А. В., Северин О. П., Баб'як М. О. та ін. Відновлення залізниць : навч. посіб. Дніпро : ДНУЗТ, 2016. 272 с.

УДК 628.4.047

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ 3D ДРУКУ В РАМКАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Кришук Д. С.¹, аспір., Сопільняк А. М.², канд. техн. наук, доц.
Київський національний університет будівництва і архітектури
kryshchuk_ds-2024@knuba.edu.ua, sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зі зростанням популярності технологій адитивного виробництва постійно збільшується обсяг полімерних відходів від 3D-друку. Значна частина таких відходів (зокрема, PLA, ABS, PETG, нейлон) не підлягає природному розкладанню й потрапляє на полігони твердих побутових відходів. Нині лише 10–15 % полімерів, що застосовуються у 3D-друці, переробляються повторно, що суперечить принципам циркулярної економіки та сталого розвитку. Тому актуальним завданням є розроблення технологічних рішень для збору, сортування й переробки пластикових відходів з метою їх повторного використання у виробництві нових матеріалів.

Мета дослідження. Переробка відходів 3D-друку є одним із ключових напрямів розвитку сучасної ресурсоефективної промисловості. Матеріали, що використовуються в адитивних технологіях, зокрема PLA, ABS та PETG, характеризуються високими технологічними властивостями, термопластичністю та можливістю багаторазового відновлення без істотного погіршення якості. Вторинна переробка таких полімерів сприяє формуванню замкнених циклів використання матеріалів, зменшенню кількості відходів і скороченню викидів вуглецю. Основна увага у дослідженні приділена механічним і хімічним методам відновлення полімерної сировини, що забезпечують збереження міцності, еластичності та стабільності геометрії філаменту. Процеси сушіння, подрібнення й екструзії дозволяють отримувати новий матеріал із мінімальними втратами властивостей. Дослідження спрямоване на оцінку ефективності цих процесів, визначення фізико-механічних характеристик вторинних полімерів і можливостей їх застосування для повторного 3D-друку елементів конструкцій, прототипів та навчальних моделей у межах концепції циркулярної економіки [1–2].

Результати дослідження. У роботі проаналізовано три основні підходи до утилізації полімерних відходів 3D-друку: механічний, хімічний та комбінований.

Механічний метод полягає у подрібненні залишків, сушінні, екструзії та повторному формуванні нитки філаменту. Такий спосіб дозволяє зберегти до 80–90 % початкових фізико-механічних властивостей матеріалу, однак потребує суворого контролю вологості та температури. Хімічна переробка ґрунтується на розчиненні полімерів у спеціальних реагентах із подальшим очищенням і осадженням, що забезпечує відновлення структури матеріалу, але потребує додаткових енерговитрат та дотримання безпечних умов. Комбінований підхід поєднує механічне подрібнення з хімічним очищенням, підвищуючи якість вторинної сировини.

Найбільш поширеним є механічний спосіб, що включає подрібнення, сушіння, фільтрацію та повторну екструзію відходів. Отриманий філамент зберігає до 85–90 % початкових характеристик і може використовуватися для друку прототипів, навчальних або

декоративних елементів. Для PLA-пластику така технологія виявилася найефективнішою, оскільки матеріал добре переносить повторне плавлення та формування [3–4].

Дослідження показали, що якість отриманого вторинного філаменту значною мірою залежить від чистоти сировини, рівномірності подрібнення та стабільності температурного режиму під час екструзії. Для забезпечення оптимальної якості рекомендується попереднє сортування відходів за типом полімеру, а також видалення домішок, що можуть впливати на адгезію шарів під час друку. У багатьох дослідницьких проєктах застосовується змішування вторинного пластику з первинним у співвідношенні 30/70 або 50/50, що дозволяє відновити механічну міцність і стабільність матеріалу при збереженні економічної вигоди процесу.

Найактивніше такі технології впроваджуються в країнах Європейського Союзу, США та Японії, де діють локальні центри збору і переробки пластикових залишків для повторного використання у навчальних і дослідницьких закладах. В Україні подібна практика лише формується, проте має значний потенціал у межах університетських хабів, інноваційних стартапів і малих виробничих підприємств. Короткий огляд фізико-механічних властивостей вторинних полімерів, отриманих після переробки, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні характеристики первинних і перероблених полімерів для 3D-друку

Матеріал	Стан	Міцність на розтяг, МПа	Температура розм'якшення, °C
PLA	Первинний	60-65	55–60
PLA	Перероблений	50-55	52–57
ABS	Первинний	42-46	95–105
ABS	Перероблений	40-43	93–100
PETG	Суміш (70/30 з PLA)	48-50	80–85

Примітка: показники є середніми за результатами експериментальних і довідкових даних

Висновки. Переробка полімерних відходів 3D-друку є перспективним напрямом розвитку циркулярної економіки та зменшення екологічного навантаження на довкілля. Проведений аналіз показав, що найбільш ефективними способами відновлення полімерної сировини є механічна та комбінована переробка, які забезпечують збереження до 90 % основних фізико-механічних властивостей матеріалів. Хімічні методи дають змогу отримувати сировину, близьку за якістю до первинної, однак вимагають більш складного обладнання та додаткових енерговитрат.

Використання вторинних матеріалів у 3D-друці сприяє раціональному використанню ресурсів, зниженню кількості пластикових відходів і формуванню замкнених циклів виробництва. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення технологій очищення полімерів, стандартизацію процесів повторної екструзії та створення локальних систем збору відходів для їх подальшої переробки у навчальних і виробничих лабораторіях.

Список використаних джерел

1. Zander N. E., Gillan M., Burckhard Z., Gardea F. Recycled polymer feedstocks for 3D printing of thermoplastic materials. *Additive Manufacturing*. 2018. Vol. 21. Pp. 34–41.
2. Cruz Sanchez F. A., Boudaoud H., Camargo M., Pearce J. M. Plastic recycling in additive manufacturing : a systematic literature review and opportunities for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 257. Pp. 120–149.
3. Woern A. L., Byard D. J., Oakley R. B. Fused Filament Fabrication 3D Printing Using Recycled Materials. *Resources, Conservation & Recycling*. 2018. Vol. 128. Pp. 37–44.
4. European Commission. A new Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe. Brussels : European Union, 2020. [Електронний ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/>

УДК 624.05

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕТОННОГО 3D-ДРУКУ У ШВИДКОМУ ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ РУЙНУВАНЬ

Сіренко К. О.¹, аспір., Курбатова А. А.², студ.

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹sirenok.kyrylo@365.pdaba.edu.ua, ²22102-pcb.kurbatova@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У сучасних реаліях, коли міста України зазнають систематичних ракетних обстрілів та атак безпілотних літальних апаратів, проблема руйнування житлової, соціальної та критичної інфраструктури стоїть як ніколи гостро.

Мета дослідження. Масштаби пошкоджень вимагають нетрадиційних та високоефективних підходів до відновлення. Технологія адитивного виробництва, а саме будівельний 3D-друк бетоном, є революційним рішенням, здатним кардинально змінити парадигму повоєнного та посткризового відновлення. Ця технологія дозволяє в найкоротші терміни зводити та ремонтувати конструкції, мінімізуючи при цьому витрати та людський фактор, що є критично важливим в умовах дефіциту ресурсів та підвищених ризиків. У цих тезах розглядаються ключові переваги, технологічні виклики та перспективи застосування 3D-друку для оперативного відновлення пошкоджених будівель.

Результати дослідження. Ключові переваги технології 3D-друку у відновленні:

- Застосування будівельного 3D-друку відкриває низку стратегічних переваг перед традиційними методами будівництва, особливо в контексті швидкого відновлення.
- Феноменальна швидкість будівництва: Це найзначніша перевага. Будівельний 3D-принтер здатний зводити несучі стіни та перегородки стандартного одноповерхового будинку площею 60–80 м² лише за 24–48 годин безперервної роботи. Це дозволяє скоротити загальний цикл будівельних робіт з кількох місяців до кількох тижнів. Така швидкість має вирішальне значення для якнайшвидшого забезпечення житлом людей, які втратили свої домівки, та для відновлення соціальної інфраструктури (шкіл, лікарень).



Рис. 1. Друк на 3D принтері



Рис. 2. Перший в Україні приватний 3D-будинок для м. Ірпінь, Київська область

Економія ресурсів полягає в тому що, друк є високо автоматизованим і вимагає мінімального втручання людини (2–3 оператори для контролю процесу), що знижує залежність від кваліфікованих будівельних бригад, яких може не вистачати у повоєнний період. Економія полягає і в матеріальних ресурсах: адитивна технологія передбачає пошарове нанесення матеріалу тільки там, де це передбачено цифровою моделлю. Це практично унеможливує будівельні відходи (обрізки, опалубка), що призводить до економії матеріалів до 30–40 % порівняно з традиційними методами.

Незважаючи на очевидні переваги, для масового впровадження 3D-друку в процес відновлення необхідно вирішити низку технологічних завдань.

1. Інтеграція з існуючими конструкціями: Основна складність під час відновлення – це не будівництво з нуля, а з'єднання нових, надрукованих елементів, з уцілілими частинами будівлі. Для цього потрібні:

- Розробка спеціалізованих бетонних сумішей: Необхідні суміші з підвищеною адгезією (зчепленням) до старих матеріалів (цегла, старий бетон, шлакоблок), швидким набором міцності та мінімальною усадкою.
- Технології з'єднання: Необхідно відпрацювати методи армування та анкерування надрукованих стін до існуючих фундаментів та перекриттів для забезпечення монолітності та структурної цілісності всієї будівлі.

2. Армування друкованих конструкцій: Для відповідності будівельним нормам та забезпечення несучої здатності, бетонні конструкції мають бути армовані. У 3D-друці це залишається одним із головних викликів. Існуючі підходи включають:

- Ручне укладання арматури: Встановлення вертикальних та горизонтальних арматурних стержнів у порожнини, що залишаються в процесі друку, з подальшим їх заповненням бетоном. Це найпоширеніший, але й найбільш трудомісткий метод.
- Використання фібробетону: Додавання в бетонну суміш армуючих волокон (сталевих, полімерних, базальтових). Однак це створює невизначеність у розрахунках через хаотичну орієнтацію волокон у матриці бетону.
- Інтегроване армування: Найбільш перспективний метод, при якому тонкий армуючий трос або дріт зі сталі чи вуглеволокна укладається безпосередньо друкуючою голівкою одночасно з нанесенням шару бетону. Це дозволяє автоматизувати процес та розміщувати арматуру точно в зонах розтягуючих напружень.

Висновки. Будівельний 3D-друк бетоном є не просто інноваційною технологією, а стратегічно важливим інструментом для швидкого та ефективного відновлення інфраструктури України, що постраждала від воєнних дій.

Подолання існуючих технологічних викликів, таких як розробка методів безшовної інтеграції з пошкодженими будівлями та повна автоматизація процесу армування, дозволить розкрити весь потенціал цієї технології. Інвестиції в наукові дослідження в цій галузі, створення національних стандартів для 3D-друкованого будівництва та підготовка відповідних фахівців мають стати одним із пріоритетів державної програми відновлення. Впровадження 3D-друку дозволить не просто «залатати дірки», а збудувати нове, більш сучасне, безпечне та технологічне майбутнє для України.

Список використаних джерел

1. 3D-друк – майбутнє будівництва? 3D PRINTER. URL: <https://www.3dprinter.ua/3d-druk-majbutnye-budivnycztva/>
2. Кейси та приклади використання 3D друку. 3D Way. URL: <https://3dway.com.ua/blog/3d-printing-use-cases>
3. Скорочення витрат, економія часу та зменшення відходів : чи може 3D-друк змінити архітектуру житлових будинків? Pragmatika.Media. URL: <https://pragmatika.media/skorochennia-vytrat-ekonomiia-chasu-ta-zmenshennia-vidkhodiv-chy-mozhe-3d-druk-zminyty-arkhitekturu-zhytlovykh-budynkiv/>

УДК 691.7:791.22

ВИКОРИСТАННЯ BIM І VR ДЛЯ РОЗРОБКИ ВИСОКОТОЧНИХ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

Сопільняк А. М.¹, канд. техн. наук, доц., Смирнов А. С.², канд. техн. наук,
Погоріла Д. Є.³, студ.

¹⁻³ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій

¹sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ²smyrnov.anton@pdaba.edu.ua, ³diananikit10@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку будівельної галузі свідчать про потребу у швидкому впровадженні інноваційних цифрових технологій. В Україні, на відміну від міжнародної практики, спостерігається суттєве відставання у використанні VR та BIM, особливо у сфері освітньої інфраструктури.

Незважаючи на глобальні досягнення, в Україні, на жаль, спостерігається суттєве відставання у повноцінному та масовому використанні цих передових технологій, особливо в контексті державних та комунальних об'єктів, зокрема у сфері освітньої інфраструктури. Міжнародна практика вже давно довела економічну доцільність та технічну перевагу BIM та VR -підходу, який дозволяє створювати єдину, злагоджену цифрову модель об'єкта, інтегруючи архітектурні, конструктивні та інженерні дані.

У цьому контексті важливу роль відіграє діяльність УДУНТ ННІ ПДАБА, який посідає провідні позиції у підготовці фахівців будівельної галузі та реалізує низку науково-дослідних і практичних ініціатив. Використання сучасного обладнання для 3D-сканування вже довело свою ефективність під час створення цифрових моделей історичних та освітніх об'єктів, що може слугувати базою для подальшої інтеграції VR у BIM-технології.

Мета дослідження. Основна мета роботи полягає у поєднанні можливостей BIM-моделювання та технологій віртуальної реальності (VR) для створення високоточних цифрових двійників будівель.

Особливий акцент робиться на використанні даних лазерного сканування, які обробляються у спеціалізованому програмному забезпеченні, зокрема Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS, та трансформуються у детальні параметричні BIM-моделі (у програмному комплексі Revit), а згодом – у деталізовані VR-моделі. Це дозволяє вирішувати як практичні завдання аналізу технічного стану будівель, планування реставрацій чи реновацій, так і освітні, забезпечення інтерактивного навчання студентів із застосуванням новітніх цифрових технологій [1–4].

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети перед дослідженням ставляться такі ключові задачі:

1. Розробка методології інтеграції даних Scan-to-BIM: розробити ефективну методологію інтеграції даних, отриманих за допомогою лазерного сканування хмар точок, безпосередньо в середовище BIM-моделювання. Це включає деталізацію процесів обробки та реєстрації сирих даних у Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS для забезпечення їхньої максимальної точності та повноти.

2. Трансформація в параметричні BIM-моделі: здійснити трансформацію оброблених даних хмар точок у параметричні BIM-моделі з використанням Autodesk Revit. Визначити оптимальні підходи до моделювання архітектурних елементів на основі скан-даних із дотриманням необхідного рівня деталізації.

3. Створення деталізованих VR-моделей: створити деталізовані VR-моделі на основі розроблених BIM-моделей, забезпечивши високу якість візуалізації та реалістичність взаємодії з цифровим двійником, оптимізуючи модель для роботи у VR-середовищах.

4. Практичне застосування цифрових двійників для вирішення конкретних інженерних і архітектурних завдань, а саме:

- аналіз технічного стану та моніторинг деформацій і пошкоджень об'єктів.
- планування та симуляція реставраційних або реноваційних робіт до початку фізичних втручань.

5. Впровадження освітнього компоненту: впровадити освітній компонент шляхом використання розроблених VR-моделей як інтерактивного навчального інструменту для практичного, наочного навчання студентів та школярів із застосуванням новітніх цифрових технологій (рис. 1).

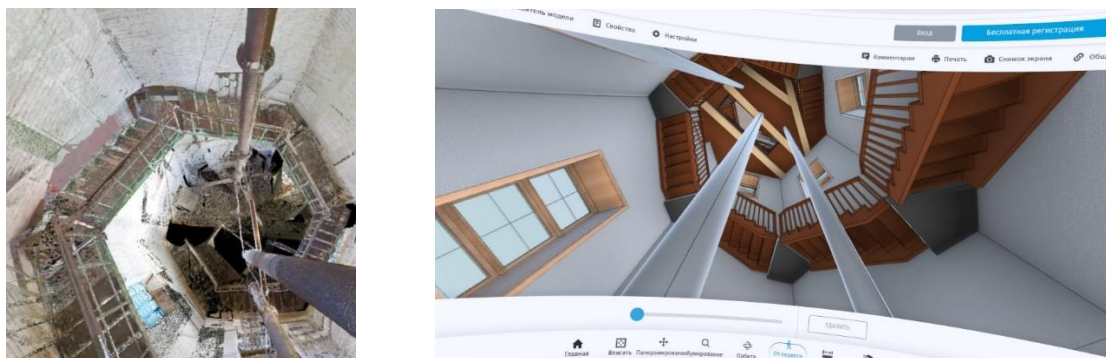


Рис. 1. Хмара точок (праворуч) та 3D модель в VR середовищі (ліворуч) всередині водонапірної вежі

Висновки. Участь студентів УДУНТ ННІ ПДАБА у проєкті з 3D-сканування надала можливість отримати цінний практичний досвід роботи з інноваційними технологіями цифрової фіксації об'єктів. У процесі виконання завдань було опановано як технічні, так і організаційні етапи – від налаштування обладнання та вибору оптимальних точок знімання до контролю точності та повноти зібраних даних. Учасники успішно вирішили низку практичних викликів, зокрема пов'язаних із реєстрацією хмар точок, що дозволило сформуванню ефективного та збалансованого ритму роботи.

Залучення студентів до 3D-сканування історичних та архітектурних об'єктів стало важливим кроком у напрямі розвитку компетенцій з цифрової реставрації та збереження культурної спадщини. Опанування сучасних технологій – лазерних сканерів, VR-середовищ та програмних інструментів – поєдналося з формуванням відповідального підходу до фіксації цінних об'єктів. Цей досвід сприяв розвитку навичок критичного аналізу просторових даних, а також інтеграції інженерних знань з архітектурно-мистецьким баченням.

Особливо важливим результатом стало розуміння впливу особливостей об'єкта (форми, матеріалу, умов освітлення) на вибір методології сканування та подальшу обробку даних. Студенти здобули практичні навички калібрування обладнання, реєстрації та зведення хмар точок з різних позицій, постобробки та візуалізації 3D-моделей.

Отримані напрацювання створюють міцне підґрунтя для використання детальних цифрових моделей у наукових дослідженнях, проєктуванні, реставрації та містобудуванні. Проєкт не лише збагатив учасників професійними компетентностями, а й стимулював подальші дослідження та впровадження 3D-технологій для вирішення актуальних завдань у сфері збереження культурної спадщини та розвитку сучасного міського середовища.

Список використаних джерел

1. Лазерне сканування у 4 етапи : від 3D сканування до отримання результатів. URL: <https://leica-geosystems.com.ua/4-etapa-ot-lasernogo-3d-skanirovaniya-k-resultatu>
2. Фандієй А., Сопільняк А., Шабанова К. 3D-сканування як сучасний інструмент архітектора. *Інженер третього тисячоліття : матер. міжнар. студ. наук. конф.* Дніпро : УДУНТ, 2024. С. 29–31.
4. Слупська Я., Шкурєнко О. Застосування віртуальної реальності (VR) у освіті. *Молодий вчений*. 2022. № 9 (109). С. 82–88. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-9-109-19>

UDC 624.042.7:534.2

BAND GAPS IN SEISMIC METAMATERIALS : TWO-LAYER UNIT CELL AND DESIGN MAPS

Danishevskyy V.¹, Dkio Sc. (Tech.), Prof., **Kuchyn I.²**, PhD Stud., **Bezverkhyy D.³**, PhD Stud.
SEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”

of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹vladyslav.danishevskyy@pdaba.edu.ua, ²illiakuchyn@gmail.com, ³bezup.inc@gmail.com

Problem Statement. Current work on vibration mitigation converges on passive, geometry-driven layouts that shape low-frequency soil–structure response. Periodic elastic–inertial arrays with simple inclusions can open non-propagating intervals without heavy add-ons. Field experiments report redirection and attenuation of Rayleigh waves by periodic subsurface patterns [1]. Strong-motion records and microtremor spectra on soft ground repeatedly cluster energy near the fundamental soil – structure band – on the order of a few hertz – where serviceability limits are set, subtly steering design toward placing a robust gap without impractical scale. Yet early design remains under-specified: concise guidance is missing on how unit-cell contrasts, lattice period, and boundary compliance set gap location, width, and credible insertion loss in finite arrays with loss and variability. The task is a readable basis for first choices that maps measurable parameters to stable performance, leaving site-specific modelling to later stages.

The Purpose of the Research. To provide a compact, early-stage path for shaping low-frequency stop bands in periodic elastic–inertial media relevant to soil – structure systems. A simple 2D description is used: a repeating inclusion-based unit cell to read wave behaviour, and a finite plate assembled from such cells to translate that behaviour into expected reduction for short arrays. The deliverable is a set of design-oriented materials that locate the non-propagating interval within the fundamental window, reveal motion patterns that explain the effect, and summarise attainable mitigation under modest damping, base flexibility, and parameter scatter. Recent studies on resonant metasurfaces and seismic metamaterials indicate that periodic layouts can reorganise surface-wave fields and motivate concise guidance at concept stage [2–3].

Research Results. A two-layer periodic lattice was analysed in 2D. Each unit cell is a 2.75×2.75 m square with a concentric 1.945×1.945 m inclusion. Layers are rigidly bonded through thickness: an inner high-stiffness, high-density metallic core and an outer soft, nearly incompressible polymer gel; the lateral lead-in/lead-out domains use the same gel to minimise reflections. Material orders are representative: metal $E \approx 2.05 \times 10^{11}$ Pa, $\nu \approx 0.28$, $\rho \approx 7850$ kg/m³; gel $E \approx 1 \times 10^5$ Pa, $\nu \approx 0.49$, $\rho \approx 1100$ kg/m³.

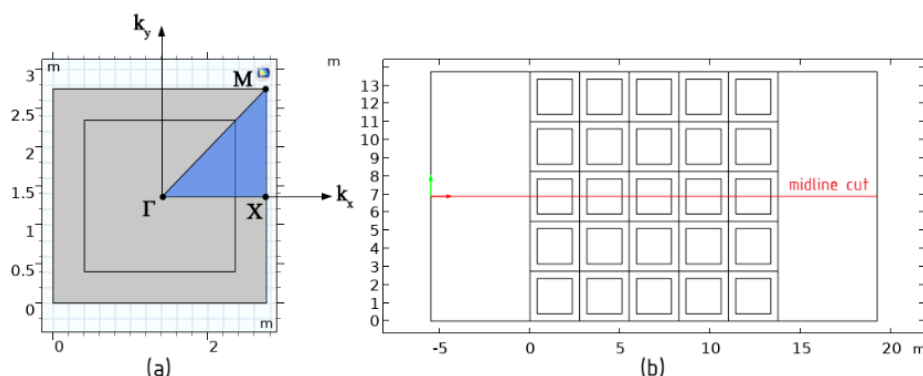


Fig. 1. (a) Unit cell with a central inclusion; metallic core inside, polymer gel outside; inset shows the Γ – X – M – Γ k -path. (b) Finite 5×5 lattice bracketed by gel lead-in/lead-out; the red line is the midline cut used for profiles

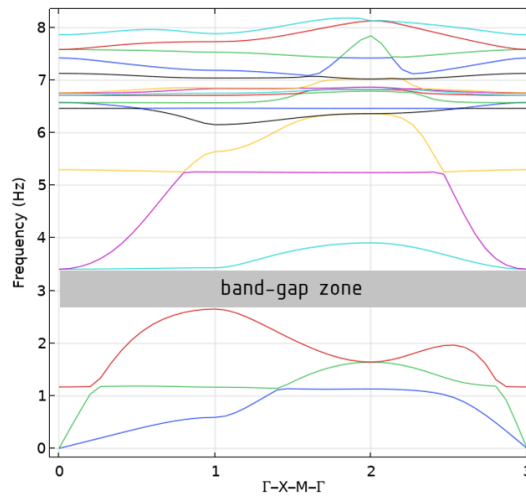


Fig. 2. Unit-cell band diagram (Γ -X-M- Γ). Primary stop band near 3 Hz (shaded)

Single-cell dispersion was computed with Bloch periodicity along Γ -X-M- Γ ; a primary stop band appears at 2.65–3.43 Hz and serves as the reference for finite-array checks. Time-domain simulations on a 5×5 lattice used a smooth band-limited drive on the left lead-in and a low-reflecting boundary on the right lead-out. Midline profiles and boundary averages show strong decay within the predicted gap and transport in the adjacent pass region.

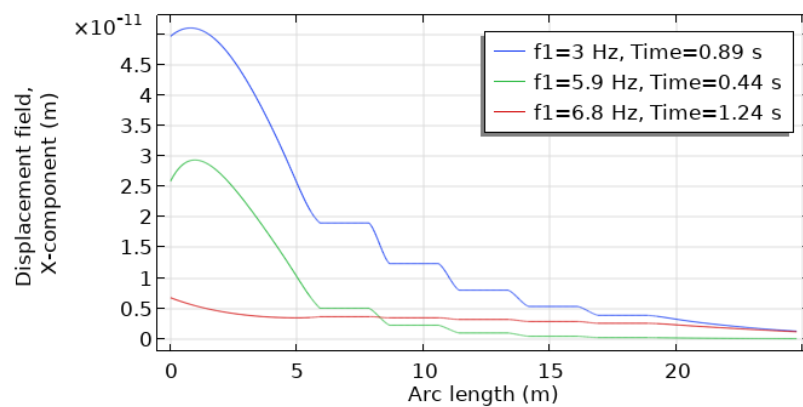


Fig. 3. Finite-lattice transmission. Midline $u_x(x)$ at peak-arrival time for 3, 5.9, and 6.8 Hz; strong decay in the gap and comparatively flat response in the pass band

Conclusions. Unit-cell Bloch–Floquet analysis predicts a low-frequency stop band near 3 Hz. Time-domain tests on the 5×5 lattice corroborate suppression at 3 Hz (and reduced passage near 5.9 Hz) with clear transmission at 6.8 Hz. The agreement supports using single-cell dispersion for early sizing and tuning of finite lattices.

References

1. Brûlé S., Javelaud E. H., Enoch S. and Guenneau S. Experiments on seismic metamaterials : Molding surface waves. *Physical Review Letters*. 2014, vol. 112 (13), p. 133901. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.133901>
2. Colquitt D. J., Colombi A., Craster R. V., Roux P. and Guenneau S. Seismic metasurfaces : Sub-wavelength resonators and Rayleigh wave interaction. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2016, vol. 99, pp. 379–393. DOI: 10.1016/j.jmps.2016.12.004.
3. Brûlé S. and Guenneau. Past, present and future of seismic metamaterials. *Comptes Rendus Physique*. 2020, vol. 21 (7–8), pp. 767–785. DOI: 10.5802/crphys.39.

UDC 534.83

SOUND TRANSMISSION LOSS OF AN ECO-WALL WITH CLT
AND STRAW INSULATION

Shekhorkina S.¹, Dr. Sc., Prof., Bezverkhyi D.², PhD Stud., Kuchyn I.³, PhD Stud.
SEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies
svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, bezup.inc@gmail.com, Illiakuchyn@gmail.com

Problem Statement. Ensuring acoustic comfort is a critical design component for rehabilitation facilities, particularly those serving veterans and civilians recovering from the trauma of military conflict. A quiet, calm environment is essential for effective physical and psychological restoration, with sanitary norms targeting indoor noise levels around 30–35 dBA [1]. In modern Ukraine, this requirement faces a significant challenge from a new external noise source: the widespread use of diesel generators during power outages. These generators can produce sound levels of 75–85 dBA at a distance of 1 m, equivalent to heavy traffic noise. Without specialized soundproofing, this noise will penetrate indoor spaces, violating sanitary standards and disrupting the healing process. The core problem, therefore, is to determine whether the proposed ecological, multi-layered wall structure can sufficiently attenuate the noise from a diesel generator to meet the strict, permissible levels required within the rehabilitation center's therapeutic spaces [2].

The Purpose of the Research. The purpose of this research is to evaluate the effectiveness of the multi-layered external wall of the rehabilitation center in insulating against external noise, particularly from diesel generators during power outages. The analysis is performed in the octave band range of 63–4000 Hz for rooms with high requirements for quietness, such as bedrooms and medical areas. The key objectives are to compare two analytical approaches: a normative calculation of the airborne sound insulation index according to regulatory requirements, and a numerical simulation of the wall's cross-section in COMSOL [3]. The study aims to establish the convergence of the results from both methods and to confirm whether the wall's design is sufficient to achieve the normative indoor noise levels required for a therapeutic environment.

Research Results. The analysis yielded detailed results from two distinct methods, both confirming the wall's high performance. The first approach, a normative calculation based on Ukrainian standards and the total surface mass of the assembly (84 kg/m²), predicted a weighted sound reduction index of approximately 47 dB. This single-value metric indicates that the wall's overall performance significantly exceeds the minimum requirement of ~35 dB needed to insulate against typical generator noise, providing a substantial margin of safety.

The research results confirm the high acoustic efficacy of the proposed wall system, which is composed of several layers with distinct physical properties as detailed in Table 1.

Table 1

Physical and Mechanical Properties of Wall System Components

Layer	Material	Thickness (m)	Density (ρ, kg/m ³)	Surface Mass (kg/m ²)	Young's Modulus (E, GPa)
1	CLT Panel	0.10	500	50	10
2	Straw Mat Insulation	0.20	100	20	0.05–0.1
3	Exterior Wood Cladding	0.02	500	10	11
4	Interior MDF Panel	0.016	750	12	4

The numerical simulation in COMSOL provided a more granular, frequency-dependent analysis that validated and expanded upon the normative calculation. In the low-frequency range (250–500 Hz), the Sound Transmission Loss (TL) steadily increased from approximately 50 dB to 55 dB, a behavior consistent with the mass law where the sheer weight of the assembly is the

primary factor. As frequencies increased into the mid-range (500-2000 Hz), performance improved dramatically, with the TL climbing into the 55–90 dB range. This significant increase is characteristic of a well-designed mass-spring-mass system, where the thick straw [5] insulation effectively decouples the inner and outer panels. At high frequencies (2–5 kHz), the theoretical TL reached exceptionally high values, exceeding 100 dB [4].

The strong agreement between the normative calculation and the simulation's performance provides high confidence in the design. In practical terms, these results demonstrate that the wall can reduce an external noise level of 65 dBA to an internal level of approximately 30–33 dBA, achieving the target for quiet therapeutic environments. This is contingent upon controlling flanking transmission through meticulous construction and hermetic sealing of junctions.

Conclusions. The proposed bio-composite wall system offers a high level of sound insulation, sufficient for sensitive therapeutic environments. The design successfully combines sustainable materials with superior technical performance. For successful implementation, designers must prioritize the control of flanking transmission through high-quality detailing of all structural junctions.

References

1. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. Мінрегіон України, 2014.
2. Shekhorkina S., Merylova I., Bordun M., Shestakova O. et al. Environmentally sustainable hybrid systems for modern construction. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*. June 2025.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013. Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків.
4. Kang C-W. et al. Sound Absorption Rate and Sound Transmission Loss of CLT Wall Panels. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 2019, vol. 47 (1), pp. 33–44.
5. Cascone S. et al. Laboratory and In-Situ Measurements for Thermal and Acoustic Performance of Straw Bales. *Sustainability*. 2019, no. 11 (20), p. 5592.

УДК 711.14:504.75:631.67

АНАЛІЗ СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ

Ішутіна Г. С.¹, канд. техн. наук, доц., Байрамов М. О.², студ.
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
ishutina.hanna@pdaba.edu.ua, bajramovnikita823@gmail.com

Постановка проблеми. Законодавча база України щодо біосферних заповідників включає Закон України «Про природно-заповідний фонд України» [1], який визначає їхній правовий статус, а також Рішення Ради Міністрів від 26 листопада 1993 року № 563, що затверджує перелік українських біосферних заповідників, включених до міжнародної мережі «Людина та біосфера» (UNESCO), і надає завдання щодо розробки положень та наукових напрямів досліджень для цих об'єктів.

Мета дослідження. Виконати аналіз стану організації земельних відводів об'єктів природно-заповідного фонду України.

Результати дослідження. Природно-заповідний фонд України (надалі – ПЗФ), згідно [2] станом на 01.01.2014 мав у своєму складі 8101 територію та об'єкт ПЗФ загальною (фактичною) площею 3,667 млн. га в межах сухопутної території України і 402,5 тис. га в межах акваторії Чорного моря. Відношення площі ПЗФ до площі держави («показник заповідності») становить 6,08 %.

В Україні діє 645 території та об'єкти ПЗФ загальнодержавного значення: 19 природних і 4 біосферних заповідники, 48 національних природних парків, 309 заказників, 132 пам'ятки природи, 18 ботанічних садів, 7 зоологічних парків,

19 дендрологічних парків, 89 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва. Їх загальна площа становить 2 144,49 тис. га (в межах території України), або 54,7 % від усієї фактичної площі ПЗФ і 3,55 % від площі України. Кількість територій і об'єктів ПЗФ місцевого значення становить 7 456 одиниці площею 1,8 млн га.

У таблиці 1 наведена кількість створених (оголошених) об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення та місцевого значення у Дніпропетровській області по Дніпровському, Кам'янському, Криворізькому, Нікопольському, Новомосковському, Павлоградському та Синельниківському районах. Як бачимо, найбільша кількість об'єктів природно-заповідного фонду знаходиться у Синельниківському, а найменша – у Нікопольському районі.

У Синельниківському районі загальнодержавного значення створено 6 об'єктів ПЗФ: ландшафтний заказник: «Бакаї», «Преображенський», «Дебальцевські лимани», «Мар'їн гай», «Петропавлівські лимани»; лісовий заказник: «Дібрівський». Місцевого значення – 32 об'єкта ПЗФ: ландшафтний заказник «Старовишневецький», «Урочище Хорошеве», «Річка Соломчина», «Гришаї», «Новогригорівський», «Чаплино-Васильківський», «Річка Чаплина», «Надвовчанський», «Балка Горіхова», «Балка Скелька», «Антонівський», «Сухий бичок», «Долина річки Бик», «Сухарева Балка», «Вершина», «Воронівський», «Річка Гайчур», «Б»ерезово-Вишневецький», «Старокасянівський», «Річка Янчур»; ботанічний заказник «Балка Сад»; геологічна пам'ятка природи «Скелі залізистих кварцитів на р. Вовчий»; іхтіологічний заказник «Балка Велика Осокорівка», «Балка Ворона»; ботанічна пам'ятка «Роздорський», «Балка Садова», «Зразкова лісосмуга»; пам'ятка природи садово-паркового мистецтва «Синельниківський»; лісовий заказник «Новопавлівський ліс» та «Андріївський ліс»; орнітологічний заказник «Заплави р. Самара»; ентомологічний заказник «Покровський».

Таблиця 1

Розподіл об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) загальнодержавного та місцевого значення у Дніпропетровській області

район	Об'єкти природно-заповідного фонду		
	Загальнодержавного значення	Місцевого значення	разом
Дніпровський	6	19	25
Кам'янський	6	16	22
Криворізький	5	9	14
Нікопольський	2	5	7
Новомосковський	4	29	33
Павлоградський	3	21	24
Синельниківський	6	32	38

Висновки та перспективи. В результаті аналізу стану організації земельних відводів об'єктів природно-заповідного фонду України виявлені наступні проблеми:

- відсутність делімітації і демаркації земельних відводів, недосконалість територіальної структури, відсутність належного зонування, зокрема зон з перехідними режимами господарської діяльності;
- відсутність проєкту організації території та повноцінного землевпорядкування;
- ускладнення умов практичної природоохоронної діяльності, пов'язаних з браконьєрством, особливо у межах акваторії водних об'єктів та інше.

Перелічені проблеми об'єктів природно-заповідного фонду озвучують лише частину існуючих, але практично всі вони передбачають виконання комплексу геодезичних робіт та створення топографічної основи для подальшого поетапного вирішення накопичених проблем.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про природно-заповідний фонд України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>
2. Аналіз стану природно-заповідного фонду України : інформаційно-аналітичні матеріали та пропозиції Міністерства екології та природних ресурсів України до рекомендацій слухань комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. URL: <https://pryroda.in.ua/lystopad/files/2015/02/analizpzf022015.pdf>

UDC 81'276.6:62:001.4

PEDAGOGICAL ASPECTS OF COMPILING AN EDUCATIONAL DICTIONARY OF SPECIAL TERMS

Shashkina Nataliia¹, Cand. Sc. (Philol.), Assoc. Prof., Druzhinina Liliya², Assoc. Prof., Sokolova Kateryna³, Cand. Sc. (Philos.), Assoc. Prof.

¹⁻³ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”
of the Ukrainian State University of Science and Technologies

¹shashkina.nataliia@pdaba.edu.ua, ²druzhinina.liliya@pdaba.edu.ua, ³k.v.sokolova@ust.edu.ua

Abstract. At the modern stage of human activity development, the role of its information support is significantly enhanced, and dictionaries undoubtedly play a certain role in this. A characteristic phenomenon in modern languages is the constant development and enrichment of vocabulary due to terminological lexicon, which is a consequence of progress in the fields of human activity with which this terminology is associated.

Problem Statement. As it is known, the main practical goal of teaching foreign languages in technical higher educational institutions is the ability to read and understand specialized literature. In this regard, the role of specialized terminological dictionaries is clear. Term selection is the main problem faced by compilers of terminological translation dictionaries. To compile a learner's English-Ukrainian dictionary of construction terms, it is necessary to use industry encyclopedic and general language dictionaries, encyclopedic reference books on various construction sectors, specialized monographs, and periodicals from the last decades. Thus, selection is performed in two spheres: the sphere of fixation and the sphere of functioning, which allows presenting industry terminology at the modern stage of development. The criteria for term selection are statistical (frequency, range, distribution) and lingo-methodological parameters (collocability, word-formation activity, polysemy, thematic relevance, stylistic functionality). The intensive development of science and technology, the deepening of general knowledge about the world, and the wide distribution and accessibility of mass media lead to a continuous increase in the volume of information. To understand these facts, it is necessary to quickly find the translation of a particular scientific and technical concept from various fields of knowledge. A certain role in this is assigned to the terminological dictionary. Modern lexicography develops through a deep reinterpretation of known directions. One of them is terminological lexicography.

Research Objectives. The compilation of an educational dictionary of construction terms requires systematic criteria to ensure clarity, relevance, and usability. Term selection must prioritize unambiguous meaning, thematic importance, and alignment with current industry trends. Special attention is given to pedagogical value, adapting content to the needs of students, teachers, and researchers at various academic levels. Standardization with national and international frameworks ensures consistency and reliability. The bilingual format (English – Ukrainian) demands accurate equivalents and recognition of cultural or system-specific variations. Both traditional and emerging terminology should be represented, with regular updates to reflect scientific and technological progress. Selection is based on statistical parameters (frequency, distribution) and lingo-methodological factors (collocability, polysemy). Ultimately, the dictionary serves as a vital tool in

technical education, supporting comprehension of specialized literature, knowledge transfer, and professional practice in civil engineering.

Research Results and Conclusions. When compiling a learner's term dictionary, especially of special or bilingual terms (like in construction, linguistics, or medicine), the selection of terms is crucial. Systematic value is of great importance: terms that belong to the conceptual system (e. g., foundation, wall, roof, reinforced concrete) should be preferable. Related terms that form a terminological family should be included. From the point of view of pedagogical usefulness, it is absolutely necessary to include terms that help learners understand, compare, and apply knowledge. Terms relevant in local practice (e. g., in Ukrainian/ European vs. Anglo-American construction) have to be considered. In conclusion the following criteria for inclusion should be reviewed: high frequency & importance in the field; fixed usage (not just ad-hoc word combinations); unambiguous meaning in context; difficult to translate literally → require an established equivalent. Overly long descriptive phrases are not supposed to be included (the wall of the building that bears the load). Rare or situational phrases with no stable terminological value are not suitable for a dictionary of this type. A good learners' dictionary usually has a mix: core single-word terms (beam, column); essential compounds/expressions (load-bearing wall, stress-strain curve). All these will contribute to expanding the potential vocabulary of learners (students).

References

1. Hartmann R. R. K. Teaching and Researching Lexicography. Pearson Education. 2011.
2. Scholfield P. Dictionary use in reception. *International Journal of Lexicography*. 1999, vol. 12 (1), pp. 13–34.
3. Atkins B. T. Sue and M. Rundell. The Oxford Guide to Practical Lexicography. Oxford : Oxford University Press, 2008.
4. Harper D. Online Etymology Dictionary. 2014. URL: <https://www.etymonline.com>
5. Oxford Dictionary. URL: <https://en.oxforddictionaries.com>
6. Merriam-Webster Dictionary. URL: www.merriam-webster.com/dictionary
7. Webster's Dictionary. URL: <http://www.dictionary.com/browse/webster/>

УДК 621.3

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Литвин В. І., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
vl@viliv.com.ua

Постановка проблеми. Зниження вартості технічних рішень щодо встановлення сонячних систем, а також бажання підвищити надійність електропостачання створило передумови щодо масового встановлення дахових гібридних електростанцій як на громадські будівлі так і на житлові односімейні і багатоквартирні будівлі. При цьому в багатьох випадках як підбір так і подальша експлуатація таких систем здійснюється без врахування можливостей адаптації вже існуючих систем до графіків сонячної генерації та погодинної вартості електроенергії на ринку. В роботах [1–7] розглядаються питання щодо створення розподілених систем генерації, та керування попитом. Але питання поєднання алгоритмів одночасного керування як для електро- так і для теплоенергетичних систем будівель, та вибору оптимальної конфігурації обладнання потребує додаткових досліджень. Тож розробка методології щодо вибору технічних рішень та ефективних алгоритмів керування інженерними системами та сонячними електростанціями дозволить як мінімізувати затрати споживача так і позитивно вплинути на стабільність енергосистеми в цілому.

Мета дослідження. Метою дослідження є напрацювання підходів щодо визначення оптимального поєднання інженерних систем будівлі та відновлювальних джерел енергії для мінімізації затрат на енергопостачання.

Результати дослідження. Аналіз показників роботи понад п’ятдесяти гібридних та мережевих сонячних станцій, встановлених на житлових та громадських будівлях показав, що потенціал сонячної генерації для власного використовується не в повній мірі, а в більшості випадків не використовується потенціал оптимізації системи за рахунок роботи на ринку на добу наперед. Зокрема низька вартість електричної енергії в години максимуму сонячної генерації та висока ціна в вечірні години дозволяє суттєво знизити затрати на електропостачання. В той же час аналіз потенціалу сонячної генерації в літній період вказує на можливість покриття потреби не лише в електричній енергії, а й в гарячому водопостачанні. При цьому може бути задіяна вже існуюче обладнання (ємнісні електронагрівачі) або теплові насоси з системами теплової акумуляції. Що в свою чергу створює (на ряду з інтеграцією в систему централізованого теплопостачання) передумови для виведення з енергобалансу країни значної (понад 1 000 МВт) пікової потужності, що наразі використовується для підігріву води.

Наявність на об’єкті теплоакумулюючих ємностей та гібридної сонячної електростанції в поєднанні з тепловим насосом дозволяє мінімізувати затрати на енергозабезпечення, одночасно підвищуючи надійність енергопостачання за наявності системи прогнозування потреби в енергії, вартості енергоресурсів на ринку. Відповідно будівлі за наявності належної системи керування локальними джерелами енергії та споживачами в системах мікроклімату (опалення, кондиціонування) та гарячого водопостачання в поєднанні з наявними системами теплової та електричної акумуляції можуть забезпечити не лише зниження затрат на енергозабезпечення але й позитивно вплинути на роботу електричних мереж знижуючи пікові навантаження та максимально використовуючи потенціал сонячної енергії як локальних джерел так і потужних сонячних електростанцій, підключених до мережі.

Висновки. Будівлі за наявності належної системи керування локальними джерелами енергії та споживачами в системах мікроклімату (опалення, кондиціонування) та гарячого водопостачання в поєднанні з наявними системами теплової та електричної акумуляції можуть забезпечити не лише зниження затрат на енергозабезпечення але й позитивно вплинути на роботу електричних мереж знижуючи пікові навантаження та максимально використовуючи потенціал сонячної енергії як локальних джерел так і потужних сонячних електростанцій, підключених до мережі.

Список використаних джерел

1. Агеева Т. П. Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування населення України : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.01. Київ : Ін-т заг. енергетики НАН України, 2002. 20 с. URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124022267>
2. Гребченко М. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії та керування ними. Київ : Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2023. Вип. 03056. 78 с.
3. ДСТУ ISO 50001:2014. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 42 с.
4. Ackermann T., Andersson G., Söder L. Electric Power Systems Research. 3rd ed. Sweden : Department of Electric Power Engineering. *Royal Institute of Technology, Electric Power Systems*. 2001. Vol. 57 : Distributed generation : a definition. Pp. 194–204. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779601001018>
5. M. S. Bakare et al. A comprehensive overview on demand side energy management towards smart grids : challenges, solutions, and future direction. URL: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-023-00262-7>
6. Kalogirou S. A. Solar Energy Engineering : Processes and Systems. Second Edition. Academic Press, 2014. 778 p.
7. Hernandez P., Kenny P. From net energy to zero energy buildings : Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB). *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42, iss. 10. Pp. 815–821.
8. Mendes G., Oliveira R. C., Boelman E. C., et al. Optimization of renewable energy systems in buildings : a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16, iss. 6. Pp. 4426–4435.

*ABSTRACTS
OF THE XX INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE*

**“INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION,
CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE”**

(20–21 October, 2025): conference proceedings (electronic edition)

The authors are fully responsible for the quality of content, facts, citations, proper names and other information.

ISBN: 978-617-8314-77-4

УДК 658.589:620.9:72:681.5

M 34

Abstracts of the XX International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture” (October, 20–21, 2025): edited by Kostiantyn SUKHYY, Mykola SAVYTSKYI, Yurii PROIDAK, Vladyslav DANISHEVSKYY. Dnipro : ESI PSACEA, 2025, 414 p. (e-edition)

The volume summarizes the results of research and practical applications in the following fields: theoretical foundations of civil engineering; advanced technologies, materials and structural solutions in construction; architecture, urban planning, design and fine arts; territorial planning, geodesy and land management; energy saving, renewable energy sources and energy-efficient building systems; digitalization and information technologies in construction; mechanical engineering, mechatronics and robotics; diagnostics, restoration and rehabilitation technologies for buildings and structures; technogenic safety, ecology and protection of critical infrastructure; economic and managerial aspects of post-war reconstruction and development of Ukraine. Materials are published in the original author's version. Conference languages are Ukrainian and English.

The Conference is held in the frame of the international projects Horizon Europe “ENERGENIUS” (id 101160720), Horizon 2020 “EffectFact” (id 101008140), Erasmus 2027 “The Bridge” (id 101127884), Erasmus 2027 “UKRENERGY” (id 101082898) and is dedicated to the 95th anniversary of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Conference languages – Ukrainian, English.

For professors, scholars, postgraduate students, bachelor and master students of technical specialities and humanities, as well as a wide range of readers.

Managing and Technical Editor: Director’s Advisor on Editorial Activity of ESI PSACEA, Cand. Sc., Assoc. Prof. Olena TYMOSHENKO

Design and layout by Olena TYMOSHENKO