

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES
ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING OF UKRAINE
STROITEL-P PRIVATE CONSTRUCTION AND INSTALLATION ENTERPRISE
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
STATE RESEARCH INSTITUTE OF BUILDING CONSTRUCTIONS
DNIPRO ZBK, LLC
DISTRIBUTED DATA SYSTEMS, LLC
PDABA ENERGY INNOVATION HUB
FREDERICK UNIVERSITY, SCHOOL OF ENGINEERING
WATT+VOLT S.A.
DEMO CONSULTANTS
INFORMATION TECHNOLOGIES INSTITUTE
OF THE CENTRE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY-HELLAS

ABSTRACTS
OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION
AND SMART BUILDING TECHNOLOGIES
FOR COMFORTABLE, ENERGY EFFICIENT
AND SUSTAINABLE LIFESTYLE



20–21 February 2024
Dnipro, Ukraine

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ
ПРИВАТНЕ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНЕ ПІДПРИЄМСТВО «СТРОЇТЕЛЬ-П»
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
ДП «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»
ТОВ «ДНІПРО ЗБК»
ТОВ «ДИСТРИБ'ЮТЕД ДЕЙТА СИСТЕМЗ»
ЕНЕРГО-ІННОВАЦІЙНИЙ ХАБ ПДАБА
FREDERICK UNIVERSITY, SCHOOL OF ENGINEERING
WATT+VOLT S.A.
DEMO CONSULTANTS
INFORMATION TECHNOLOGIES INSITUTE
OF THE CENTRE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY-HELLAS

***МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ***

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПАРАМЕТРІВ КОМФОРТУ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
І ЕКОЛОГІЧНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
НА ОСНОВІ СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЙ**



20–21 лютого 2024 року
Дніпро, Україна

DOI 10.30838/978-966-3232-49-2

ISBN 978-966-323-249-2

УДК 658.589:620.9:72:681.5

M 34

Editorial board: Vice-Rector of Ukrainian State University of Science and Technologies (USUST), Dr. Sc., Prof. **Mykola Savytskyi**;

Acting Rector of Ukrainian State University of Science and Technologies (USUST), Dr. Sc., Prof. **Kostiantyn Sukhyi**;

Chairman of the reorganization commission of Prydniprovaska State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Vice-Rector for Research of Prydniprovaska State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Dr. Sc. Prof., **Vladyslav Danishevskyy**;

First Vice-Rector of Ukrainian State University of Science and Technologies (USUST), Dr. Sc., Prof. **Analolii Radkevych**;

President of the Academy of Civil Engineering of Ukraine, Dr. Sc., Prof. **Ivan Nazarenko**;

Vice-Rector for Research of Ukrainian State University of Science and Technologies (USUST), Dr. Sc., Prof. **Yurii Proidak**.

Managing and Technical Editor: Rector's Advisor on Editorial Activity of PSACEA, Cand. Sc., Assoc. Prof. **Olena Tymoshenko**

Materials are published in the original author's version.

Conference abstracts of the International Scientific and Practical Conference “Innovations in construction and smart building technologies for comfortable, energy efficient and sustainable lifestyle” (20–21 February 2024): proceeding papers edited by Mykola Savytskyi, Kostiantyn Sukhyi, Vladyslav Danishevskyy, Analolii Radkevych, Ivan Nazarenko, Yurii Proidak. Dnipro: PSACEA, 2024. 189 p. (e-edition)

Conference abstracts provide the findings of research and practical application in the field of innovations in construction and smart building technologies for comfortable, energy efficient and sustainable lifestyle by scholars, representatives of education, business, government to be used for reconstruction of Ukraine (in terms of the project ‘A novel decentralized edge-enabled prescriptive and proactive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings’, sponsored by HORIZON 2020 EU programme (grant no. 958284 – PRECEPT).

Conference languages – Ukrainian, English

For professors, scholars, postgraduate students, bachelor and master students of technical specialities and humanities, as well as to a wide range of readers.

Approved for publication by Scientific Council of PSACEA (minutes no. 8 of 27.02.2024)

© Prydniprovaska State Academy of
Civil Engineering and Architecture, 2024

DOI 10.30838/978-966-3232-49-2

ISBN 978-966-323-249-2

УДК 658.589:620.9:72:681.5

М 34

Під редакцією проректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф. *Миколи Савицького*; в. о. ректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф. *Костянтина Сухого*; Голови Комісії з реорганізації ПДАБА, проректора з наукової роботи ПДАБА, докт. техн. наук, проф. *Владислава Данішевського*; першого проректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф. *Анатолія Радкевича*; президента Академії будівництва України, докт. техн. наук, проф. *Івана Назаренка*; проректора з наукової роботи УДУНТ, докт. техн. наук, проф. *Юрія Пройдака*.

Упорядник, випускаючий редактор, відповідальний за випуск :
радник ректора з видавничо-наукової роботи ПДАБА, к. т. н., доц. *Олена Тимошенко*.

Матеріали подаються в авторській редакції

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. 189 с. (електронне видання)

У збірнику тез розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду в сфері інноваційних технологій забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності та екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій серед представників освіти, науки, бізнесу і влади для використання таких технологій при відбудові України (в рамках проекту «A novel decentralized edge-enabled prescriptive and proactive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings», що фінансується Європейським Союзом за програмою HORIZON 2020 (номер гранту 958284 – PRECEPT).

Робочі мови конференції – українська, англійська.

Для викладачів, вчених, аспірантів, магістрів, бакалаврів, студентів технічних та гуманітарних факультетів, а також для широкого кола читачів.

Затверджено до видання вченою радою ПДАБА (протокол № 8 від 27.02.2024).

© Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури, 2024

TABLE OF CONTENTS

ЗМІСТ

Bordun M., Bezv M., Savytskyi M., Nevgomonnyi H. ARCHITECTURAL AND PLANNING DECISIONS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS WITH SAFETY CAPSULES.....	10
Danishevskyy Vladyslav, Bezverkhyi Dmytro CONCRETE-RUBBER LAYERED STRUCTURES FOR THE PROTECTION OF BUILDINGS FROM VIBRATIONS AND SEISMIC IMPACTS.....	14
Danishevskyy Vladyslav, Gaidar Anastasia CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR THE CRACK DIAGNOSTICS IN CONCRETE STRUCTURES.....	17
Danishevskyy Vladyslav, Kuchyn Illia SPLASH EFFECTS IN PROPAGATION OF ELASTIC WAVES IN HETEROGENEOUS STRUCTURES.....	21
Husiev V. O., Nikiforova T. D. INFORMATION MODELS OF 3D PRINTING FOR BIM SIMULATION OF BUILDING OBJECTS.....	24
Melnyk Oleksiy, Onishchenko Oleg, Jurkovič Martin, Koryakin Kostyantyn, Storchak Oleksandr MODELING SEAWATER DISTILLATION AND SCALE DEPOSITION PROCESSES IN SHIPBOARD EQUIPMENT.....	26
Melnyk Oleksiy, Onyshchenko Svitlana, Sudnyk Nadiia, Nykytyuk Petro, Koryakin Kostyantyn MODELING SHIP-WIND TURBINE DYNAMICS FOR OPTIMAL ENERGY GENERATION AND NAVIGATION.....	30
Potapchuk Iryna, Bosyi Dmytro, Zhevzhyk Oleksandr, Radkevych Anatolii INVESTIGATION OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE GLAZING OF A BUILDING WINDOW UNDER WIND INFLUENCE.....	34
Savytskyi M., Pereginets I., Babenko M., Bordun M., Shevchenko T. SMART BUILDINGS TECHNOLOGIES – IMPLEMENTATION EXPERIENCE.....	36
Savytskyi M., Radkevych A., Savytskyi O., Tetyana Shevchenko, Pavlo Pshinko PECULIARITIES OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE POST-WAR RESTORATION OF INFRASTRUCTURAL OBJECTS IN UKRAINE.....	41

Savytskyi M., Sukhyi K., Zaichuk A., Shevchenko T., Polishchuk Y. PROSPECTS FOR CREATING SMART BUILDINGS USING SMART CONCRETE.....	44
Savytskyi M., Sukhyi K., Shevchenko T., Marchenko I., Lyasota O. CARBON MATERIALS FOR ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETE.....	48
Semko O., Filonenko O., Yurin O., Ichenko T., Semko V., Rabenseifer R., Mahas N. TO THE ISSUE OF ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF BASEMENT STRUCTURES OF BUILDINGS.....	51
Zinkevych O., Bordun M., Zinkevych A., Merylova I. PROPOSALS FOR THE URBAN POST-INDUSTRIAL AREAS REVITALIZATION ILLUSTRATED BY A FRENCH CITY.....	55
Адегов О. В., Солод Л. В., Тимошенко О. А., Березюк Г. Г. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КЛІМАТИЧНИМИ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ.....	58
Беліков А. С., Журбенко В. М., Любчук В. М. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІЗУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ СКЛАДНОСТІ З УРАХУВАННЯМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗОРОВОГО КОМФОРТУ, ПРАЦЕЗДАТНОСТІ, БЕЗПЕКИ ПРАЦІ.....	61
Беляновська О. А., Сухий К. М., Єрьомін О. О., Суха І. В. АДСОРБЦІЙНІ ТРАНСФОРМАТОРИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ОПАЛЕННЯ.....	64
Бейнер Н. В., Бейнер П. С., Кулік М. В., Іваненко Д. С. ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВІМ НА ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ КОЛІЗІЙ В ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМАХ НА БУДІВНИЦТВІ.....	68
Білоконь А. І., Кислиця Л. В. ОРГАНІЗАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПРОЄКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ.....	71
Богаченко С. В., Титюк А. О., Шатов С. В. ЦИФРОВІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	75
Богдан С. М., Колохов В. В. ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЦЕГЛЯНИХ КОЛОН ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕРІАЛІВ ТМ МАРЕІ.....	78

Бондаренко О. І. ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	81
Воробйов В. В., Шило О. С. РУРАЛІЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МІНІАГРОВИРОБНИЦТВ МІСТА.....	85
Гаврилюк С. В., Адегов О. В., Ляховецька-Токарєва М. М., Матюхина О. О. ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА.....	89
Давидов І. І., Удовиченко Є. О. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ НА СТАЛЕВІ РАМНІ КОНСТРУКЦІЇ: МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	93
Дерев'янюк В. М., Гришко Г. М., Дубов Т. М. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДИСКРЕТНИХ ВОЛОКОН НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНОГО РОЗЧИНУ.....	96
Дерев'янюк В. М., Гришко Г. М., Ватажишин О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ CaO/Al_2O_3 НА УТВОРЕННЯ ЕТРИНГІТУ ТА ОТРИМАННЯ СТРУКТУРИ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ.....	100
Єлісєєва М. О. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗД-ДРУКУ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ПОТРЕБ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ.....	104
Железняков Є. О. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ УМОВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕННЯХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	108
Захаров Д. Ю., Шатов С. В., Ландо Е. О. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПІСЛЯВОЄННІЙ ВІДБУДОВІ УКРАЇНИ.....	111
Заяць Є. І., Косолапов А. Ф., Корольов В. М., Шатов С. В. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СПОРУДЖЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ.....	113
Калініченко О. О., Ковальов С. В., Сухий М. К. МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ АНОДНО-ІСКРОВОГО ОСАДЖЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ЕКОЛОГІЧНОГО БУДІВНИЦТВА.....	115
Коврова В. О., Волкова В. Є. ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ У БУДІВЛЯХ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ.....	118

Колохов В. В. НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ «SMART HOUSE».....	121
Колохов В. В., Білик В. В. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПЕРІОДИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ	124
Корольов В. М., Шатов С. В. ТЕХНОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РОЗРОБКИ ЛІКУВАЛЬНИХ ГРЯЗЕЙ.....	127
Кравчуновська Т. С., Броневицький А. П. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ РОБІТ ІЗ ЗАМІНИ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ ТА ПОКРИТТІВ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	130
Криволапов Д. С., Сухий К. М., Баштаник П. І., Третяков А. О. ВПЛИВ ЗОЛЬНОГО ПИЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ	133
Мосьян Є., Сопільняк А. ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З ІНДИВІДУАЛЬНИМ УКРИТТЯМ НА ПОВЕРСІ В REVIT.....	135
Пилипенко О. В., Шаломов В. А., Руденко В. П., Тимченко П. О. ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЛЮДИНУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇЇ ПОЛОЖЕННЯ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	137
Радкевич А. В., Нетеса М. І., Нетеса А. М. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КАРБОНАТНИХ НАПОВНЮВАЧІВ У БЕТОНАХ.....	140
Ровенский Г. В., Ковальчук О. П. ПРИНЦИПИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОГО АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ.....	145
Рудін А. А., Шатов С. В., Палій Є. Т. ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ.....	148
Савицький О. М., Спиридоненков В. А., Циганкова С. Г. ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЯМИ В ЖК «ПАНОРАМА».....	150
Савицький М. В., Товбич В. В., Куліченко Н. В. ПАРАМЕТРИ І РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТЕРИТОРІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ.....	153

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.....	157
Сєдін В. Л., Ковальов В. В., Ковальов М. В. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	160
Славінська Г. М. ПРИНЦИПИ ЗЕЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПДАБА.....	161
Смерічевський С. Ф., Побережна З. М., Кривов'язюк І. В., Мальнов Д. В., Смілянець В. В. ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ТРАНСПОРТНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ В УМОВАХ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ.....	164
Сухий К. М., Суха І. В., Чуприна Н. М., Володимиров В. В. НАДІЙНІСТЬ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПОБУТОВИХ СИСТЕМАХ БЕЗПЕКИ.....	167
Тиранська В. Р., Волкова В. Є. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО: ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	169
Фісуненко Д. П., Шепелевич О. О., Котов М. А. АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	172
Цимбалова Т. А. ТИПОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МОБІЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	174
Шехоркіна С. Є., Мерилова І. О., Бабенко М. М. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ БІОПОЗИТИВНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬ.....	177
Шляхов К. В., Шаломов В. А., Шаломов О. В. ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ НА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОЛОНИ.....	181
Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Ляховецька-Токарева М. М., Однбурцев Р. О. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ЗА РАХУНОК ВЛАШТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	184

UDC 728.1:699.8

ARCHITECTURAL AND PLANNING DECISIONS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS WITH SAFETY CAPSULES

Bordun M.¹, PhD, **Bevz M.**², Dr. Arch., Prof., **Savytskyi M.**³, Dr.Sci.(Tech.), Prof., **Nevgomonnyi H.**⁴, PhD, Assoc. Prof.

^{1, 3, 4} *Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,*

² *Lviv Polytechnic National University*

¹ bordun.maryna@pdaba.edu.ua; ³ ms@pdaba.edu.ua;

⁴ nevhomonnyi.hryhorii@pdaba.edu.ua; ² bevzmist@polynet.lviv.ua

Problem statement. Since the beginning of the full-scale invasion, the Russian Federation has been consistently waging an undeclared terrorist war against the civilian population of Ukraine. The Russian army is constantly shelling Ukrainian populated areas, destroying infrastructure. As a result, there are significant human casualties, destroyed and damaged buildings, and crippled enterprises and networks for electricity and heat supply. Most people perish from rocket fragments injuries rocket fragments or other ammunition types due to shelling, or they become buried alive under the rubble of destroyed buildings.

Therefore, today, the state's top priority is not only conducting defensive-offensive operations aimed at liberating Ukrainian territories from aggressors, but also is protection and security of its citizens.

The military aggression of the Russian Federation against Ukraine has proved the critical necessity of implementing new principles in the planning and design of residential and public buildings. Today to protect the population, building and structures must design with protective structures which are able to defend from external attack, namely, special autonomous protective structures (shelters) or structures and dual-purpose elements.

Civil protection facilities in Ukraine are designed in accordance with the relevant rules and regulations [1; 2]. These regulatory documents are mainly devoted to the design and construction of large-capacity collective civil defence facilities.

In July 2022, the Law of Ukraine No. 2486-IX "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Ensuring Civil Protection Requirements in the Planning and Development of Territories" was approved. This law is aimed at rapidly establishing a modern network of civil protection facilities to enhance the level of citizen protection. According to this law all new building and reconstructed building must have reliable shelters [3].

Despite that regulations are existence, there aren't protective premises in mostly Ukrainian residential building. To happens also that protective premises are existence, but conditions for people to stay during danger aren't ensured. Therefore, residents such building have to use collective civil defence shelters, which were built in Soviet times. The main problem this defence shelters is location. Usually such collective shelters were built one shelter per some buildings, and often one shelter per district and its located outside the zone of quick access to them. For this reason, most Ukrainians ignore air raid alarms or, in better cases, use the "two walls" rule and try to find safer places in their apartments.

Purpose of this study is to develop an architectural and structural solution for civil population protection in a multi-storey residential building by creating a safe space of immediate accessibility.

Main results. The main types of protective structures include [4]: specialized protective structures such as shelters or anti-radiation shelters; non-specialized structures that include dual-purpose structures, and the simplest shelters.

The first individual shelters were built during the Second World War in Great Britain. The first individual shelters were built during the Second World War in Great Britain. The

main aim these shelters was protection of London habitants against bomb fragments and blast waves. Particularly popular were the Anderson shelters, Stanton shelters, and the Morrison shelter [5; 6]. These shelters could accommodate one or several individuals, up to six, and were utilized in almost every household.

Another interesting solution was bomb shelters by designing Leo Winkel and Paul Zombeck (Germany) [7]. “Winkel” bunkers are above-ground structures designed to protect staff at large industrial enterprises and important institutions within the territory of Germany, and also for the nearby residential building’s inhabitants. Their structural feature is the conical shape of the building, with small dimensions in plan up to 30 meters in diameter, making it less vulnerable during air attacks. They have thick walls ranging from 1.5 meters at the base of the building to 1.0 meter at the top.

Modern bomb shelters are protective structures designed for collective or individual use, equipped with various autonomous engineering systems to protect the population from various types of hazards over a certain period of time. Significant attention to the construction and operation of civil defense shelters is paid attention by countries such as Switzerland, Finland, Israel, and Singapore. At the same time, individual shelters are more popular in Israel and Singapore. A series of regulatory acts were adopted in these countries that provide for the design and construction of civil defense shelters in each building or apartments. Reinforcement through increased thickness of wall and ceiling structures, separation of shelter premises from the facade of the building, and the use of doors made of protective steel are included in the household or story shelters in Singapore. The reinforced concrete is the main material for bearing structures of the shelter. Technical requirements for the design of such shelters regulate the location of the shelter within the living space, as well as the distance to the external structures of the building. These shelters provide protection for residents from the effects of weapons, explosions, and shrapnel during emergencies. The greatest advantage of such shelters is their accessibility [8].

Today in Ukraine, Israel's experience of population protection is actively interrogated. There are three types of shelters In Israel: the “Merhav Muga Dirati” or “Mamad” (safe room) – an individual room within an apartment; “Mamak” floor shelters – communal shelters in multi-apartment buildings; and “Maman” protective shelters – used in public buildings [9]. It is also should noting that underground public bomb shelters aren’t almost applied. On the contrary, preference is given to individual safe rooms. This decision is driven by many factors, but the main ones are the rational assessment of the most common threats during bomb attacks, as well as considering the time needed for civilians to seek shelter in real conditions. The minimum size of a safe room is no less than 9 square meters, with a ceiling height of no less than 2.5 meters. Safe rooms can be used as regular premises during peacetime, where technical rooms or children's bedrooms are located. However, to install kitchens and bathrooms in such rooms is prohibited.

Project solutions of universal “safety capsule” with a capacity of 10 and 20 people for multi-storey residential buildings have been developed based on past and present experience. Detailed planning of the interior space in these solutions was carried out with considering for the standardization of all dimensions. The safety capsule consists of a main compartment with two-tiered accommodation, where sleeping places constitute 20 % and of the available seats, and auxiliary premises – a bathroom and a room for additional equipment and storage of food and water supplies. An advantage of the project solution is the curved shape of the external wall of the safety capsule. This shape better perceives a load from the blast wave and projectile impacts. According to the project solution the safe spaces are located on each floor within the elevator-staircase zone of the building (Fig. 1).

The developed safety capsule variants were integrated into the architectural and planning structure of multi-story buildings, namely, into a typical section of a 12-story residential building with 60 apartments (Fig. 2) and into a two-section 16-story residential building that was designed according to an individual project with 126 apartments (Fig. 3).

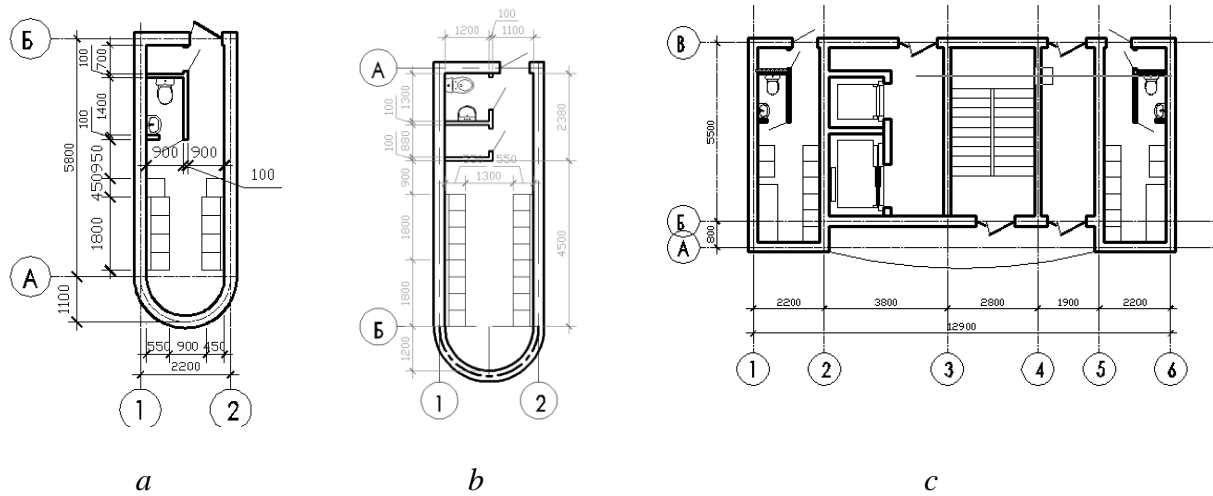


Fig. 1. The project solutions for the universal “safety capsule”:
 a) safety capsule for 10 people; b) safety capsule for 20 people;
 c) safety capsules location in the floor plan of the building

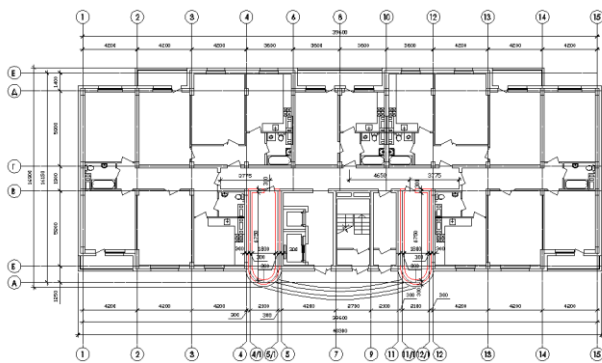


Fig. 2. Integration of the safety capsule into the architectural and planning structure of a 12-story residential building

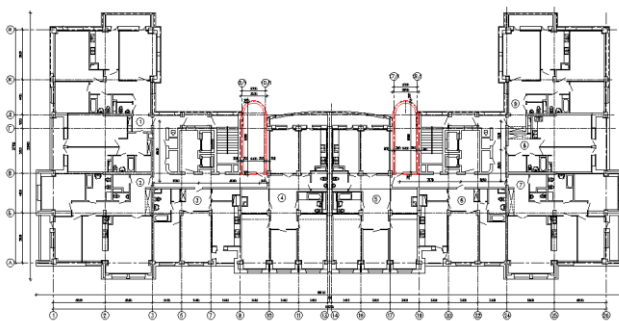


Fig. 3. Integration of the safety capsule into the architectural and planning structure of a 16-story residential building

Conclusion. The advantages of the developed project solution include:

- Quick access to shelter for building residents. The safety capsules are located on each floor of the building and are estimated for the number of residents.
- Structural independence. Safety capsule structural elements are independent of other structural elements of the building. Safety capsule has their own walls, reinforced concrete floors and spatially locates adjacent to the stairwell and elevator.
- Functional independence. Safety capsules have individual engineering networks that are connected to centralized systems. In case of emergency situations safe places are additionally equipped batteries for autonomous power supply, ventilation systems with air purification and have a water supply reserve calculated for 3 days for the number of users.
- Adaptability to the architectural-planning and functional building structure. The proposed safety capsules have standardized dimensions and can be easily applied to any buildings.

References

1. DBN V.2.2-5-97. Buildings and Structures. Protective Structures of Civil Defense. [Effective from January 1, 1998]. Published by the State Committee for Construction of Ukraine, 1998. 119 pages. (State Building Codes) (in Ukrainian).
2. DBN V.1.2-4-2019. Engineering and Technical Measures of Civil Protection. [Effective from August 1, 2019]. Published by the Ministry of Community Development and Territories of Ukraine, 2019. (State Building Codes) (in Ukrainian).
3. On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding Ensuring Civil Protection Requirements in Territory Planning and Development: Law of Ukraine dated July 29, 2022, no. 2486-IX: as of March 18, 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text> (in Ukrainian).
4. Civil Protection Code of Ukraine. October 2, 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (in Ukrainian).
5. "Andersen Shelters": structurally simple bomb shelters that saved the British from bombings. URL: <https://cubik.com.ua/ukryttya-andersona-konstruktyvno-prosti-bomboshovyshha-yaki-ryatuvaly-brytancziv-vid-bombarduvan/>.
6. The Morrison Shelter – a simple construction that saved thousands of lives. URL: <https://autostrike.com.ua/statti/tekhno/skhovyshche-morrisona-prosta-konstruktsiia-shcho-vriatuvala-tysiachi-zhyttiv/>.
7. Winkel bomb shelter towers in Germany, 1936-1945. URL: <http://army.armor.kiev.ua/fort/winkel-01.php>.
8. Technical requirements for household shelters. Civil Defence Headquarters, Singapore. URL: [https://www.scdf.gov.sg/docs/default-source/scdf-library/fssd-downloads/technical-requirements-for-household-shelters-\(hstr\)-2017_updated-28-may-2018.pdf](https://www.scdf.gov.sg/docs/default-source/scdf-library/fssd-downloads/technical-requirements-for-household-shelters-(hstr)-2017_updated-28-may-2018.pdf).
9. Safe rooms and their purposes when installed in multi-story buildings. URL: <https://ukryttia.com.ua/gotov%D1%96-r%D1%96shennya/dlya-bagatokvartirnix-budink%D1%96v.html>.

UDC 624.04+539.3

CONCRETE-RUBBER LAYERED STRUCTURES FOR THE PROTECTION OF BUILDINGS FROM VIBRATIONS AND SEISMIC IMPACTS

Danishevskyy Vladyslav¹, Doctor of Technical Science, Prof.,
Bezverkhyy Dmytro², Postgraduate Student

Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture

[1 vladyslav.danishevskyy@gmail.com](mailto:vladyslav.danishevskyy@gmail.com); [2 bezup.inc@gmail.com](mailto:bezup.inc@gmail.com)

Problem statement. Conventional building construction methods often leave structures vulnerable to damage from vibrations and seismic impacts. These events can cause significant structural stress, leading to costly repairs, safety hazards, and even building collapse. Therefore, there is a critical need for innovative and effective strategies to enhance the seismic resilience of buildings.

This research investigates the potential of concrete-rubber layered structures as a novel approach for mitigating the detrimental effects of vibrations and seismic events on buildings. The study aims to explore the effectiveness and feasibility of this layered design in absorbing and dissipating seismic energy, thereby reducing the structural burden experienced by the building during such events.

The purpose of the work. The application of metamaterials and heterogeneous structures for creating new types of vibration and seismic isolation of buildings and structures has been an actual research topic in recent years [1–3]. The presence of heterogeneous leads to complex dynamic effects, one of which is the formation of discrete frequency bands of pass and stop [4]. Thus, heterogeneous materials and structures can be used as wave filters, blocking the propagation of elastic waves in specified frequency ranges. This work is devoted to the development of layered structures for protecting buildings from seismic loads and vibrations.

Main part. The width of the band gaps increases with increasing contrast between the mechanical characteristics of the components. One of the promising solutions is to use combinations of concrete and rubber layers [1; 2]. The densities of concrete and solid rubber differ by about 2 times, while the difference between the elastic moduli of these materials reaches 10^5 times.

For given properties of the components, the band gap frequencies can be changed by varying the size l of the cell of the structure's periodicity. Thus, the first band gap is formed at $l = L/2$, where L is the wavelength [4]. Therefore, the lower the frequency of the wave that needs to be blocked, the larger the size of the periodicity cell and, accordingly, the thickness of the layers should be.

In this work, analytical solutions for the dispersion characteristics of layered structures were found using the Floquet-Bloch method [4]. Numerical simulation of the propagation of elastic wave processes was performed in the Ansys software package. The obtained analytical and numerical results are in good agreement with each other.

Two models of concrete-rubber structures were investigated, the characteristics of which are given in the table.

Model 1 is effective for vibration protection, providing maximum attenuation of elastic waves at a frequency of 50 Hz. Model 2 is proposed for protection against seismic loads. For its development, the seismogram of the earthquake in Oroville (California) in 1975 was used, the peak of destructive frequencies of which fell on the mark of 18 Hz [5].

Figures 1 and 2 show the signal energy attenuation levels depending on the frequency for models 1 and 2, respectively. The numbers near the curves indicate the number of periodicity cells.

Table

Characteristics of layered structures

Parameter	Model 1	Model 2
Concrete density, kg/m ³	2300	2300
Young's modulus of concrete, Pa	3.14×10 ¹⁰	3.14×10 ¹⁰
Concrete volume fraction	0.5	0.5
Rubber density, kg/m ³	1300	1300
Young's modulus of rubber, Pa	5.8×10 ⁵	1.4×10 ⁵
Rubber volume fraction	0.5	0.5
Width of the periodicity cell, m	0.3	0.4

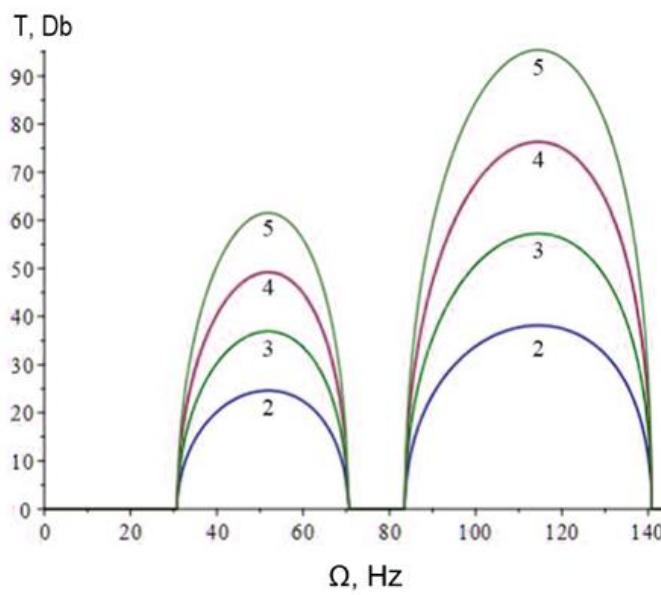


Fig. 1. Attenuation of elastic wave energy (Model 1)

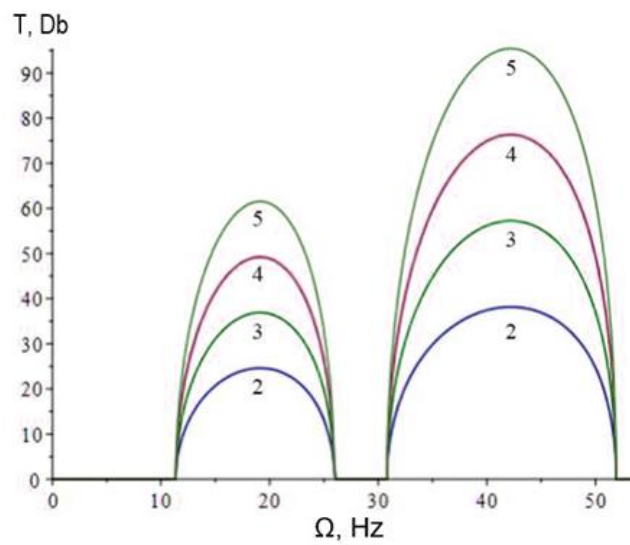


Fig. 2. Attenuation of elastic wave energy (Model 2)

Conclusion. It can be concluded that a layered structure with only five cells provides effective protection against dynamic effects, reducing the wave energy at the design frequency by 60 dB (10^6 times). The results of the work can be used to develop various types of heterogeneous materials and structures with pre-specified dynamic properties for protecting buildings and structures from seismic effects, vibrations, and creating effective acoustic insulation.

Acknowledgement. This work is supported by the European Commission under HORIZON 2020 project “A novel decentralized edge-enabled PREsCriptive and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings”, grant agreement ID: 958284.

References

1. Xiang H.J., Shi Z.F., Wang S.J. and Mo Y.L. Periodic materials-based vibration attenuation in layered foundations : experimental validation. *Smart Materials and Structures*. 2012, vol. 21, pp. 112003-1–112003-10.
2. Shi Z., Cheng Z. and Xiang H. Seismic isolation foundations with effective attenuation zones. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2014, vol. 57, pp. 143–151.
3. Aravantinos-Zafiris N. and Sigalas M.M. Large scale phononic metamaterials for seismic isolation. *Journal of Applied Physics*. 2015, vol. 118, pp. 064901-1– 064901-6.
4. 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.
5. PEER Ground Motion Database. URL: <https://peer.berkeley.edu/peer-strong-ground-motion-databases>

UDC 004.8:624

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR THE CRACK DIAGNOSTICS IN CONCRETE STRUCTURES

Danishevskyy Vladyslav¹, Dr. Sc., Prof., Gaidar Anastasia², PhD, Ass. Prof.

Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture

vladyslav.danishevskyy@pdaba.edu.ua; nastuel_gaidar@pdaba.edu.ua

Problem statement. Millions of dollars are spent annually in the world on technical diagnostics of buildings and structures. Natural disasters such as floods and earthquakes, along with numerous negative man-made impacts lead to serious damage to building structures. The problem of diagnostics of the buildings and structures became extremely urgent after the aggression of the Russian Federation in Ukraine, which led to large-scale damage and destruction of industrial projects, housing stock and infrastructure projects such as roads, bridges, tunnels, etc. An important and urgent problem of Civil Engineering is to automate the processes of diagnostics of buildings and structures and to develop new methods for identifying building defects in building structures that would save human resources and reduce the dependence of survey results on subjective factors.

The aim of the study is to develop artificial neural networks for the identification and classification of cracks in vertical elements of building structures (e.g., concrete and reinforced concrete walls). The solution of this problem is complicated by the fact that cracks may be often visually similar to surface defects. The images of the studied structures can vary greatly depending on the texture of the surfaces, paint, light intensity, photography angle, etc. Cracks can be also irregular. These factors cause significant difficulties in training and testing ANN models [1–3].

Image dataset. We use SDNET 2018 digital photo collection [4] for training and testing the ANNs. The collection consists of 56 092 images of concrete structures with and without cracks, taken by a Nikon camera with a matrix resolution of 16 megapixels. To form the collection, 230 construction objects were used, which belong to three types: roads (104 objects), walls (72 objects) and bridges (54 objects). Images are scaled down to 256 by 256 pixels and have 3 colour channels with 256 luminance levels each (24-bit color).

Let us consider an ANN model that will diagnose cracks in concrete walls and classify them as vertical or horizontal. In practice, vertical cracks can usually indicate foundation settlement. Horizontal cracks may occur due to insufficient bearing capacity or overloading of the structure. The selected image dataset contains 1 086 photographs evenly divided into three groups: vertical cracks, horizontal cracks, and undamaged structures. Accordingly, each group consists of 352 photos.

Subsequently, the image dataset is divided into two groups. 80–85 % of images (training samples) are used to train the ANNs, that is, to establish optimal connections between neurons that allow the model to make correct decisions on data classification. The remaining 15–20 % of images (test samples) do not take part in the training process, but are used to test the model and check how effectively it can process data that it encounters for the first time.

Development of the ANN using Teachable Machine. Teachable Machine [5] is a free Google cloud tool that makes it easy to create machine learning models. Interaction with the tool is carried out through the web interface. Using the Teachable Machine, it is possible to train ANNs to recognize images, sounds and poses. Teachable Machine is based on a JavaScript machine learning library TensorFlow.js.

It should be noted that the developed model may not always work as expected. Training a neural network is a heuristic procedure, which effectiveness depends on a large number of

parameters. In most cases, the optimal values of these parameters cannot be predicted in advance and must be determined experimentally for each individual task.

To develop the model, we use the image dataset described above. Teachable Machine allows one to modify the following training parameters:

1. Epochs. The number of epochs determines the duration of the training.
2. Batch Size. It determines the number of samples used in one training iteration.
3. Learning Rate. This coefficient controls the level of correction of the model parameters at each iteration.

In our study, the best results are obtained for Epochs = 50, Batch Size = 64, Learning Rate = 0.001. The accuracy of the model is displayed in Fig. 1. The loss function is given in Fig. 2. Here and in the sequel, blue and orange curves correspond to the training and to the test samples accordingly.

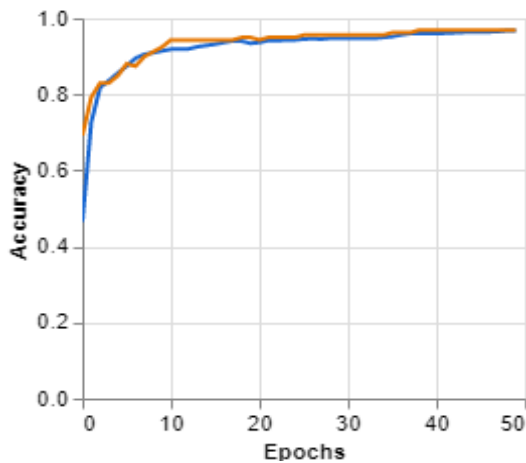


Fig. 1. Accuracy of the model

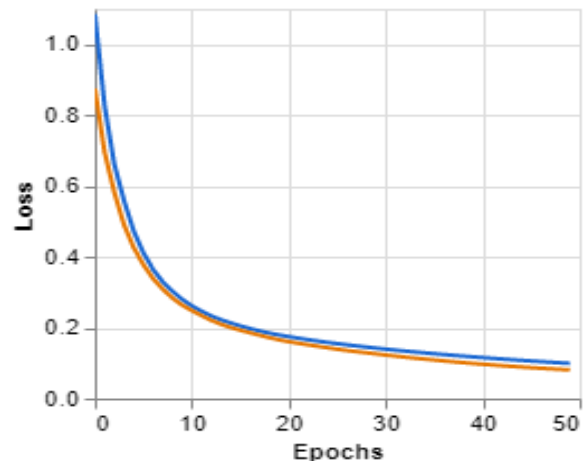


Fig. 2. Losses of the model

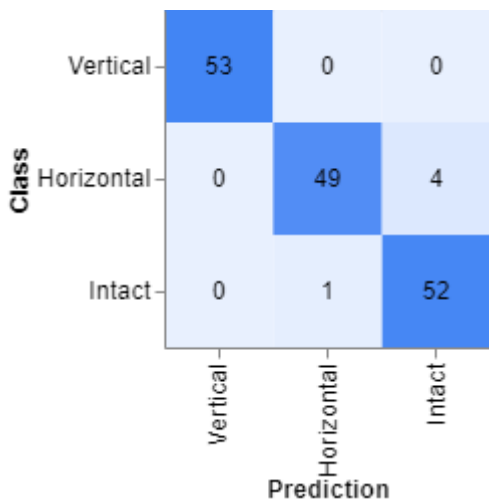


Fig. 3. Confusion matrix

The confusion matrix is presented at Fig. 3. It shows that the developed model recognizes correctly 53 vertical cracks, 49 horizontal cracks and 52 intact walls. However, there are 5 cases of misclassification: 4 horizontal cracks are interpreted as intact walls and 1 intact wall is interpreted as a horizontal crack.

The developed model is posted on the Internet and is available for a free use: <https://teachablemachine.withgoogle.com/models/6RsGrbES2/>.

Development of the ANN using TensorFlow. A significant limitation of the Teachable Machine is the inability to change the internal architecture of the ANNs, which is predefined automatically depending on the type of the project. In order to develop an ANN with its own architecture, we employ the open sources software library TensorFlow [6], developed by Google for machine learning and creating artificial intelligence models. We use Python and Colaboratory (Colab) [7] cloud development environment.

We conduct a series of computational experiments and determine the rational ANN architecture, which allows us to achieve a high accuracy and to minimize losses of the model.

The developed model is a multilayer convolutional ANN. The first layer is the input image layer with size $256 \times 256 \times 3$, where 256×256 is the pixel size of the analyzed images, and 3 is the number of colour channels for one pixel. This layer also normalizes the input data, which brings all images to the same brightness level.

Next, there are 6 blocks located sequentially, each of which includes:

- 2D convolution layer `tf.keras.layers.Conv2D`, which detects the main features of the image;
- subsampling layer `tf.keras.layers.MaxPooling2D`, which reduces the size of the previous layer by compressing the image and discarding minor details;
- exclusion layer `tf.keras.layers.Dropout`, which randomly excludes a certain proportion (20 % in our project) of the neurons of the previous layer. This reduces the total number of weight coefficients and prevents the model from overtraining.

The `tf.keras.layers.Flatten` layer then reduces the dimensionality of the data by converting the 2D matrix input into a 1D vector output.

Next there are three conventional, fully connected neural layers `tf.keras.layers.Dense`, which classify the received data. The size of these layers decreases gradually. The last one has a size of 3, which equals to the number of classes that the model recognizes (vertical cracks, horizontal cracks, intact walls).

Thus, the model includes 23 layers (among them, 9 training layers) and 67 875 weight coefficients. For each layer, the nonlinear ReLU activation function is employed.

The model is trained for the following parameters: Epochs = 50, Batch Size = 64, Learning Rate = 0.001. The accuracy and the losses of the model are shown in Figs. 4, 5. It should be noted that the developed ANN classifies correctly all the examples that was misclassified by the Teachable Machine model. This allows us to conclude that the individual tuning of the ANN architecture for every specific task allows achieving significantly better results than the use of some general universal solutions.

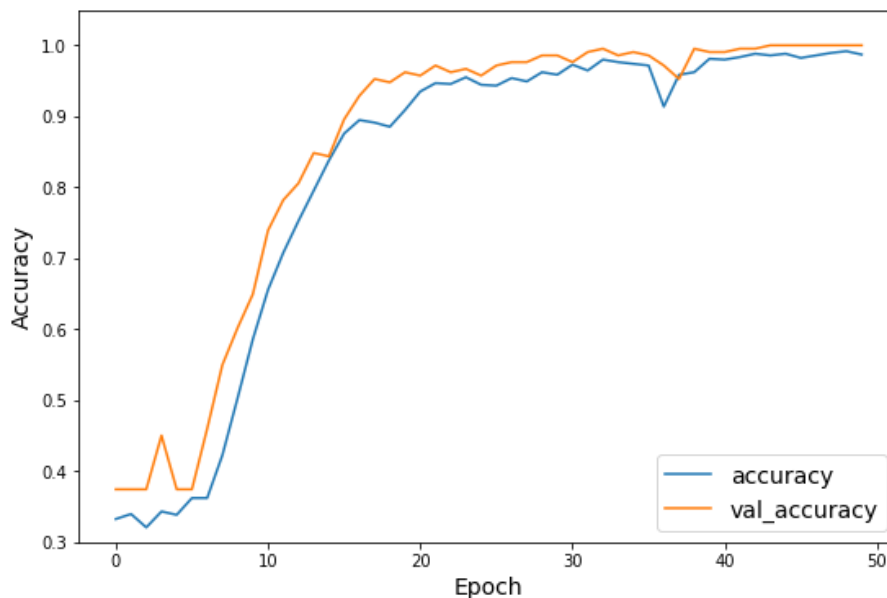


Fig. 4. Accuracy of the model

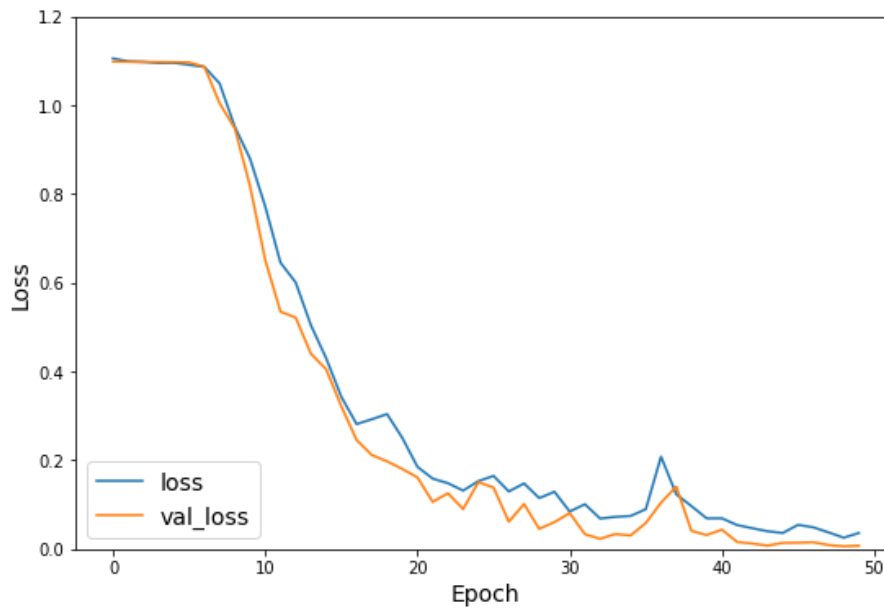


Fig. 5. Losses of the model

Conclusions. Two ANN models are developed for detecting and classifying cracks in concrete walls. We study how the magnitudes of the training parameters affect the accuracy of the models and determined the optimal values of these parameters. When developing the ANN using TensorFlow, a series of computational experiments is carried out and it is studied how the network architecture (number and types of layers, number of neurons, etc.) affects the performance of the model. As a result, the rational internal architecture of the ANN is determined ensuring the highest accuracy and the lowest losses.

The obtained results confirm a high efficiency of the methods of artificial intelligence for the diagnostics of buildings and structures. The proposed approaches can be further extended to diagnose and to classify a wide variety of building defects.

Acknowledgement. This work is supported by the European Commission under HORIZON 2020 project “A novel decentralized edge-enabled PREsCriptive and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings”, grant agreement ID: 958284.

References

1. Perez H., TahJ. H.M., Mosavi A. Deep learning for detecting building defects using convolutional neural networks. *Sensors*. Vol. 19, 2019, id 3556 (22 pages).
2. Rajadurai R.S., Kang S-T. Automated vision-based crack detection on concrete surfaces using deep learning. *Appl. Sci*. Vol. 11, 2021, id 5229 (14 pages).
3. Chun P-J., Yamane T., Maemura Yu. A deep learning-based image captioning method to automatically generate comprehensive explanations of bridge damage. *Comput. Aided Civ. Inf.* Vol. 37, 2022, pp. 1387–1401.
4. Maguire M., Dorafshan S., Thomas R.J. SDNET2018 : a concrete crack image dataset for machine learning applications. *Utah State University*. 2018. URL: <https://doi.org/10.15142/T3TD19>
5. Cloud tool Teachable Machine. URL: <https://teachablemachine.withgoogle.com>
6. Open-source software library TensorFlow. URL: <https://www.tensorflow.org>
7. Cloud development environment Colab. URL: <https://colab.research.google.com>

UDC 624.04+539.3

SPLASH EFFECTS IN PROPAGATION OF ELASTIC WAVES IN HETEROGENEOUS STRUCTURES

Danishevskyy Vladyslav¹, Doctor of Technical Science, Prof.,
Kuchyn Illia², Postgraduate Student

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

vladyslav.danishevskyy@gmail.com; illiakuchyn@gmail.com

Problem statement. In contemporary Civil Engineering, heterogeneous structures and materials are prevalently employed. Illustrative instances encompass multi-span beams, perforated membranes and plates, stringer plates and shells, alongside a diverse array of composite materials.

The phenomenon of splash effects in the transmission of elastic waves within heterogeneous structures gives rise to notable dynamic manifestations. These include phononic band gaps, negative refraction, dynamic anisotropy, waves focusing, acoustically invisible cloaks, waves localization in structures with defects, and splash effects. A comprehensive overview of advancements in this domain can be found in the work by Hussein et al. [1].

The purpose of the work. This study delves into the splash effects observed in the transmission of elastic waves within heterogeneous structures, specifically within a discrete monatomic lattice and a continuous layered structure, under the influence of an external pulse load. A noteworthy aspect of the pulse load scenario is the occurrence of local stresses at the microlevel, surpassing the magnitude of the initial excitation during transient wave propagation. This phenomenon stems from the spatial redistribution of energy due to structural heterogeneity, a phenomenon absent in homogeneous solids.

Main part. Consider a semi-infinite ($x \geq 0$) lattice comprising uniform particles with mass m interconnected by springs with negligible mass and rigidity c (Fig. 1). The lattice experiences a pulse load $P\delta(t)$, applied at its edge $x = 0$. In this context, P represents the force amplitude, and $\delta(t)$ is the Dirac delta function.

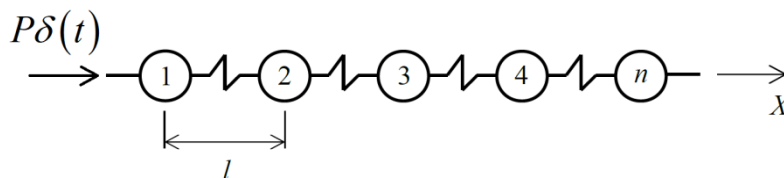


Fig. 1. Monatomic lattice under consideration

Colquitt et al. [3] introduced an advanced higher-order triple-dispersive dynamic equation to characterize the macroscopic behavior of the lattice across a broad frequency spectrum. Employing this continuous model, we apply the Laplace transform method [4] to derive an analytical solution for the pulse load problem. Utilizing the Runge-Kutta fourth-order method to numerically solve the original discrete problem. The results, depicted in Figure 2, showcase displacements u calculated under the conditions $P/(cl) = 1$ and $t\sqrt{cm} = 1$, where l represents the inter-particle distance. Remarkably, both the analytical and numerical solutions exhibit a commendable level of agreement.

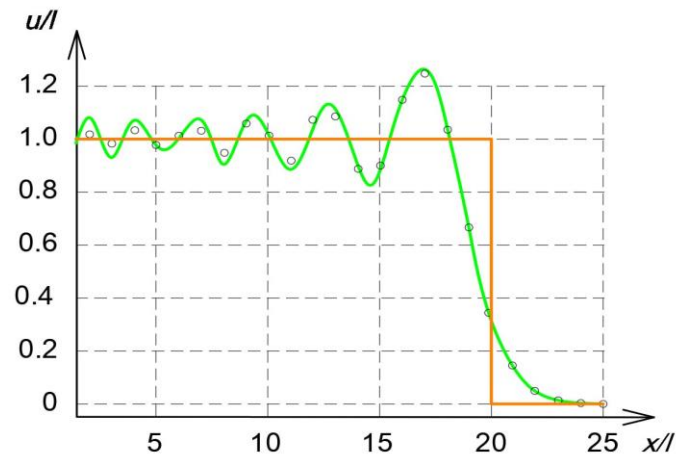


Fig. 2. Transient waves in the lattice excited by the pulse load. Red – analytical solution; orange – non-dispersive solution for the homogeneous solid; dots – data of the numerical simulation

Numerical simulations employing ANSYS are conducted to analyze the phenomenon of splash effects during the propagation of elastic waves within heterogeneous structures. Alternating layers of two materials characterize these structures. The model encompasses 50 unit cells, each with dimensions of $2 \times 1 \times 1$ m. Each layer possesses a thickness of 1 m, and the overall length of the structure extends to 100 meters, as illustrated in Figure 3.

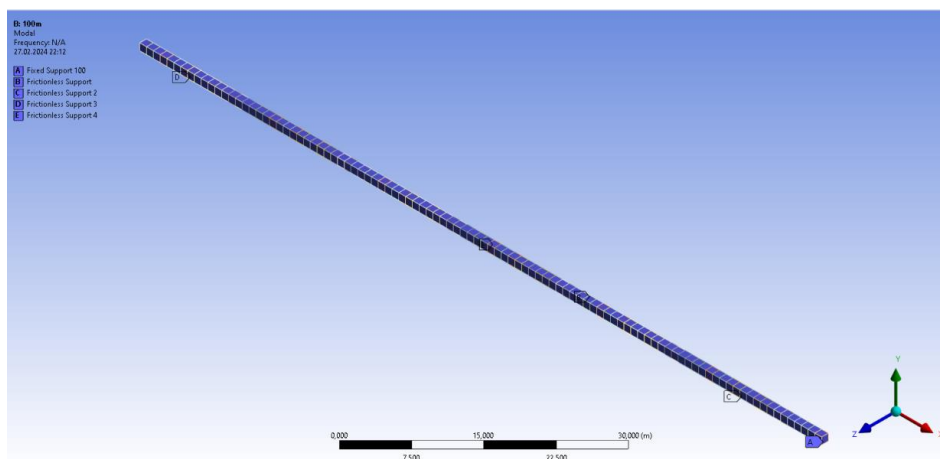


Fig. 3. Basic geometry of the continuous layered structure

Investigation pertains to the analysis of transient waves propagating along the x-axis. Macroscopic boundary conditions encompass a fixed support located at one extremity of the structure, a pulse load of 1000 N applied in the x-direction at the opposing edge, and a continuous support along the longitudinal facets. To elucidate, consider a composite structure comprising concrete and rubber, a prospective design for novel vibration and seismic isolation systems [5; 6]. The material characteristics are delineated in Table. Figure 4 visually represents the time-dependent solution for the normal strain in the cross-sectional area, specifically at a distance of 40 meters from the loaded edge.

Table

Layer	Material	Density, kg/m^3	Young's Modulus, Pa	Poisson's Ratio
1	Concrete	2.3×10^3	3.1×10^{10}	0.33
2	Rubber	1.3×10^3	5.8×10^5	0.46

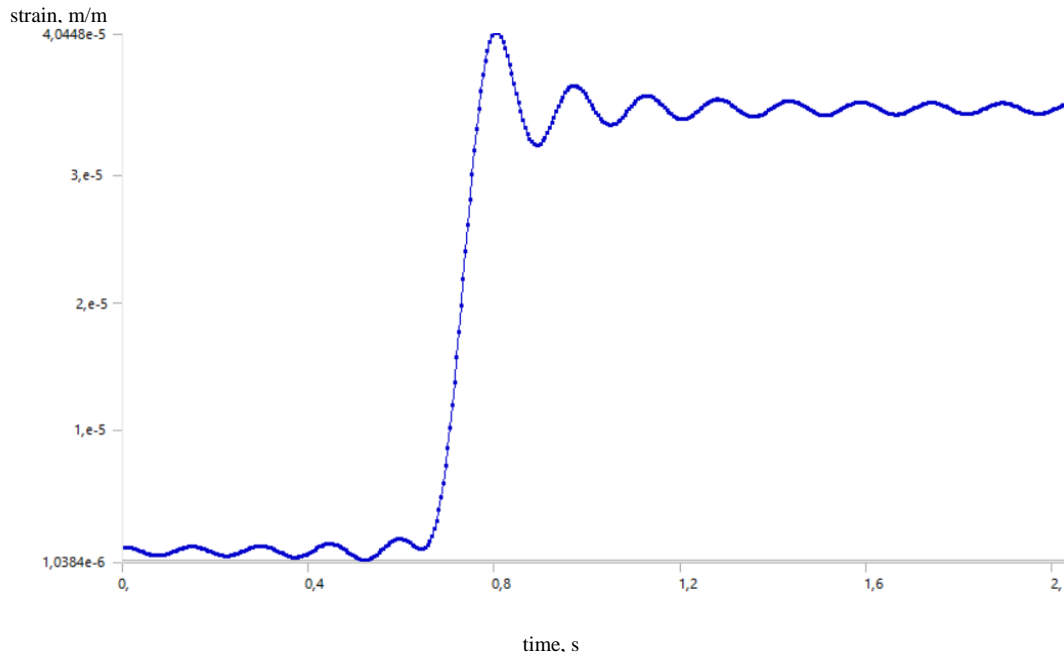


Fig. 4. Normal strain in the layered structure induced by the pulse load

Conclusion. Examination of the findings depicted in Figures 2 and 4 reveals that within heterogeneous structures, there are instances where localized perturbations in both displacement and strain fields surpass the mean values observed in homogeneous conditions by a range of 17 % to 24 %. This phenomenon holds considerable significance in the context of dynamic failure and proves to be of paramount practical relevance in the formulation of novel designs for heterogeneous structures and materials. Furthermore, the methodologies devised in this study can be extrapolated to address multi-dimensional problems.

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

References

1. Maldovan M. Sound and heat revolution in phononics. *Nature*. 2013, vol. 503, pp. 209–217.
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.
3. Colquitt D.J., Danishevskyy V.V. and Kaplunov J.D. Composite dynamic models for periodically heterogeneous media. *Math. Mech. Solids*. 2019, vol. 24, pp. 2663–2693.
4. Andrianov I.V., Danishevskyy V.V., Kaplunov J.D. and Markert B. Wide frequency higher-order dynamic model for transient waves in a lattice. *Advanced Structured Materials*. 2019, vol. 94, pp. 3–12.
5. 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.
6. Yan Y., Mo Y.L., Menq F-Y., Stokoe K.H., Perkins J. and Tang Y. Development of seismic isolation systems using periodic materials. *Technical Report Project*. No. 11-3219. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Houston, 2014, 218 p.

UDC 69:004.925.84

INFORMATION MODELS OF 3D PRINTING FOR BIM SIMULATION OF BUILDING OBJECTS

Husiev V. O.¹, Postgrad. Stud., **Nikiforova T. D.**², Dr. Sc. (Tech.), Prof.
Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture
¹husievvitalii@gmail.com; ²nikiforova.tetiana@pdaba.edu.ua

Formulation of the problem. Additive manufacturing or three-dimensional (3D) printing at the current stage of its development has turned into a powerful complex of advanced methods and means of automating production processes on a global scale, including construction, construction of building structures from various materials, in particular, concrete.

However, existing models of information data are not fully suitable for the implementation of 3D object printing technology. This is due, first of all, to the lack of information about the relationships between the process, the printing material and the geometry of the digital model of the future construction object.

Also, a significant problem is the lack of appropriate equipment already in the process of creating a prototype before direct printing of the developed model. It is at this stage that it is possible to experimentally check the digital model for redundancy, loss of information and for the correspondence of geometric transformations of the surface of the future building [1].

Purpose of the study. Development of the algorithm of the procedure for creating a virtual 3D printer based on software for simulating robotic construction processes when using 3D printing technology.

Main part. To create a virtual 3D printer, first of all, you need to accept the reference specification of the construction 3D printer and choose the basic software.

CoppeliaSim provides the researcher with a powerful platform for designing and modeling robotic systems. One of the valuable features is the ability to create your own models, which allows you to adapt the software to the simulation process of construction 3D printers [2].

The creation of a virtual model of a 3D printer in CoppeliaSim from 3D files follows a system process that guarantees accuracy, efficiency and a full understanding of the internal processes of the system.

The action algorithm can be divided into several processes (Fig. 1):

Importing the 3D File.

To import the prepared 3D model of the object into the CoppeliaSim environment, the parameters related to the import process are set. It should be noted that the 3D model of the object before this process must already be properly processed and meet its geometric requirements.

Configuring Model Properties.

At the stage of setting model properties, special instructions are developed for setting various properties of the 3D printer model in CoppeliaSim. The physical properties of the 3D printer to ensure interaction with the future environment are determined: accuracy, printing speed, working volume, time, mechanical stability, control system.

Visual appearance, materials and textures are adjusted for realistic reproduction [3].

Defining Model Kinematics.

At this stage, the kinematic definition of the model takes place, connections are created, common properties are determined, and interdependence between objects is established. A representation of the kinematic structure of the 3D printer is formed for accurate modeling.

Conducting Simulations.

This is the most responsible process, during which the BIM model of the construction object itself is transferred to a virtual 3D printer. At this stage, simulation parameters such as time step, duration and other settings [4] are determined and adjusted, simulation scenarios are created and edited. The behavior and performance of the developed 3D printer model, in particular, and the 3D printing process as a whole are tested and evaluated.

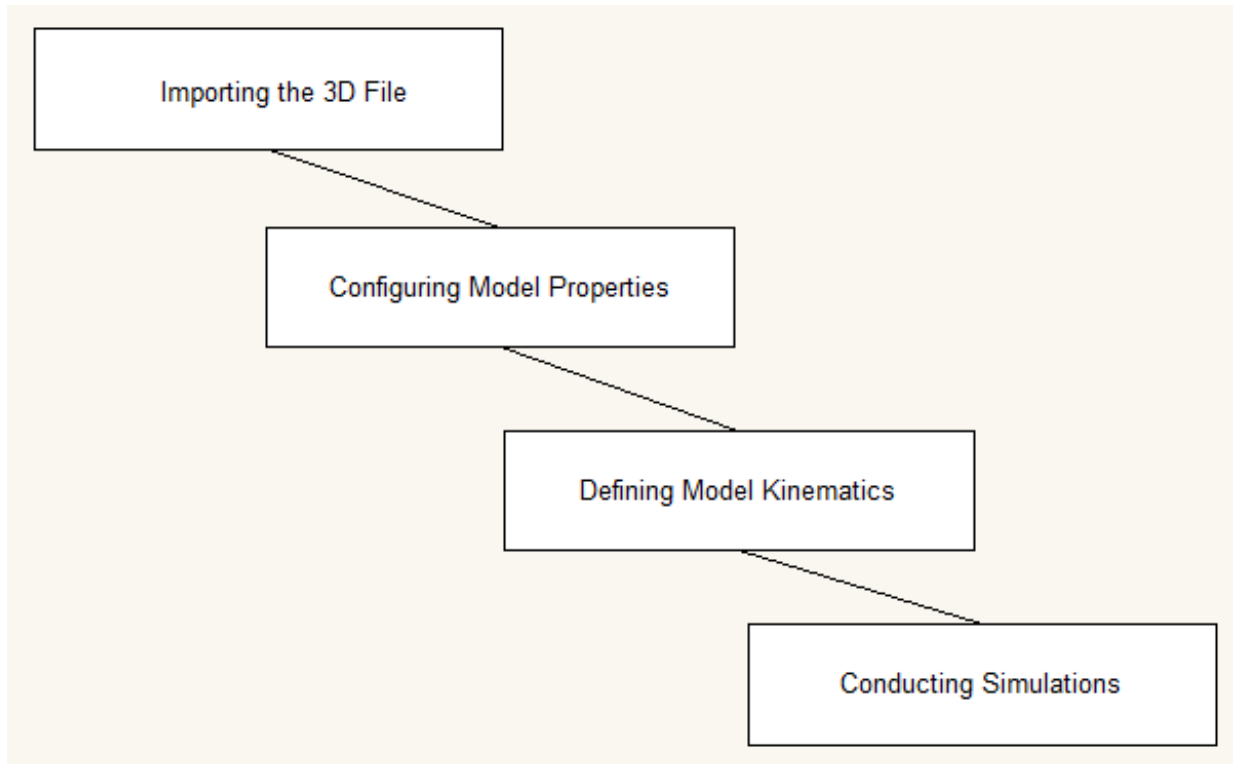


Fig. 1. Stages of creating a virtual model of a 3D printer

Conclusion. The proposed algorithm of the procedure for creating a virtual 3D printer, which allows you to check the BIM model of the construction object for compliance with functional and operational characteristics before the start of the implementation of the construction project. Also, the virtual stand for physical modeling of the processes of 3D printing of construction objects can be used both during scientific research and in the educational process.

References

- 1 Tursynbek I. and Shintemirov A. (2020). Modeling and Simulation of Spherical Parallel Manipulators in CoppeliaSim (V-REP) Robot Simulator Software. International Conference Nonlinearity, Information and Robotics (NIR). 2020, pp. 1–6.
- 2 Braker J., Beebe D., Allen K., Shastry P. and Miah M.S. (2021). A Smart Robotic Cart Prototype using RF Signal Strength. IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE). 2021, pp. 1–6.
- 3 Magrin C.E., Del Conte G. and Todt E. (2021). Creating a Digital Twin as an Open Source Learning Tool for Mobile Robotics. Latin American Robotics Symposium (LARS). 2021. Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2021 Workshop on Robotics in Education (WRE). 2021, pp. 13–18.
- 4 Vivas A. and Sabater J.M. (2021). UR5 Robot Manipulation using Matlab/Simulink and ROS. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). 2021, pp. 338–343.

UDC 656.12

MODELING SEAWATER DISTILLATION AND SCALE DEPOSITION PROCESSES IN SHIPBOARD EQUIPMENT

Oleksiy Melnyk¹, PhD (Eng.), Assoc. Prof., **Oleg Onishchenko**², Dr. Sc. (Tech)., Prof.,
Martin Jurkovič³, PhD (Eng.), **Kostyantyn Koryakin**⁴, Sen. Lect.,
Oleksandr Storchak⁵, Sen. Lect.

^{1,4,5} *Odesa National Maritime University, Ukraine*

² *National University "Odesa Maritime Academy", Ukraine*

³ *University of Žilina, Slovakia*

¹ m.onmu@ukr.net; ² oleganaton@gmail.com; ³ martin.jurkovic@uniza.sk;

⁴ eagleonx@gmail.com; ⁵ briz1301@ukr.net

Problem statement. Scale formation in ship desalination plants is a common problem associated with the deposition of mineral deposits due to the high concentration of salts and minerals contained in seawater. Scale impairs heat transfer efficiency, reduces equipment performance and can lead to equipment damage. Methods for controlling scale in seawater distillation systems are constantly being improved, including the use of advanced modeling techniques that take into account the interaction of various parameters that affect system performance. Factors such as seawater density, thermal conductivity and specific heat capacity are considered along with scale deposition parameters such as salt concentration, scale formation rate and deposition rate. It is proposed to use an integrated model that provides insight into the optimization of desalination processes on board ships using thermodynamic analysis, scale formation kinetics and heat exchange between various system components, taking into account the influence of salt concentration and pressure on the rate of scale deposition. Expected result: improved water management strategies for offshore operations.

Purpose of the study. Despite the diversity of research work on water treatment and marine operations, there is a significant gap in addressing the interconnectedness of these topics and a comprehensive approach is needed, taking into account efficiency, safety and environmental impact. A holistic study that integrates these aspects could offer invaluable insights and solutions for the sustainable advancement of water extraction techniques and marine activities.

Main results. Extensive research emphasizes the decisive role of the mineral composition of water for human health, and water containing less than 75 mg/l of minerals is biologically inadequate and can lead to various disorders of the stomach, structural changes in the stomach, imbalance of calcium metabolism, and disturbances of enzymatic processes. The recommended minimum mineral content for drinking water is 100 mg/L, with the optimal range being around 300 mg/L.

In marine environments, desalinated water for drinking purposes is subjected to mineralization before use. To effectively solve this problem, salts designed to mineralize different volumes of desalinated water, as well as different types of mineralizers, have been developed.

Modern ship desalination systems carry out deep desalination of sea water, resulting in practically desalinated or distilled water containing up to 0.5 mg/l of salts, mainly in the form of chlorides. In engineering practice, salinity is commonly denoted in degrees Brandt. 1°B corresponds to 10 mg/L of salts or 6.06 mg/L of chlorides. The lower the salinity of the distillate, the higher not only its technical qualities, but also its initial hygiene. Therefore, it is considered that desalinated water with salinity up to 30 mg/l meets hygienic standards and can

be used for preparation of desalinated drinking water. If the salinity of distillate exceeds 30 mg/l, such water should be thoroughly disinfected and used for washing.

Conditioning desalinated water involves two key processes: mineralization and disinfection. On ships, industrial sets of salts are utilized for mineralization, with each set comprising five salts.

During the evaporation process from seawater to desalinated water, various organic substances, including petroleum products, may transfer, leading to specific odors and tastes in the water. To address this, a filter-deodorizer is employed to remove these substances, thereby deodorizing the water and, if necessary, dechlorinating it in the presence of excess chlorine. Once treated, the water becomes suitable for cooking and drinking.

On ships, there are five primary methods employed for desalting seawater: distillation, chemical treatment, electrochemical processes, freezing, and membrane-based methods.

Among these methods, distillation stands out as the most prevalent technique for desalination on maritime vessels due to its cost-effectiveness relative to other desalination methods. The fundamental principle of distillation involves the separation of water molecules from dissolved salts during the process of water evaporation. This evaporation typically takes place at the surface layer of the water, where individual groups of molecules, through random collisions driven by thermal energy, acquire sufficient kinetic energy to overcome intermolecular forces and transition into the gaseous phase.

Scale formation poses a common challenge in marine thermal power engineering, manifesting as deposits of hardness salts like calcium and magnesium salts on various equipment surfaces, including heating elements, heat exchangers, pipelines, etc. These deposits not only increase energy costs and reduce equipment lifespan but also contribute to significant operational expenses and environmental emissions. The visual representation of typical scale deposits is depicted in Figure 1.

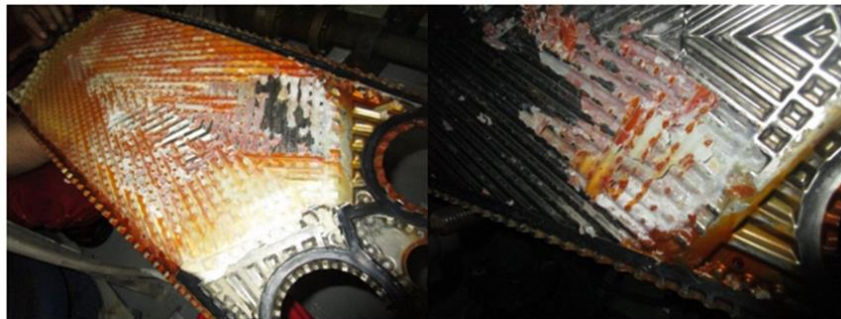


Fig. 1. Scale deposits on heat exchanger plates

Limescale, comprised mainly of calcium sulfate, calcium carbonate, magnesium oxide hydrate, and other salts, forms through the complex process of salt precipitation from oversaturated solutions. Salts' solubility in water varies with temperature, influencing their propensity to form scale. Various factors like salt concentration, evaporation conditions, solution residence time, and water treatment methods affect scale formation. Scale on heat exchanger surfaces impedes heat transfer by increasing thermal resistance.

The rate of hydroxyl and carbonate ion formation drives scale composition and intensity.

At temperatures exceeding 80 °C, the increased rate of hydroxyl ion formation decreases the concentration of carbonate ions in brine. The concentration of hydroxyl ions is restricted by the solubility of hydrogen magnesium oxide, and it can only increase until solid aqueous magnesium oxide begins to form. This delicate balance of ion concentrations and reactions across different temperatures plays a pivotal role in the scale formation process.

Using heat transfer equations, salt state equations, and scale deposition kinetic equations, a simplified model of the seawater distillation and scale deposition process can be developed. The main components of the model and the formulas used to describe them help to analyze the process of distillation and scale deposition in the system, taking into account various influencing factors.

To build a model of the seawater distillation and scale deposition process, we can use heat transfer equations, salt equations of state, and scale deposition kinetic equations. The main components of the proposed model are as follows:

- heat exchange in the distillation system;
- heat transfer and deposition kinetics;
- heat transfer equations for vapor cooling and deposition thermodynamics.

These parameters will allow you to simulate and analyze the processes of distillation and salt deposition in the system, taking into account various influencing factors. The following factors can also be included in the seawater distillation and scale deposition model to account for other processes:

- effect of salt concentration and pressure;
- accounting for the kinetics of scale deposition;
- accounting for heat transfer in various system components.

Considering the heat exchange in different parts of the system (e. g. evaporator, condenser, etc.), we can add the appropriate equations for each part to determine the overall heat balance.

For example, to take into account heat transfer in the evaporator:

$$Q_{\text{evap}} = U_{\text{evap}} \cdot A_{\text{evap}} \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{boil}}), \quad (1)$$

where: Q_{evap} – amount of heat transferred to the evaporator; U_{evap} – heat transfer coefficient in the evaporator; A_{evap} – surface area of the evaporator.

An additional equations and parameters will allow for a more accurate modeling and analysis of the distillation and deposition processes in the system, considering various influencing factors.

The model allows prediction and analysis of seawater distillation and scale deposition in the system. Some specific results that can be obtained from this model include understanding heat transfer efficiency, scaling rates, optimum operating conditions, salinity and pressure effects, heat exchanger design improvements, energy consumption analysis, scale control strategies, and process optimization recommendations. All of these results combine to improve the efficiency, sustainability and reliability of seawater distillation systems.

Conclusion. The presented model allows simulating the dynamics of scale formation in desalination systems. Taking into account key parameters such as temperature, salt concentration, residence time and surface characteristics, the model predicts the rate and nature of scale deposition. Understanding the relationship between salt solubility, evaporation conditions, and surface interactions is critical to the development of effective scale prevention and removal strategies and provides a basis for optimizing desalination processes to minimize scale formation problems. Strategies such as adjusting operating parameters, surface treatment, and improved brine management can significantly reduce scaling and improve system efficiency. Addressing scale buildup not only improves operational efficiency, but also contributes to sustainable water management. Reduced energy consumption, longer equipment life and reduced maintenance requirements are consistent with global efforts to conserve resources and protect the environment. Further refinement of the model, including real-time data input and validation of experimental results, will improve prediction accuracy.

References

1. Alfyansyah M.P., Ridwan M. and Siahaan R. Efforts to Sustain Fresh Water Production in Order to Improve the Performance of Fresh Water Generator on Mt. Rubra. *Int. J. Adv. Multidiscip.* 2023, vol. 2, pp. 612–6153. URL: <https://doi.org/10.38035/ijam.v2i2.303>
2. Bihn E., Smart C., Hoepting C.A. and Worobo R. Use of surface water in the production of fresh fruits and vegetables : a survey of fresh produce growers and their water management practices. *Food Protection Trends.* 2013, vol. 33, pp. 307–314.
3. Salaheldeen Amin S.A., Hassan M., Elaraby H. et al. Develop a fresh water production method from atmosphere. Preprint (Version 1), 03 August 2023. Available at Research Square. URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3192768/v1>
4. Hermanto A. and Rajiman M. Designing a Fresh Water Generator Application using Adobe Animate. *RSF Conf. Ser. Eng. Technol.* 2023, vol. 3 (1), pp. 53–57. URL: <https://doi.org/10.31098/cset.v3i1.732>.
5. Anagboso M., Etim C., Akpanenang E. and Osuala O. The dynamics of microorganisms and their association with clam in fresh water ecosystem. *Magn. Sci. Adv. Biol. Pharm.* 2023, vol. 10 (1), pp. 001–018. URL: <https://doi.org/10.30574/msabp.2023.10.1.0058>.
6. Gong Z.J., Hu Z.C., Bai Z.J., Yu X.A., Liu Z. and Wang Y.Q. Fe_{1-x}Ni_x(PO₃)₂/Ni₂P Heterostructure for Boosting Alkaline Oxygen Evolution Reaction in Fresh Water and Real Seawater at High Current Density. *Inorganic Chemistry.* 2023, vol. 62. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.3c01639>.

UDC 656.65

MODELING SHIP-WIND TURBINE DYNAMICS FOR OPTIMAL ENERGY GENERATION AND NAVIGATION

Oleksiy Melnyk¹, PhD (Eng.), Assoc. Prof., Svitlana Onyshchenko²,
Sc. D. (Econ.), Professor, Nadiia Sudnyk³, PhD (Econ.), Assoc. Prof.,
Petro Nykytyuk⁴, Senior Lect., Kostyantyn Koryakin⁵, Sen. Lect.

Odesa National Maritime University, Ukraine

[1m.onmu@ukr.net](mailto:m.onmu@ukr.net); [2onyshenko@gmail.com](mailto:onyshenko@gmail.com); [3sudnyknv@ukr.net](mailto:sudnyknv@ukr.net);

[4gelaevnvk@ukr.net](mailto:gelaevnvk@ukr.net); [5eagleonx@gmail.com](mailto:eagleonx@gmail.com)

Problem statement. The maritime industry is a vital component of global transportation networks, playing a crucial role in international trade, logistics and passenger transportation. As it evolves, increasing attention is being paid to the sustainability, efficiency and safety of all operational aspects such as environmental sustainability, energy optimization and the search for efficient sources of clean energy. Modeling the dynamics of a ship-wind turbine system to optimize power generation helps maximize the energy output of wind turbines while maintaining the stability and safety of ship navigation.

Purpose of the study. Develop mathematical models describing the interaction of wind forces, turbine performance and ship dynamics to investigate the impact of different wind conditions, turbine design and navigation parameters on energy efficiency, which will provide valuable practical recommendations for the implementation of wind energy technologies in maritime operations, promoting sustainable development and environmental standards in shipping. This study focuses on the development of a model aimed at simulating the dynamics of ship-wind turbine systems with the dual objectives of optimizing energy generation and ensuring safe and efficient shipping and aims to provide valuable insights into the implementation of wind energy technologies in marine operations, thereby contributing to the development of sustainability and environmental friendliness in the shipping industry.

Results. The relevance of using wind turbines on ships for energy production is driven by the growing need to move towards sustainable and environmentally friendly methods of maritime transport. Wind turbines offer renewable wind energy to generate electricity, reducing dependence on fossil fuels and reducing its environmental footprint cut down operating costs associated with fuel consumption.

Wind energy technologies have gained significant traction in maritime applications due to their potential to reduce fuel consumption and environmental impact. Several key technologies and systems are employed on ships to harness wind energy effectively:

- Sails and Rotor Systems. Traditional sail systems have been modernized with advanced materials and designs, enhancing their efficiency and durability. Rotating mast systems and automated sail control mechanisms optimize wind capture.

- Flettner Rotors. Flettner rotors utilize the Magnus effect to generate propulsion force perpendicular to the wind direction. These rotors are increasingly integrated into ship designs to provide supplementary thrust.

- Kite Systems. Tethered kite systems exploit high-altitude winds to generate electricity or propulsion force. They offer a compact and versatile solution for wind energy utilization on ships.

- Hybrid Wind Propulsion Systems. Integrating wind turbines or sails with conventional propulsion systems creates hybrid setups. These systems intelligently manage power generation based on wind conditions and ship operational requirements.

It is necessary to solve the problems of optimizing the efficiency of turbines, integrating systems into existing ship designs and ensuring reliable electricity production in variable wind conditions.

The installation of wind turbines on ships requires careful planning to reduce aerodynamic drag and structural loads. The presence of turbines also affects ship stability, requiring adjustments to navigation strategies and ballast management to ensure safe operation.

Ship-wind turbine dynamics modeling involves simulating the interactions between a ship and a wind turbine system to optimize energy generation and navigation enabling informed design decisions and operational strategies for energy-efficient and navigation-optimized ship systems.

The power of a wind turbine on a ship is assessed according to different criteria, depending on the specific characteristics of the turbine and the ship. One of the most common is Betz's law, which calculates the maximum theoretical power that can be obtained from a wind turbine, assuming ideal efficiency. Blade element momentum theory takes into account the aerodynamics of turbine blades and calculates power output based on local wind speed at various points along the blade. The power curve formulation of a wind turbine uses a predefined power curve that relates the power output of the turbine to the wind speed. The actual power output of a wind turbine on a ship will depend on many factors, including wind conditions, the speed and direction of the ship, and the efficiency of the turbine itself. To develop a system of differential equations for the motion of a ship with a wind turbine, it is necessary to take into account the forces and moments acting on the ship and the wind turbine.

The thrust generated by the wind turbine, can be modeled as a function of the wind speed and the pitch angle of the turbine blades. The pitch angle can be controlled by the ship's autopilot system to maximize the power output of the turbine. The simulation of the ship and wind turbine motion in time can be solved numerically using various methods, such as the Runge-Kutta method or the Adams-Beshforth method. These expressions can be refined depending on the specific details of the vessel and wind turbine, such as the shape of the hull, the number of blades on the wind turbine, and the type of propulsion system used to simulate the motion of the vessel and wind turbine under different operating conditions.

Wind Turbine Power Dependence on Parameters

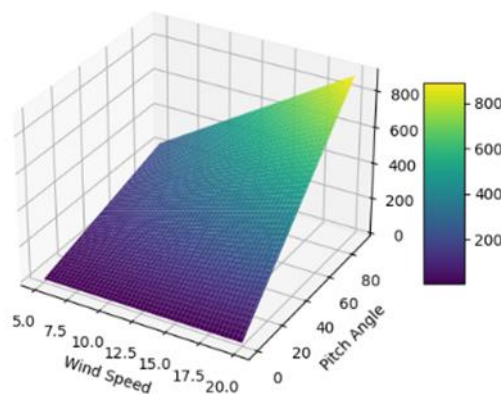


Fig. 1. Wind turbine power dependence on parameters

The graph in Figure 1 shows the power output of a wind turbine on a ship as a function of wind speed and the angle of the turbine blades. The X axis represents the wind speed (in meters per second), the Y axis represents the angle of the turbine blades (in degrees). The Z

axis represents the power output of the wind turbine (in kilowatts), which is calculated based on a given wind turbine power calculation function based on given parameters such as wind speed and blade angle of attack. This function can be a mathematical model or physical calculations that take into account the aerodynamic characteristics of the turbine blades, wind speed and other parameters. Typically, these calculations are based on formulas that take into account the efficiency of converting the kinetic energy of the wind into the mechanical energy of the blades and then into the electrical energy of the generator.

The graph demonstrates that optimal levels of power output can be achieved at certain combinations of wind speed and blade angle and can be useful for optimizing the performance of wind turbines on ships, as well as for making decisions about blade angle settings to maximize power production under different wind conditions.

The modeling takes into account the aerodynamic characteristics of the turbine blades, wind speed and other parameters, such as the angle of attack of the blades and the rotor speed. This calculation is usually based on appropriate aerodynamic models and formulas that describe the interaction of turbine blades with air flow. The resulting torque is an important parameter in the design and performance evaluation of wind turbines. At certain combinations of wind speed and blade angle, an optimal torque value is achieved, which can be important when designing and optimizing the operation of wind power plants on ships.

The analysis of the obtained simulation results includes an assessment of the efficiency of wind energy use in the context of reducing energy consumption and the efficiency of the ship. The results of the analysis can determine the impact of a wind turbine on vessel performance, taking into account various conditions such as wind speed and direction, wind turbine size and characteristics, and vessel design and type. The model allows you to evaluate the actual reduction in energy consumption and the effectiveness of alternative energy sources on a floating facility. Navigation characteristics such as speed, controllability, stability and maneuverability of the vessel are also subject to analysis to identify possible changes or improvements when using a wind turbine.

The main aspects of the analysis include estimation of fuel savings, changes in the course angle or speed of the vessel under different wind farm modes of operation, and the impact on the overall performance and environmental sustainability of the vessel. The results obtained can be used to optimize wind turbine operation, develop energy saving strategies and improve the efficiency of offshore vehicles in general.

Conclusion. The study evaluated the efficiency of wind energy utilization on ships, revealing the significant potential of this method to reduce energy costs and the environmental impact of shipping. The results showed that wind turbine integration contributes to improving the energy efficiency of ships and reducing dependence on traditional fuels. Further research in this area can focus on optimizing wind turbine design for different types of ships, developing intelligent energy management systems, and studying the effect of wind conditions on the navigation of ships with installed wind turbines. These steps can contribute to the further development of environmentally sustainable maritime transportation and improve the overall energy efficiency of the industry.

References

1. Issenov S., Antipov P., Koshumbayev M. and Issabekov D. Development of a wind turbine with two multidirectional wind wheels. *Eastern-European J. Enterp. Technol.* Vol. 1, pp. 47–57, 2024. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.299128>
2. Romeo M., Ciortan S., Amortila V. and Rusu E. Long-term wind speed evaluation for romanian wind farms, in advances in clean energy systems and technologies. *L. Chen, Ed. Green Energy Technol.* 2024. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49787-2_7

3. Rao V. The interaction between synoptic wind and local wind circulations, sea breeze. *Asian Acad. Res. J. Multidiscip.* Vol. 2, p. 105, 2024.
4. Antonini E., Virguez E., Ashfaq S. et al. Identification of reliable locations for wind power generation through a global analysis of wind droughts. *Commun. Earth & Environ.* Vol. 5, pp. 1–9, 2024. URL: <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01260-7>
5. Huang C., Liu C., Zhong M., Sun H., Gao T. and Zhang Y. Research on wind turbine location and wind energy resource evaluation methodology in port scenarios. *Sustain.* Vol. 16, p. 1074, 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/su16031074>
6. Melnyk O., Onyshchenko S. and Onishchenko O. Development measures to enhance the ecological safety of ships and reduce operational pollution to the environment. *Sci. J. Silesian Univ. Technol. Ser. Transp.* Vol. 118, pp. 195–206, 2023. URL: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.13>
7. Volyanskaya Y., Volyanskiy S., Onishchenko O. and Nykul S. Analysis of possibilities for improving energy indicators of induction electric motors for propulsion complexes of autonomous floating vehicles. *East. Eur. J. Enterp. Technol.* Vol. 2 (8–92), pp. 25–32, 2018. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126144>

UDC 69:658.26

INVESTIGATION OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE GLAZING OF A BUILDING WINDOW UNDER WIND INFLUENCE

Potapchuk Iryna¹, Ph. D., Assoc. Prof.,
Bosyi Dmytro², Dr of Tech. Sc., Assoc. Prof., **Zhevzhyk Oleksandr**³, Ph.D., Assoc. Prof.,
Radkevych Anatolii⁴, Dr of Tech. Sc., Prof.

Ukrainian State University of Science and Technologies

¹ i.y.potapchuk@ust.edu.ua; ² d.o.bosyi@ust.edu.ua; ³ o.v.zhevzhyk@ust.edu.ua;

⁴ a.v.radkevich@ust.edu.ua

Statement of the problem. It is known that under normal conditions, 20 to 30 % of a house's heating energy is lost through windows, and these losses can significantly increase when the surface is exposed to strong winds.

One of the major factors contributing to significant heat loss through windows is free convection – the movement of fluid within a gravitational field caused by temperature field unevenness. When the vertical layer's side surfaces (window glass) containing liquid or gas have different temperatures, it leads to circulatory convective motion within the layer. For small temperature differences between surfaces, convective heat transfer is considerably less than that by conduction, indicating a “weak influence” of convection on overall heat transfer. The “weak influence” threshold is at the Rayleigh number level, defined by the distance between walls, 10^3 , and for air, with a 10 K temperature difference between surfaces, this distance is about 0,01 m. However, for many practically important cases with uneven temperature distribution on surfaces, Rayleigh numbers are significantly higher, and heat transfer occurs mainly through convection.

The aim of the study is to develop a mathematical model for the movement and heat exchange of air in a window glazing and to conduct an investigation of the corresponding velocity and temperature fields under the influence of wind.

The main part of the study. Let's consider the air movement and heat transfer during natural convection in a flat, enclosed, vertical layer of window double glazing, positioned between two vertical surfaces of equal height, set at a predetermined distance from each other.

To construct the mathematical model, we will use the classical two-dimensional Navier-Stokes equations for convective movement and heat exchange within the Boussinesq approximation [1]. These equations are derived from the general Navier-Stokes equations for compressible gas, assuming that its density does not depend on pressure but can depend on temperature, leading to forces that cause convective movement. It is also assumed that deviations of all thermodynamic parameters from the average values are insignificant. Changes in pressure and kinetic energy are not considered in the energy equation.

The boundary conditions for the equations of motion are zero air velocity at the solid boundary of the calculation area, and for the energy equation, the thermal insulation conditions at the ends of the double-glazed unit and the third-type boundary on vertical surfaces (glass surfaces).

Forced convection occurs near the external surface of the double glazing, where wind speed plays a determining role. On the surface located inside the building, a heat transfer coefficient corresponding to free convection was specified.

The heat transfer coefficient for forced convection from the external surface of the window was determined using empirical formula [2].

To solve the obtained system of differential equations, the control volume method [3] was utilized.

As a result of the calculation, velocity and temperature fields were obtained, from which streamlines and isotherms were constructed. These results indicate that the influence of convection on heat transfer significantly increases as the distance between vertical surfaces increases. Reducing the distance between the vertical surfaces of the glass leads to significant inhibition of air movement due to viscous forces and reduction of heat losses, which can be the starting point for choosing renewable energy sources based on an economic and applied approach [4].

Conclusion. The constructed mathematical model enables the investigation of velocity and temperature fields in the window glazing under wind influence and to determine heat loss during the winter period depending on weather conditions.

References

1. Kleinstreuer C. Engineering Fluid Dynamics An Interdisciplinary Systems Approach. Cambridge University Press, 1997.
2. VDI Heat Atlas. Springer Berlin Heidelberg. 2010. DOI: 10.1007/978-3-540-77877-6.
3. Patankar S.V. Numerical heat transfer and fluid flow. Washington–New York–London : Hemisphere Publishing Corporation, 1980.
4. Antonov A. and Bosyi D. Renewable Electricity Sources Selection Based on the Economy Applied Approach. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2022 : Conference Proceedings, 12–14 October 2022, Kyiv, Ukraine. Kyiv, 2022, pp. 382–385. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969297.

UDC 69:681.5

SMART BUILDINGS TECHNOLOGIES – IMPLEMENTATION EXPERIENCE

Savytskyi M.¹, Prof., Dr.Sc. (Tech.), Pereginets I.², PhD, Babenko M.³, PhD,
Bordun M.⁴, PhD, Shevchenko T.⁵, PhD, Assoc. Prof.

^{1, 3, 4, 5} Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,

² Academy of Construction of Ukraine

¹ ms@pdaba.edu.ua; ² iintcabu@gmail.com; ³ babenko.marina@yahoo.com;

⁴ bordun.maryna@pdaba.edu.ua; ⁵ shevchenko.tetyana@pdaba.edu.ua

Problem statement. Smart home technologies, often known as “intelligent homes” or “smart-home” are becoming increasingly common in the modern world.

Building automation systems (BAS) or Building management systems (BMS) are the basis of smart buildings. Network of sensors, controllers and devices are used in these systems to automate and optimize building operations, including heating, ventilation, and air conditioning (HVAC), lighting, security systems, etc.

The smart buildings technologies are used to increase energy efficiency, occupant comfort, environmental protection, to provide security, access control and also reduce operating costs.

The beginning of the use of smart buildings technologies can be considered the early of the 20th century, when thermostats began to be used for regulation of the indoor temperatures in buildings.

However, significant development of smart building technologies began in the 1980s due to the global energy crisis and the need to solve energy efficiency problems in the residential sector of the economy.

In the 1990s, with the introduction of new technologies such as sensors, automation, and computer systems that formed the centralized building management system (BMS), the concept of “smart” buildings significantly evolved. New technologies are already allowed to control various systems in the building, including heating, ventilation, air conditioning, and lighting.

Since the early 2000s, the number of devices for smart buildings has been rapidly increasing and uniting by in the concept of “Internet of Things” (IoT). IoT devices are basically smart devices that are connected to the Internet and are able to interact with other devices via the Internet. While the user can remote access to control the devices according to your needs.

Purpose of the study. The aim of this work is to highlight the implementation experience elements of smart building technology in the execution of scientific research and scientific-technical projects at the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. Additionally, the issues related to Internet of Things (IoT) technology will be reviewed.

Main results. In the modern world, the majority of everyday tasks are simplified or automated, and this trend continues to grow with each passing year. Electronics and remote-control technologies got deeply integrate into the daily lives of contemporary individuals. The popularity of automated systems, such as “smart homes” is driven by people's desire for comfort and convenience. One such technology is the Internet of Things (IoT).

The Internet of Things (IoT) is a concept of a network that is consist of interconnected physical devices with embedded sensors, as well as software that enables the transmission and exchange of data between the physical world and computer systems automatically, using standard communication protocols. In addition to sensors, the network may include actuators embedded in physical objects and connected to each other through wired or wireless

networks. These interconnected devices have the ability to read, process, analyze data and the system can make decisions according to received data, and can eliminate the need for human intervention through the use of intelligent interfaces [1].

The main concept of IoT is the ability to connect various objects (things) that people use in everyday life, such as refrigerators, air conditioners, cars, etc. All these objects (things) must be equipped with built-in sensors that can process information from the surrounding environment, exchange it, and perform various actions based on the received information. An example of implementing such a concept is the “smart home” system. One of the directions of operation of such a system is monitoring and regulation of microclimate parameters in the premises of a building without human intervention.

The Internet of Things (IoT) has the potential to bring about significant changes in everyday life, providing ordinary users with an entirely new level of comfort. However, such smart systems have a both range advantages and disadvantages and dangers.

The advantages of IoT Technology are providing good automation and control between devices and machine interaction, the saving a lot of time and the saving money by reducing manual task and time, the increasing quality of life.

The disadvantages of IoT Technology are the lack of international standards for interoperability, they may become highly complex resulting in failure, IoT devices may get affected by privacy and security breach, reduced safety for users, reduced of the employment of manual tasks and job reductions, Internet of Things devices may take control of life in due course of time with increasing AI technology.

The experience of implementing and using smart technologies in scientific projects of PSACEA. A smart system for monitoring microclimate parameters was used to evaluate the efficiency of using thermal accumulators in the greenhouse heating system (Fig. 1).

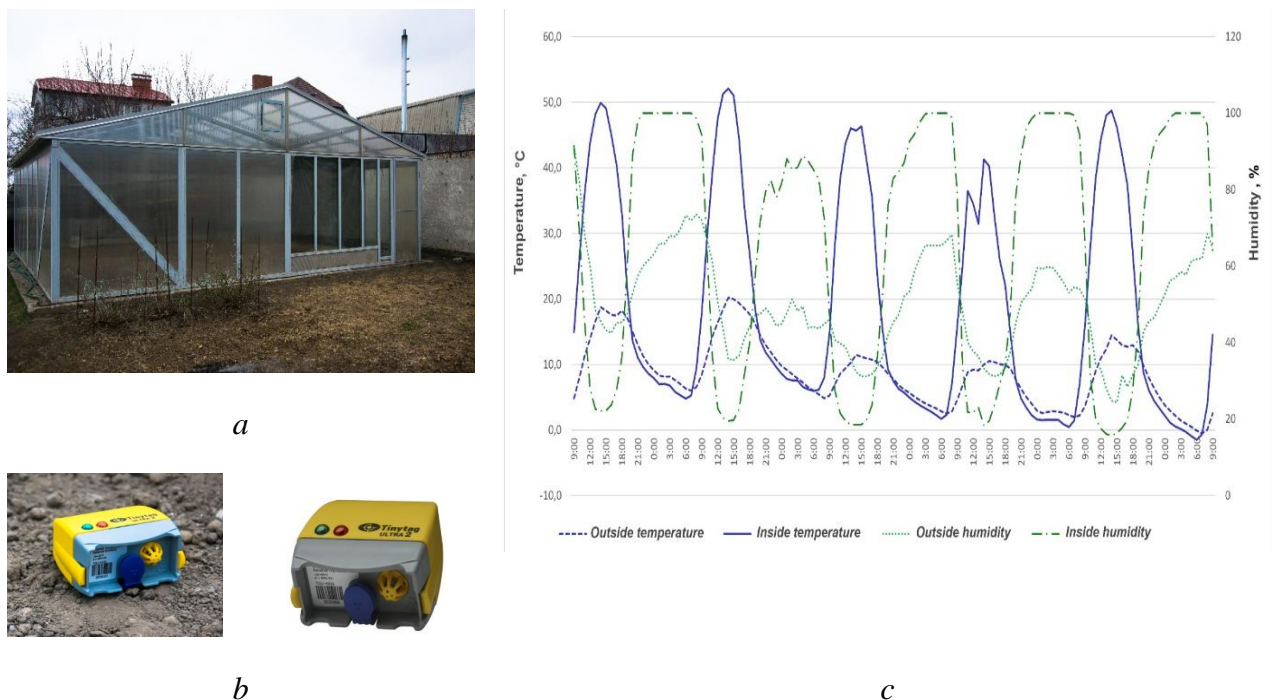


Fig. 1. Study of the efficiency of using heat accumulators in the greenhouse heating system: a) general view of the experimental greenhouse; b) Tinytag Ultra 2 data logger; c) experimental measurements of the temperature and humidity inside and outside the greenhouse

The system consisted of digital sensors Tinytag Ultra 2 TGU-4500 to continuity control temperature and relative humidity indoor and outdoor of greenhouse during long time and software for data decryption [2].

Some elements of construction smart technologies have been implemented in PSACEA, namely: security elements – surveillance cameras both outside and inside the premises, elements of remote monitoring of heat consumption in the dormitories of the academy, management of the lighting of the facades and premises of the academy, monitoring of electricity generation of the solar power plant (Fig. 2).

The following smart building technologies have been realized in a private building in the village of Slobzhanske 14 Vyshneva str.: hybrid solar power plant with a capacity of 15 kW with electricity accumulators and monitoring of electricity generation; heat recovery ventilators; heated windows (Fig. 3).



Fig. 2. Elements of smart technologies in PSACEA: a) security elements – surveillance cameras both outside and inside the premises; b) management of the lighting of the facades; c) monitoring of electricity generation of the solar power plant



Fig. 3. Elements of smart building technologies in a private house in the village of Slobzhanske: a) building facade with solar panels; b) solar system control panel; c) heat recovery ventilator

In a first energy efficient building in Ukraine Optima House in the village Mykulichi near Kyiv the complex smart building technologies have been implemented, namely management of heating, ventilation, and air conditioning, lighting and security systems [3] (Fig. 4).

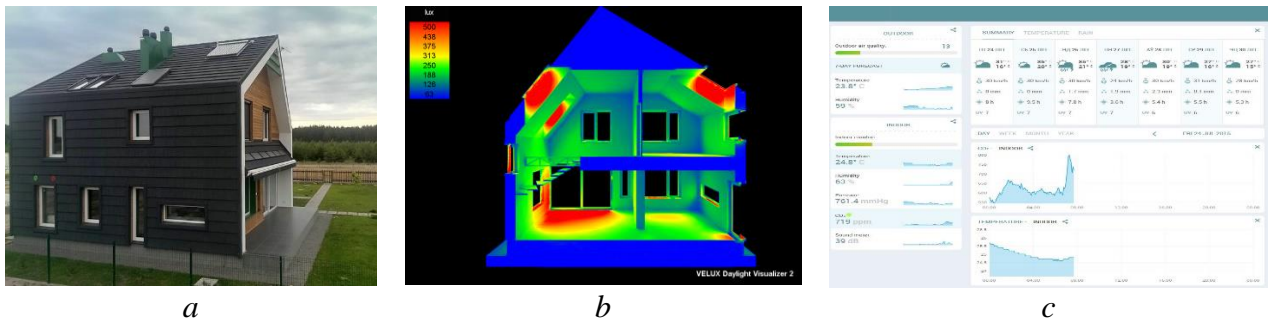


Fig. 4. Smart building technologies in Optima House: a) general view of the Optima-House building; b) daylight visualizer test; c) monitoring system of microclimate parameters

The technical solution for a proactive management system of residential buildings has been developed and realized in the residential complex “Panorama” while to work under the international project PRECEPT.

The technical solutions are based on smart building technology and provides monitoring and management of thermal and electrical energy consumption, microclimate parameters (temperature and humidity), and air quality (carbon dioxide level) [4] (Fig. 5).

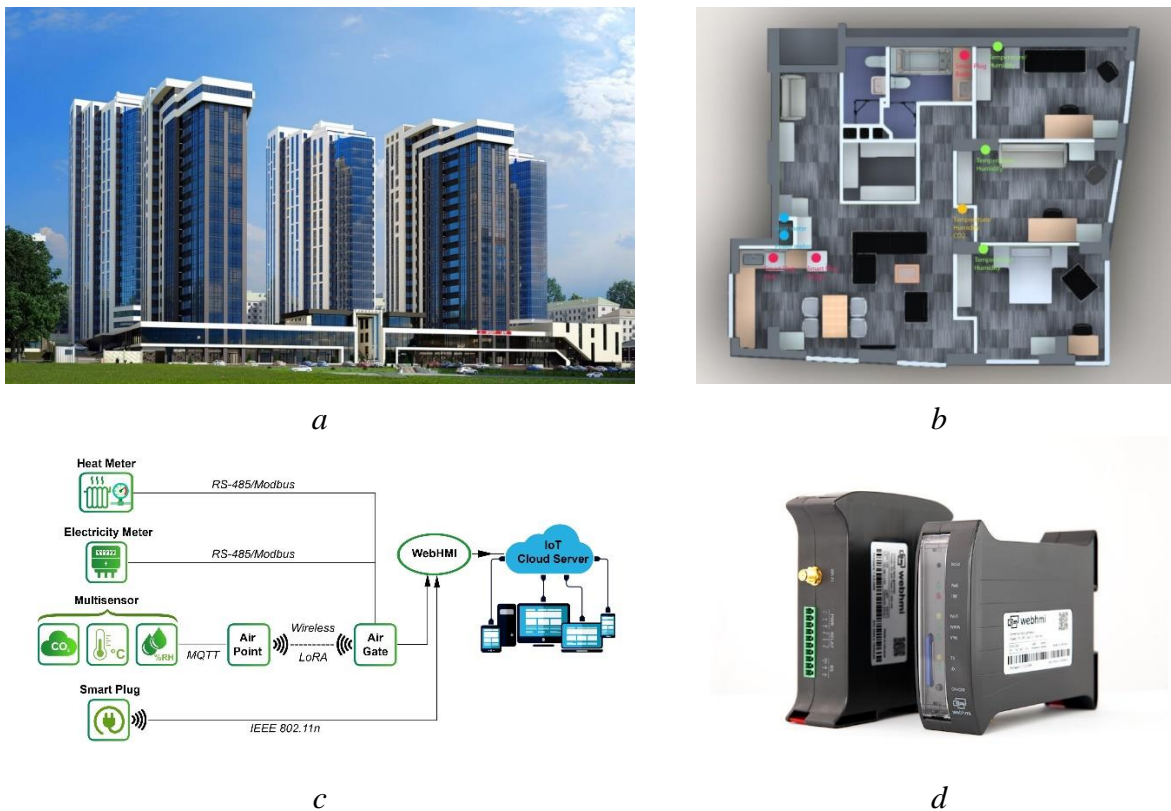


Fig. 5. Smart building technologies in residential complex Panorama: a) pilot object – Panorama residential complex; b) installation scheme of smart equipment in a typical apartment; c) Schematic diagram of a technical solution for a proactive management system for residential buildings; d) the controller WebHMI

Conclusion. Smart technologies unclose significantly potential for improving quality of life. Today, the evolution of smart buildings continues with the development of new technologies such as edge computing, 5G networks, artificial intelligence (AI), machine learning, blockchain, and advanced sensors.

Smart homes represent a significant step towards a more intelligent, convenient, and sustainable future. With the rapid technological progress, it can be expected that smart homes will continue to evolve, offering increasingly innovative solutions to better meet the needs of users.

References

1. Internet of Things. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей (in Ukrainian).
2. Bordun M.V. Energy-efficient structures of greenhouses : dis. ... Doctor of philosophy : 192 – Construction and Civil Engineering. Dnipro, 2021, 201 p. (in Ukrainian).
3. Optima-House – multi-comfortable house. URL: <https://optimahouse.com.ua/> (in Ukrainian).
4. Ukrainian Pilot. RC Panorama Ukraine, Dnipro city. URL: <https://www.precept-project.eu/ukrainian-pilot/>.

UDC 69(477)+338.2(477)

PECULIARITIES OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE POST-WAR RESTORATION OF INFRASTRUCTURAL OBJECTS IN UKRAINE

Savytskyi M.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., Radkevych A.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Savytskyi O.³, PhD, Tetyana Shevchenko⁴, PhD, Assoc. Prof.,
Pavlo Pshinko⁵, PhD

^{1, 2, 3} *Ukrainian State University of Science and Technologies,*

^{4, 5} *Prydniprovska Sstate Academy of Civil Engineering and Architecture*

1ms@pdaba.edu.ua; anatolij.radkevich@gmail.com; 3san.stroitel@gmail.com;

4shevchenko.tetyana@pdaba.edu.ua; 5dgt.dnipro@gmail.com

Problem statement. As a result of russia's insidious war against Ukraine, thousands of infrastructure facilities and energetical objects were destroyed or damaged. We are sure, Ukraine will win this war. Already today, the territories of the country freed from the occupiers with the destruction of residential and civilian buildings, infrastructure facilities need restoration. In Ukraine, the Government Plan for the Recovery of Ukraine has been developed. Ukraine's recovery plan is aimed at accelerating sustainable economic growth. But this Program outlines general approaches and directions for the recovery and development of Ukraine. Therefore, it is necessary to develop detailed local programs that contain organizational and technological approaches to the implementation of restoration works. The programs must to help local authorities, territorial communities in which housing and social infrastructure objects were damaged or destroyed as a result of russian armed aggression, to make decisions regarding the planning and implementation of restoration works and the development of territories.

Purpose of the study. To develop detailed local program which specifies the National Programs of the Recovery Plan of Ukraine and contain organizational and technological approaches to the implementation of restoration works.

Main results. The war, insidiously unleashed by russia against Ukraine, continues. russian armed aggression against Ukraine includes: Russia's armed invasion of Crimea on February 20, 2014, the war in eastern Ukraine (Donbas) since April 2014, and the full-scale invasion of Ukraine by russia on February 24, 2022.

The war brought many human victims. From February 24, 2022 to January 10, 2024, 10,233 civilians were killed and 19,28 were injured. Human rights activists claim that up to 700,000 Ukrainian children were forcibly taken to russia. The kidnapping of young Ukrainians by russia is a crime of genocide. The number of refugees from Ukraine reaches 6.3 million worldwide [1].

The extent of the destruction of civil infrastructure as of February 20, 2023 is estimated at 81305 destroyed and damaged objects. More than 44 million square meters of housing stock worth 39.3 billion dollars were destroyed. As a result of the russian armed aggression against Ukraine on June 1, 2022, Ukraine lost 35 percent of its GDP, and direct losses from the war already exceed 600 billion dollars. The World Bank estimated Ukraine's losses from the war at 350 billion (as of June 1, 2022).

But the war will still end with our victory and it will be necessary to rebuild the country. In Ukraine, the Government Plan for the Recovery of Ukraine has been developed [2]. Within the framework of the plan, a list of 17 National programs for achieving key results has been determined. Among the National programs, 5 of them directly affect the construction sector of the economy: Strengthening defense and security; Reconstruction of a clean and protected environment; Energy independence and the Green Course; Restoration and modernization of

housing and infrastructure of the regions; Restoration and modernization of social infrastructure.

The construction industry will play a key role in the recovery of Ukraine. It is known that the level of development of construction speaks about the economic development of the country and the standard of living of its population. The share of construction in the GDP of Ukraine in 2010 was 8 %, today it is slightly more than 2 %. In EU countries, according to 2019 data, the industry provides 9 % of GDP. Construction during the three months of the war was reduced by 70 %, the cost of construction increased by 20 % [3].

We have developed the Program “Regenerative industrial construction (restoration of destroyed) objects of the social infrastructure of Ukraine using recycling and distributed energy technologies”, which specifies the National Programs of the Recovery Plan of Ukraine. The program is designed to help local authorities, territorial communities in which housing and social infrastructure objects were damaged or destroyed as a result of Russian armed aggression, to make decisions regarding the planning and implementation of restoration works and the development of territories. The program includes technologies and organization of restoration works of infrastructure objects of Ukraine.

Main features of the Program:

1. Focus on low-rise construction. Energy-efficient reconstruction. Three zero buildings – zero energy, zero emissions, zero waste.
2. Industrial (factory-made) architectural-constructive-technological systems of buildings to ensure high rates of construction.
3. Technologies of recycling (reusing) materials of destroyed buildings and structures.
4. Creation of a network of distributed small industrial productions, close to the places of destruction areas and construction sites for the rationalization of transport costs.
5. Use of distributed (decentralized) energy systems using renewable energy sources to ensure autonomous production.

Organization of the implementation of the stages of the Program:

1. Assessment of the amount of destruction of social infrastructure objects of a separate region or city of Ukraine as a result of the war.
2. Diagnosis and evaluation of the local scale of the destruction of social infrastructure objects by robotic and IT technologies for the selection of machines and mechanisms for the dismantling of destroyed objects.
3. Diagnostics and assessment of the technical condition of damaged buildings and structures for the development of capital repair technologies, strengthening, and reconstruction of structural elements of structures.
4. Development of detailed local programs for the restoration of destroyed social infrastructure facilities with the involvement of local authorities and territorial communities.
5. Development of detailed area plans (DPT) – urban planning documentation of the local level and land management documentation, which determines the planning organization and development of the territory.
6. Design of objects of housing and social infrastructure with the development of estimate documentation to determine the necessary amounts of financing.
7. Restoration of damaged buildings and structures in non-emergency technical condition (overhaul, strengthening, reconstruction).
8. Dismantling of buildings and structures that are in an emergency technical condition and completely destroyed.
9. Creation of distributed energy systems of production, transformation, storage and use of energy for the production process.

10. Construction of local technological lines for the production of industrial elements and building structures.

11. Determination of construction organizations for construction works.

12. Restorative construction (restoration of destroyed) objects of social infrastructure

Reconstruction of the country after the war will be a great challenge for our state in its history. The restoration of Ukraine is not the reconstruction of Ukraine to the pre-war state, it is a comprehensive transformation, a deep modernization of the country. That is why the construction industry of Ukraine should be the locomotive of innovative reconstruction of infrastructure facilities. The main criteria for evaluating this process will be the quality and speed of reconstruction. It is possible to achieve this through the introduction of modern construction methods using construction products of industrial (factory) manufacture in combination with the most modern design approaches based on BIM technologies [4].

Conclusion. 1. Developed the Program “Regenerative industrial construction (restoration of destroyed) objects of the social infrastructure of Ukraine using recycling and distributed energy technologies”, which specifies the National Programs of the Recovery Plan of Ukraine.

1. Modern organizational and technological solutions are proposed to speed up renovation works, reduce construction costs, ensure energy security, and provide modern energy-efficient architectural solutions for residential buildings: low-rise residential buildings; energy-efficient buildings; industrial (factory-made) architectural-constructive-technological systems; recycling (reusing) materials of destroyed buildings; distributed small industrial productions, close to the places of destruction areas and construction sites; distributed (decentralized) energy systems using renewable energy sources.

2. The main organizational and technical stages of work execution according to the program are defined.

References

1. URL: <https://suspilne.media/658596-ponad-10-200-civilnih-zaginulo-vid-pocatku-vtorgnenna-rosii-zokrema-odna-ditina-pomerla-v-poloni-oon/>
2. Plan for the Recovery of Ukraine. URL: <https://recovery.gov.ua/>
3. M. Savytskyi. The state of the construction industry in Ukraine and promising for its development. Conference Proceedings ICCX Central Europe. 2023, 08–09 March 2023, Warsaw, Poland, p. 19.
4. BIM technology presentation. Building Information Modeling (BIM). URL: <https://www.slideshare.net/hamzaaaaaah/building-information-modeling-bim-71367791>

UDC 691.32:681.5

PROSPECTS FOR CREATING SMART BUILDINGS USING SMART CONCRETE

Savytskyi M.¹, Prof., Dr. Sc. (Tech.), Sukhyi K.², Dr. Sc. (Tech.),
Zaichuk A.³, Dr. Sc. (Tech.), Shevchenko T.⁴, PhD, Assoc. Prof.,
Polishchuk Y.⁵, PhD, Assoc. Prof.

^{1,2} *Ukrainian State University of Science and Technologies,*

⁴ *Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,*

^{3,5} *Ukrainian State University of Chemistry and Technology*

¹ms@pdaba.edu.ua; ²k.m.sukhyi@ust.edu.ua;

³prorector_1@udhtu.edu.ua; ⁴shevchenko.tetyana@pdaba.edu.ua; ⁵impus@ukr.net

Problem statement. The concept of “Smart Home Technologies” today is associated with a network of various sensors, controllers and devices to automate and optimize functions in buildings, including heating, ventilation and air conditioning, lighting, security systems, etc. Along with the undeniable advantages of smart building technologies that improve the quality of life, they may become highly complex resulting in failure. Therefore, along with the development of high technologies, it is advisable to use processes that occur in living nature. We think no one will deny that it is nature that has created the most perfect technologies.

One of the elements that supports life on Earth is carbon. Along with oxygen, it is the most common in the human body and biosphere. The life on earth is sustained by the process of photosynthesis. Photosynthesis is the process by which plants use sunlight, water, and carbon dioxide to create oxygen and energy in the form of sugar [1].

Modern achievements in materials science make it possible to create concrete carbon composites, which are energy-harvesting systems that imitate natural processes.

Purpose of the study. The purpose of this research is to identify the possibilities of creating “smart” concrete, which, thanks to the properties of electrical conductivity, thermal conductivity, electromagnetism, and piezoresistive properties, can be used to create hybrid structures with systems for monitoring the structural condition of load-bearing structures; energy generation, transformation and storage; perform the functions of lighting, heating and heating systems of buildings.

Main results. Carbon in natural and modified forms (Table 1–3) is widely used in industry [2]. The invention of graphene and its modifications creates new possibilities within materials technology and electronics.

Graphene is an allotrope of carbon consisting of a single layer of atoms arranged in a hexagonal lattice nanostructure [3]. The name is derived from “graphite” and the suffix-ene, reflecting the fact that the graphite allotrope of carbon contains numerous double bonds.

Single-layer graphene was explored theoretically in 1947. But only in 2004 Konstantin Novoselov and Andre Geim (University of Manchester, United Kingdom) successfully produced this material, graphene, and mapped its properties: incredibly thin but still incredibly strong, good heat and electrical conductivity, almost entirely transparent yet very dense. At 2010 Andre Geim and Konstantin Novoselov was awarded The Nobel Prize in Physics “for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene”.

Despite its relatively young age, 20 years, graphene and its modifications are used today in many industries, including construction.

Prospective directions of use in construction are composites and energy. On the basis of graphene and its modifications, as well as carbon materials, composites with outstanding properties have already been obtained. Thus, on the basis of the assembly of graphene and carbon nanotubes (CNTs), ultra-flyweight aerogels (UFAs) were obtained, which are 7.5 times lighter than air and can be used as an ultra-effective thermal insulating material [4].

Table 1

Natural carbon forms

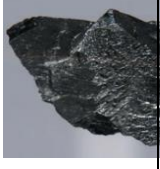
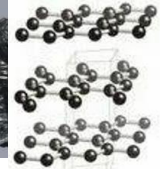
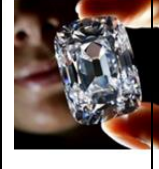
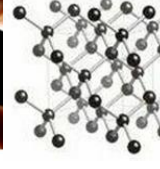

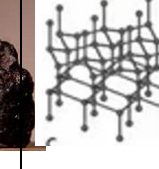
					
graphite		diamond		lonsdale – diamond	

Table 2

Amorphous carbon modifications


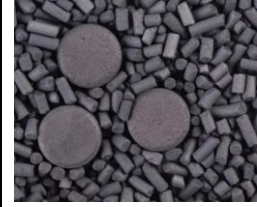







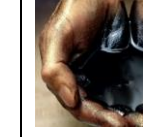
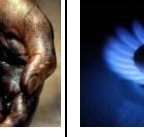
			
carbon black	activated carbon	charcoal	coke

Table 3

Carbon in compounds

						
peat	brown coal	coal	anthracite	oil shale	oil	gas

Carbon fiber composite materials, also known as carbon fiber reinforced plastics (CFRP), are composite materials made of carbon fibers and resin (mainly epoxy resin) [5]. Carbon fiber can also be referred to as graphite fiber or carbon graphite. As light, strong, and hard materials, they are used in wide range of applications. In Construction Carbon Fiber Fabric is used: for Precast Concrete Construction, as Reinforcement, in Bridge Construction.

On the basis of the concrete matrix and functional fillers with physical effects, it is possible to obtain smart – concretes and, first of all, energy-generating and energy-storing ones. Combination in a certain way the most used artificial material in the world, cement, whose age reaches two thousand years, with technical carbon it is possible to obtain an electrically conductive nanocomposite, a supercapacitor or a battery.

Thermoelectric Generators (TEGs) [6]. are devices generating electrical power directly from thermal energy. The thermoelectric properties of cement-based materials have been achieved using certain types of additives, such as carbon and steel fibers, carbon nanotubes, graphite and metal oxides.

Pyroelectric behavior refers to the change in electric polarization in a material due to a change in temperature. In this way, thermal energy is converted to electrical energy and concrete becomes a smart material [7].

When piezoelectric materials are added to concrete, the produced concrete has the ability to convert mechanical energy into electrical energy. Piezoelectric cement is composite comprising 50 % lead plumbum zirconate titanate (PZT) particles [8].

The principle of operation of Conductive concrete [9] is the absorption of electromagnetic waves of a certain length and their transformation into thermal energy or shields against damaging radiofrequency electromagnetic field or Electromagnetic Pulse. The conductive concrete mix, which was developed at the University of Nebraska, contained 1.5 % of steel fibers and 20 % of steel shavings per volume. The steel fibers and shavings that were added to a regular concrete mixture aimed to achieve the required electric resistivity for electrical resistance heating.

Light-emitting concrete is a type of energy harvesting concrete that possesses the ability of absorbing and storing external light (natural light or artificial light) radiation energy, and then releasing the stored energy in the form of visible light in darkness [10].

Thermal-storing concrete has the ability to collect, store, transport, and release thermal energy by means of energy conversion inside the material. It use Phase Change Materials (PCMs) [11].

Self-sensing concrete is a smart concrete technology that can sense the stress, strain, and damage in itself. It is also called as self-monitoring or piezoresistive, or pressure-sensitive, or intrinsically smart concrete. Piezoelectric cement, carbon nanotubes (CNT), carbon fibers (CF) are used as components in such concrete [12].

Self-healing concrete is a process in which the material repairs itself by repairing internal cracks. This process can occur through autogenous or autonomous healing. Special admixtures or bacteria are introduced into such concrete during production.

Conclusion. Smart concrete provides an opportunity to create multifunctional building structures that combine both traditional functions – load-bearing and enclosing, as well as functions of generation, storage and transformation of electrical, thermal, electromagnetic, mechanical, and light energy. In this case, they act as generators of electrical energy, heat energy, accumulators of electricity, thermoaccumulators, elements of protection against electromagnetic fields, have functions of self-diagnosis of the technical condition, as well as self-healing from defects and damage in the form of cracks.

Today smart concretes with the help of innovative technologies imitating natural processes make it possible to create smart houses.

References

1. Climate Change: The Carbon Cycle. URL: <https://pressbooks.umn.edu/environmentalbiology/chapter/chapter-7-climate-change/>
2. What is Carbon? URL: <https://www.worksheetsplanet.com/what-is-carbon/>.
3. Graphene. URL: <http://www.nanoteslab.com/graphene/>.
4. Kamkar M., Ghaffarkhah A., Ajdary R., Yi Lu. Structured Ultra-Flyweight Aerogels by Interfacial Complexation: Self-Assembly Enabling Multiscale Designs. URL: https://www.researchgate.net/publication/360706288_Structured_Ultra-Flyweight_Aerogels_by_Interfacial_Complexation_Self-Assembly_Enabling_Multiscale_Designs_Small_202022.
5. Carbon fibers. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_fibers.
6. Thermoelectric generator. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_generator.
7. Pyroelectricity. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pyroelectricity#:~:text=Pyroelectricity%20can%20be%20described%20as,polarization%20of%20the%20material%20changes>.

8. Piezoelectric Materials: Properties, Advancements, and Design Strategies for High-Temperature Applications. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9000841/>.

9. Conductive concrete technologies. URL: <https://www.conductiveconcretetechnologies.com/>.

10. Light emitting cement. URL: <https://theconstructor.org/building/smart-materials/light-emitting-cement/210471/>.

11. What is Phase Change Material? Theory, Example and Applications URL: <https://www.linquip.com/blog/what-is-phase-change-material/>

12. Sensing Concrete. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sensing-concrete#:~:text=Self%2Dsensing%20concrete%20is%20a,concrete%20with%20the%20desirable%20properties.>

13. Self Healing Concrete. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/self-healing-concrete>

UDC 666.97:546:26

CARBON MATERIALS FOR ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETE

Savytskyi M.¹, Prof., Dr. Sc. (Tech.), Sukhyi K.², Dr. Sc. (Tech.),
Shevchenko T.³, PhD, Assoc. Prof., Marchenko I.⁴, Eng., Lyasota O.⁵, PhD Stud.

^{1, 2} Ukrainian State University of Science and Technologies,

^{3, 4, 5} Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

¹ms@pdaba.edu.ua; ²k.m.sukhyi@ust.edu.ua;

³shevchenko.tetyana@pdaba.edu.ua; ⁴igor.a.marchenko1976@gmail.com;

⁵liasota.oleksandr@pdaba.edu.ua

Problem statement. Electrically conductive concrete [1] is a promising direction in the creation of smart concrete. In this case, they can act as generators of electrical energy, heat energy, accumulators of electricity, elements of protection against electromagnetic fields.

The mechanism of electrical conductivity in composite electrically conductive materials is quite complex. In the simplest case, charge transfer can occur through direct contact between aggregate particles. Therefore, electrically conductive concrete must contain an electrically conductive aggregate. Electrically conductive aggregates can be combined into two main groups: a) metal; b) carbon [2].

One of the most important criteria for the filler of electrically conductive composites is availability and low cost. Therefore, it is advisable to use inexpensive electrically conductive fillers. These conditions are most fully satisfied by carbon fillers. Carbon, like a metal, has electronic conductivity. Carbon fillers include soot, graphite, carbon black, coke. These fillers are cheap, available in any region, and have low electrical resistivity. Currently, there is no generally accepted method for determining the electrical resistivity of electrically conductive fillers, so its development and testing is necessary.

Purpose of the study. The purpose of this research is to create a method for determining the resistivity of electrically conductive fillers, test the technique and experimentally determine the electrical resistivity of some carbon fillers for electrically conductive concrete.

Main results. The essence of the method for measuring the electrophysical parameters of electrically conductive fillers is to measure the resistance of a filler column enclosed in a dielectric tubular matrix between two conductive punches under a pressure of 1 MPa with the passage of direct current.

Equipment. To carry out measurements, the following are used: 1) a direct current source – charger, adapter or battery; 2) multimeter for measuring electrical voltage, multimeter for measuring electric current; 3) laboratory press providing a pressure of 1 MPa; 4) a matrix with punches to which electrical conductors are connected.

Testing. A sample of electrically conductive material is loaded evenly into a matrix with a lower punch. The upper punch is inserted into the matrix with electrically conductive material. The matrix with punches and insulating gaskets is inserted into the press. Press loading is carried out with a force that provides a pressure of 1 MPa on the material. After 1 minute after loading, the punches are connected to the measuring circuit. The measurement is repeated for three samples of the same batch of electrically conductive material.

Processing the results. The value of conductor resistance can be determined using the formula of Ohm's law:

$$R = U/I, \tag{1}$$

where: R – resistance in ohms, Ω ; U – voltage in volts, V; I – electric current in amperes, A.

It was experimentally discovered that the resistance value of any conductor is directly proportional to its length and inversely proportional to its cross-sectional area. In other words, the longer the conductor and the smaller its thickness, the greater the resistance of the conductor. In formula form it looks like this:

$$R = \rho * L/A, \tag{2}$$

where: L – length, m; A – cross-sectional area, m^2 ; ρ – resistivity, Ohm m.

$$\rho = R * A/L. \tag{3}$$

The final resistivity result is taken as the arithmetic mean of all measurements.

For testing, we used coke breeze [3] with a maximum grain size of 5 mm and carbon black [4] (Fig. 1).

A polypropylene pipe 260 mm long with an internal diameter of 23 mm was used as a matrix. A screw press equipped with a dynamometer was used as a loading device.

A battery charger and a rechargeable battery were used as a current source.

A multimeter for measuring electrical voltage and a multimeter for measuring electric current were used (Fig. 2).

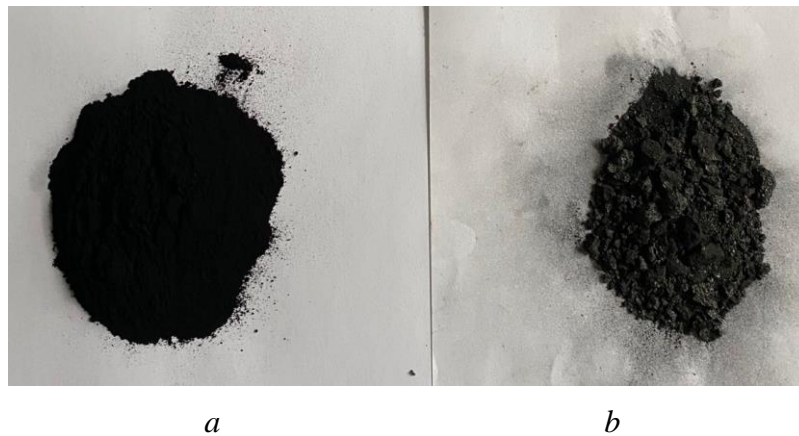


Fig. 1. Electrically conductive material for testing: a) carbon black; b) coke breeze

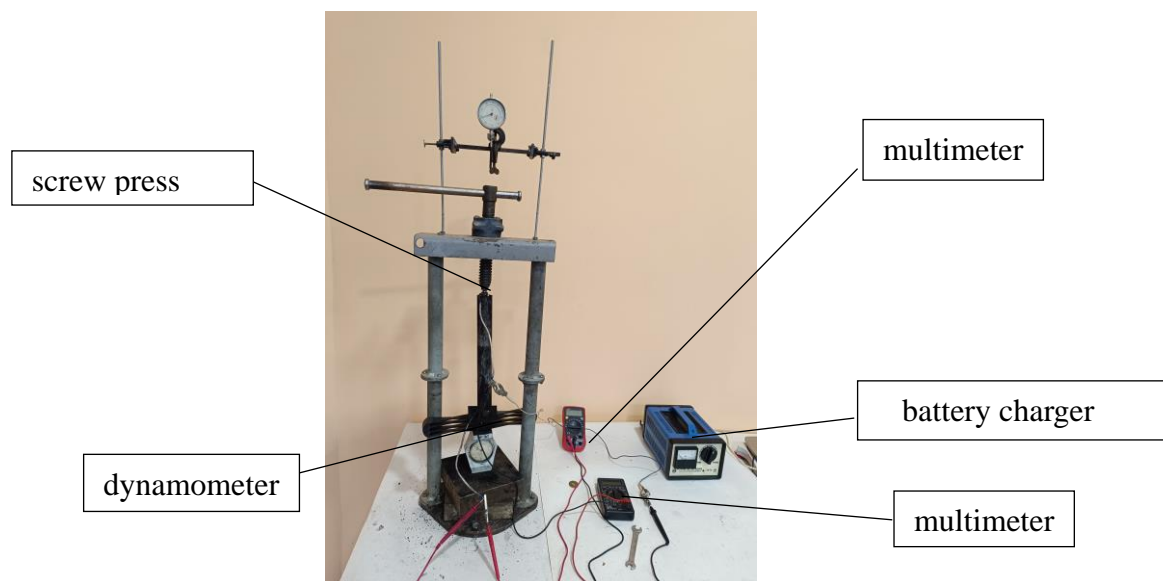


Fig. 2. Equipments for testing the electrical resistivity of electrically conductive fillers

The results of tests performed to determine the electrical resistivity of electrically conductive fillers are shown in the Table 1 and Table 2.

Table 1

The testing results the of coke breeze electrical resistivity

Specimen	Temperature, °C	Current, mA	Voltage, V	Moving/ length, mm	Resistance, Ohm	Resistivity, Ohm*m
Charging device						
1	18	7,64	13,06	4–246	1 709	2,88
2	18	7,49	12,94	7,7–242,3	1 727	2,96
3	18	7,58	12,28	7,6–242,4	1 620	2,77
Accumulator battery						
1	18	8,59	12,75	8,1–241,9	1 484	2,54
2	19	8,84	12,69	7,1–242,9	1 436	2,45
3	22	7,84	12,73	9,5–240,5	1 624	2,80
Average value						2,73

Table 2

The testing results the of carbon black electrical resistivity

Specimen	Temperature, °C	Current, mA	Voltage, V	Moving/ length, mm	Resistance, Ohm	Resistivity, Ohm*m
Charging device						
1	18	3,06	13,06	26,1/224	4 268	7,90
2	18	3,71	12,94	22,0/228	3 488	6,35
3	18	3,11	13,10	24,0/226	4 212	7,73
Accumulator battery						
1	18	3,33	12,86	22,8/227,2	3 862	7,05
2	18	3,11	12,92	21,5/228,5	4 154	7,54
3	18	3,40	12,90	24,2/225,8	3 794	6,97
Average value						7,26

Conclusion. 1) A methodology for determining the conductive characteristics, namely, the resistivity of bulk materials for the production of conductive concrete, has been developed.

2) Tests were carried out and data on the resistivity of carbon black (7,26 Ohm*m) and coke breeze (2,73 Ohm*m) were obtained.

3) The obtained results prove that the conductive properties of coke breeze are 2.7 times higher than those of carbon black.

References

1. Electrically conductive concrete. URL: https://www.concreteconstruction.net/how-to/materials/electrically-conductive-concrete_o_
2. Ziyi Wanga, Zhi Wangb, Shengxuan Tangb, Yunfei He. Preparation and properties of electrically conductive aggregate made using magnetically separated fly ash. URL: <https://www.researchgate.net/publication/317592637> Preparation and properties of electrically conductive aggregate made using magnetically separated fly ash.

3. Sample records for coke breeze. URL: <https://worldwidescience.org/topicpages/c/coke+breeze.html>.

4. Carbon black. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_black.

UDC 622.22.059.1-047.44

TO THE ISSUE OF ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF BASEMENT STRUCTURES OF BUILDINGS

Semko Oleksandr¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., **Filonenko Olena**², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Yurin Oleg³, PhD (Tech.), **Ilchenko Tetiana**⁴, **Semko Volodymyr**⁵, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Rabenseifer Roman³, Dr. Ing. Arch., Assoc. Prof.,
Mahas Nataliia³ PhD (Tech.), Assoc. Prof.

^{1, 2, 3, 4} National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic",

⁵ Poznan University of Technology,

^{6, 7} Slovak University of Technology in Bratislava

¹ab.Semko_OV@nupp.edu.ua; ²ab.Filonenko_OI@nupp.edu.ua;

³ab.Yurin_OI@nupp.edu.ua; ⁴ab.tanya.viks@nupp.edu.ua;

⁵volodymyr.semko@put.poznan.pl; ⁶roman.rabenseifer@stuba.sk; ⁷nataliia.mahas@stuba.sk

Problem statement. Constructions of basements are damaged during operation and need to be reinforced. Significant consequences for the structures occur when the premises are shut down (heating, ventilation, etc.) and from the effects of influences, including aggressive ones. The determination of the technical condition of structures and the design of repairs and reinforcements is carried out following regulatory documents [1–3]. Studies of the technical condition of structures and measures for their repair and restoration are carried out by a wide range of researchers, including [4–8].

Purpose of the study. Given the need to return the special-purpose basements to operation, the question arose of determining the technical condition of the structures of such premises. Identification of priority repair measures will allow us to resume the operation of the premises with minimal time.

Main results. Using the example of the basement under assessment, we will consider options for restoring its operation. The walls and foundation slab of the basement are made of monolithic reinforced concrete, and the floor is precast monolithic. The floor was covered with soil and grass was sown on top of it. The waterproofing is made of fiberglass fabric in 2–3 layers, which should work in the event of a malfunctioning water drainage system. According to the project, the water drainage is arranged in the form of a ring drainage located at a depth of 6–7 m from the surface below the base of the foundation slab. The drainage consists of round asbestos-cement pipes with slots every 30 sm, laid in trays and covered with coarse and medium-grained sand. The slope of the pipes near and $i = 0.005$. Wells are made in the corners of the basement and the middle of its long sides.

The main damage of the basement was water permeability at the time of the assessment, the water level was + 20–30 mm, but judging by the locked plaster, the water was at a level of about 600–700 mm (Fig. *a*). This level of flooding can be explained by both the termination of the external drainage water separator located around the building and the water permeability of the precast and monolithic reinforced concrete enclosing structures of the foundation slab and walls.

Years of being in a semi-flooded condition in the basement led to the following damage:

1. Destruction of floor structures (rotting, etc.) (Fig. *a, b*);
2. corrosion wear (up to 100 %) of metal structures of networks - ventilation, heating, water supply, electricity, sewage (Fig. *b, c, d*);

3. corrosion damage to the working reinforcement of precast concrete roof panels. Corrosion thickness of 1–2 mm, formation of pitting, damage to protective plastering, and efflorescence (Fig. *c, d*);

4. accumulation of semi-rotten garbage – the remains of furniture and equipment (Fig. *a, b*).

The condition of the load-bearing building structures can be assessed as condition 3 – unsuitable for normal operation, and the condition of all networks – condition 4 – emergency, destroyed.



a



b



c



d

Fig. The main damage of the assessed basement

Given that the damage to the basement was caused by the cessation of operation (cessation of water lowering works, water pumping in the 90s of the last century, cessation of heating, etc.), it can be noted that the restoration of the basement requires not only one-time investments for repairs but also constant costs (for pumping, heating) to maintain the working condition of the basement. When deciding on restoring the properties of a basement, one should also take into account the constant subsequent costs of maintaining it in working condition.

So, to restore the basement, the following measures can be recommended:

1. Installation of low-voltage safe lighting (for wet working conditions).
2. Removal of debris and floor residues, corroded networks, and destroyed plaster.

Next, we can offer 2 options for resuming the operation of the basement.

The minimum cost option:

3. Restore the water intake sumps, as an option, it is possible to arrange backfilling with 80 mm crushed stone, and a new reinforced concrete floor of 60–80 mm with water intake

tanks, from which water should be pumped out with drainage outside the basement, preferably into the drainage system.

4. Restore ventilation (exhaust and supply). If change the purpose of the basement is, it is possible to arrange natural aeration.

These works will make it possible to use the object immediately after its completion (costs –lighting, water pumping, ventilation).

Major overhaul option:

The following measures are recommended to be added to the above measures 1–4:

5. Restoration of drainage and external water reduction.

6. Repair of the basement roof:

– Removal of soil embankment;

– restoration of waterproofing (gluing of waterproofing, asphalt concrete screed);

– installation of polystyrene concrete thermal insulation 300 mm thick, $\gamma_o = 100\text{--}150 \text{ kg/m}^3$;

– asphalt concrete screed $\delta = 60\text{--}80 \text{ mm}$;

– backfilling with clay and soil mixture 400–500 mm.

7. Restoration of heating in the basement.

8. Restoration of water supply and sewerage networks.

9. Restoration of interior decoration.

10. Restoration of furniture and equipment.

To perform work under the first option, an estimate and a defective act are sufficient.

The second option requires a detailed project and expert evaluation.

Conclusion. If it is necessary to quickly return basements to operation, it is important to take minimum measures to ensure trouble-free operation of the structures. All measures should be taken following [9]. This includes strengthening the structures whose damage were identified during the assessment and ensuring appropriate operating conditions (water drainage, ventilation, lighting). When planning major repairs, it is necessary to execute design and estimate documentation that will include, in addition to the above, repair and strengthening of structures, restoration of networks (heating, water supply, sewerage), interior decoration, and equipment of premises.

Acknowledgements. This work was carried out within the framework of the applied research «Resource-saving structures and planning solutions of composite steel and concrete structures systems for civil protection structures in new and reconstructed buildings», which was financed from the state budget of Ukraine. The work and contribution of N. Mahas was funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V01-00036.

References

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016. Guidelines for inspection of buildings and facilities for identification and evaluation of their technical condition. Kyiv : UkrNDNC Publ., 2017. (in Ukrainian).

2. DSTU B V.2.6-210:2016. Assessment of the technical condition of steel building structures in operation. Kyiv : Ukrarkhbudinform Publ., 2016. (in Ukrainian).

3. DSTU B V.3.1-2:2016. Repair and reinforcement bearing and enclosing building structures and bases of buildings and constructions. Kyiv : MinRegion of Ukraine, 2016. (in Ukrainian).

4. Gordeev V.N., Lantukh-Lyashchenko A.I., Pashynskiy V.A., Perelmuter A.V. and Pichugin S.F. Loads and impacts on buildings and structures. *Steel*. Kyiv, 2005. (in Russian).

5. Klymenko Je.V. Technical operation and reconstruction of buildings and structures : a textbook. Kyiv : Centr Navchaljnoji Literatury, 2004. (in Ukrainian).
6. Blikharsky Z.Ja. Reconstruction and strengthening of buildings and structures : a textbook. Lviv : Vydavnyctvo Ljvivsjskoji Politekhniky, 2008. (in Ukrainian).
7. Pshinko O.M., Savytskyi M.V. and Zinkevich A.M. Restoration of the serviceability of concrete, reinforced concrete and stone structures. Dnipro : DNURT Publ., 2018. (in Ukrainian).
8. Semko O., Filonenko O., Yurin O., Mahas N. and Rudenko V. Moisture protection of structures adjacent to the ground in historic buildings. *Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2021, vol. 2 (57), pp. 53–58.
9. DBN B.2.2-5:2023. Protective shelters. Kyiv : Ministry of Infrastructure of Ukraine, 2023. (in Ukrainian).

UDC 711.04; 719

PROPOSALS FOR THE URBAN POST-INDUSTRIAL AREAS REVITALIZATION ILLUSTRATED BY A FRENCH CITY

Zinkevych O.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Bordun M.², Ph.D., Assoc. Prof., Zinkevych A.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Merylova I.⁴, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

^{1, 2, 4} Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,

³ Ukrainian State University of Science and Technology

¹ zinkevych.oksana@pdaba.edu.ua; ² bordun.maryna@pgasa.dp.ua;

³ zam-ukr@ukr.net; ⁴ merylova.iryana@pdaba.edu.ua

Problem statement. The small communes with low population are the most widespread settlements in central regions of France. The social and economic decline has been observed in most of such settlements since the second half of the 20th century. The economic decline was triggered by the closure of industrial production facilities and a significant decline in mining activities caused by the low-quality raw materials, the changes in the technological characteristics of production, the lack of sufficient interregional transportation routes, and the lack of industrial facilities related to these industries. These regions have been facing a demographic crisis, with the average age of the population is more than 50 years old. The young people are leaving for more developed regions in search of better job opportunities and a more comfortable socio-cultural environment.

In 2000, the region prefecture decided to conduct a study to ensure the safety of the industrial zone and to chart a further course for the urbanization of post-industrial areas [1].

Purpose of the study is to assess and identify the main directions of economic development for depressed post-industrial regions and to propose the measures for their revitalizing.

Main results. The teachers and students from the PSACEA actively researched the town urban problems in the French towns with abandoned mining industries. They developed the proposals to preserve or restore the industrial heritage buildings and structures in small towns, to revitalize the urban areas, and to create the favorable and comfortable conditions for attracting new residents to the region. These proposals will help to enhance demographic stability and economic attractiveness.

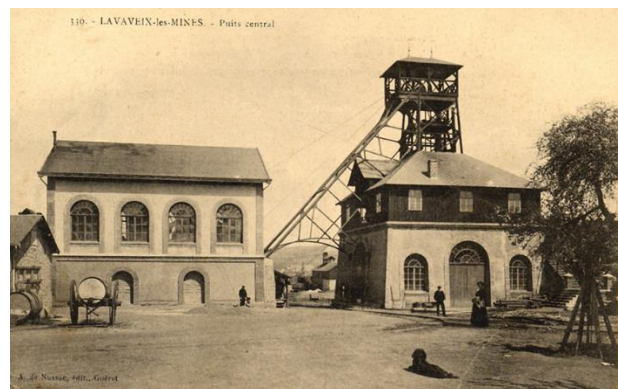


Fig. 1. Project proposals cover page for the revitalization of a post-industrial city [2].

Photo of a coal mine (late 19th and early 20th centuries)

The revitalization of a post-industrial urban areas includes measures which aimed to the organization or restoration of a lively social life in a settlement by the changing of functional purpose of buildings and structures in order to reveal and use their capabilities.

The small towns, that were formed around industrial facilities, have a rich heritage in the form of industrial buildings and structures. These objects can be attractive to organize

tourist routes, museum complexes, sports and entertainment centers. The spaces for meetings, festive events, library, office premises, laboratories, cafes, shops or workshops can be created in such buildings [3; 4].

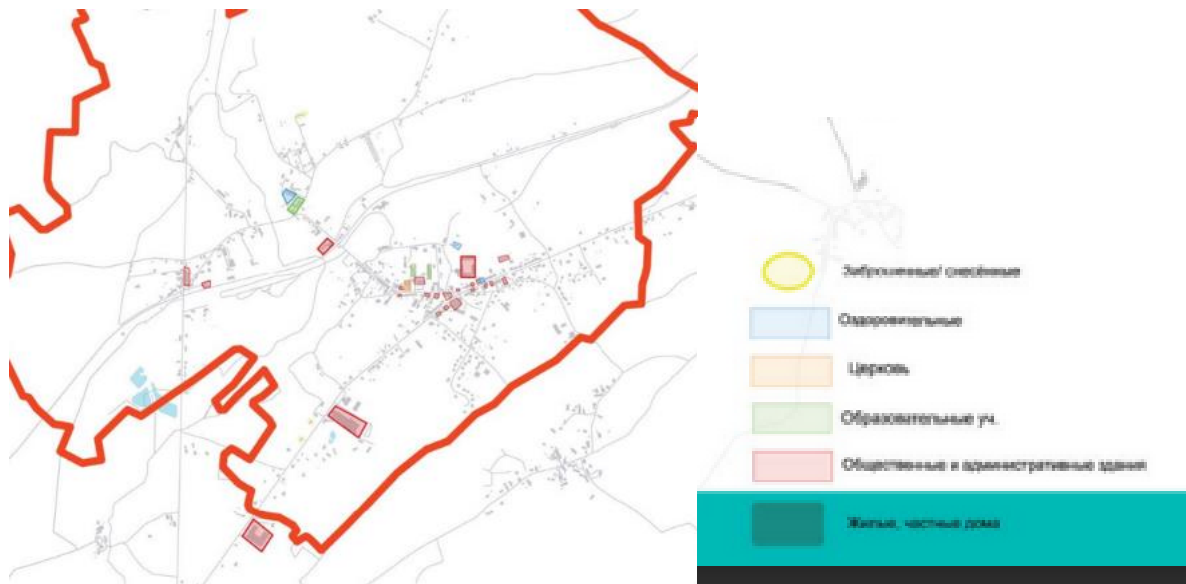


Fig. 2. The functional classification scheme of the existing buildings [2; 3]

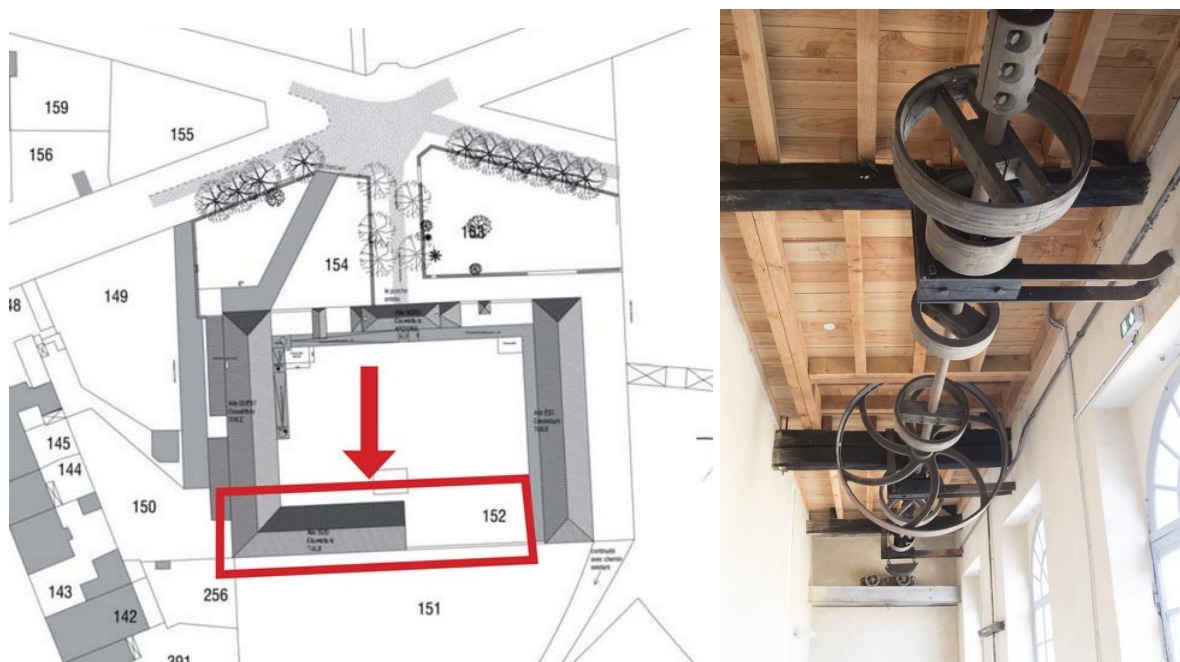


Fig. 3. Site plan for the reconstruction of a complex of workshops for the repair of mine equipment [2] and a fragment of the workshop interior

An equipment store, a second-hand goods shop, a library, an office space, a hall for various events and a café-bar were located in the old mine equipment repair workshops according to recommendations. A laboratory for testing the quality of agricultural products and a vegetable shop will be also planned in this location.



Fig. 4. Mine equipment and tool repair workshops

Conclusion. In the result of the internship, the demographic situation of French town with abandoned industrial infrastructure was studied. In addition, the main transport routes, territorial and geological possibilities for city development and place for leisure activities were identified. In compliance with the requests of the mayor's office and inhabitants, sketches of reconstruction and reorientation of existing commercial, public and residential buildings were proposed [2]. The project conception of a recreational space for organizing sports, recreational, entertainment and leisure activities was also suggested. The main directions for the tourism development in this region were identified.

References

1. Plan de Prevention des Risques Miniers. URL: https://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pprm_ahun_note_presentation.pdf (in French).
2. . Les Ateliers de la Mine. Le Bourg de Lavaveix. Orientation de revitalisation de centre-bourg Sylvain POTIER, Juliette GERON. *Projet Urbain*. CA.U.E., 2022, 93 p. (in French).
3. Données par Département. Département de la Creuse. URL: <https://www.cap-metiers.pro/pages/403/Departement-Creuse.aspx> (in French).
4. La conception du Plan Particulier pour la Creuse. URL: <https://www.creuse.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/France-Relance-et-Plan-Particulier-pour-la-Creuse/Le-Plan-Particulier-pour-la-Creuse-pour-revitaliser-le-departement/La-conception-du-Plan-Particulier-pour-la-Creuse> (in French).

УДК 644.1:620.9

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КЛІМАТИЧНИМИ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВКУ

Адегов О. В.¹, к. т. н., доц., Солод Л. В.², к. т. н., доц.,
Тимошенко О. А.³, к. т. н., доц., Березюк Г. Г.⁴, старш. викладач
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua); [2 solod.leontina@pdaba.edu.ua](mailto:solod.leontina@pdaba.edu.ua);
[3 tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua](mailto:tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua); [4 berezuik.hanna@pdaba.edu.ua](mailto:berezuik.hanna@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Європейські дослідження останніх років показали, що в більшості країн понад 40 % первинних енергоресурсів споживається житловими освітніми, соціально-адміністративними будівлями та лікарнями. Зменшення споживання енергоресурсів у будівлях різного призначення – особливо актуальне. Крім того, забезпечення енергетичної ефективності всіх типів будівель стає особливо важливим у період відновлення та оновлення України.

Зниження споживання енергії в будівлях обумовлює активну розробку нових конструкцій будівель, технічних рішень для додаткового термозахисту огорожувальних конструкцій і особливо світлопрозорих прорізів залежно від погодних та кліматичних умов експлуатації, потребує розробки нової кліматичної техніки, систем для підготовки гарячої води і нових інтелектуальних інформаційних технологій управління мікрокліматом в приміщеннях будівель. У країнах ЄС була прийнята Директива 2010/31/ЄС EPBD 2 «По Енергетичному забезпеченню будівель» [1–3]. Метою Прийняття Директиви було посилення вимог до енергетичної ефективності будівель.

Основне завдання нових інформаційних технологій управління – це керувати генерацією та споживанням теплоти і холоду для інженерних систем мікроклімату, генерацією гарячої води для потреб людини, споживанням електроенергії та водночас мінімізувати витрати енергоресурсів.

Основою для розробок інтелектуальних систем управління є результати роботи Європейського проекту зі створення «Індикатора інтелектуальної готовності» будівлі – SRI – «Smart Readiness Indicator» та концепції управління «Розумний дім» [3–5]. Такі інтелектуальні системи управління дають змогу генерувати та споживати енергію приміщеннями в будівлях у необхідному обсязі та в потрібний час і відповідно значно знизити споживання енергії.

Мета роботи полягає в аналізі можливості використання «Індикатора інтелектуальної готовності» SRI будівлі для ухвалення рішень щодо впровадження енергоефективних інженерних систем та інтелектуальних систем управління кліматичними інженерними системами будівель.

Основна частина.

Основна стратегія підвищення енергоефективності будівель – це удосконалення технологій з термомодернізації будівель, використання комбінованих кліматичних інженерних систем, використання ефективних систем генерації гарячої води та електроенергії, впровадження інтелектуальних систем управління генерацією та споживанням теплової та електричної енергії.

Така стратегія полягає в тому, що зниження енергоспоживання здійснюється за рахунок використання енергії тільки в ті моменти, коли в цьому є необхідність та в мінімально необхідному обсязі для досягнення цілей споживання енергії.

Індикатор інтелектуальної готовності SRI будівлі або будівельного блоку виражається у відсотках, що відображає співвідношення між «розумною» готовністю

будівлі або будівельного елементу порівняно з максимальною «розумною» готовністю, якої він може досягти. Індикатор інтелектуальної готовності SRI структурований таким чином, що може оцінювати «розумність» трьох груп інформації щодо стану будівлі та її мешканців.

1. Три ключові можливості «розумної» готовності будівлі:
 - Енергоефективність та експлуатація.
 - Реагування на потреби мешканців.
 - Енергетична гнучкість.
2. Сім критеріїв впливу розумної готовності:
 - Енергоефективність.
 - Технічне обслуговування та прогнозування відмов-несправностей обладнання;
 - Комфорт.
 - Зручність.
 - Інформація для мешканців.
 - Здоров'я та самопочуття.
 - Гнучкість та зберігання енергії.
3. Дев'ять технічних послуг «розумної готовності»:
 - Опалення.
 - Охолодження.
 - Гаряче водопостачання.
 - Контрольована вентиляція.
 - Освітлення.
 - Динамічна огорожувальна конструкція.
 - Електрика.
 - Зарядка електромобілів.
 - Моніторинг та контроль.

Послуги «розумної готовності» оцінюються індивідуально. Послуги, які доступні в будівлі, обстежуються і визначається рівень їх функціональності. Для кожної окремої послуги визначається оцінка впливу, для кожного з семи критеріїв впливу.

Для отримання значення SRI розраховують оцінку впливу N . Потім ця оцінка впливу нормалізується шляхом ділення її на максимально досяжне значення дії-заходу на конкретну будівлю. Це співвідношення, виражене у відсотках, і є SRI.

Оцінка впливу N визначається наступним чином:

$$N = A \times a + B \times b + C \times c + D \times d + E \times e + F \times f + G \times g,$$

де: N – загальна оцінка впливу SRI, зважена оцінка по послугою; A – оцінка впливу (0–100) для економії енергії; B – оцінка впливу (0–100) за гнучкість і зберігання енергії; C – оцінка впливу (0–100) за комфорт; D – оцінка впливу (0–100) для зручності; E – оцінка впливу (0–100) на здоров'я і благополуччя; F – оцінка впливу (0–100) для прогнозування технічного обслуговування і несправності; G – оцінка впливу (0–100) для інформації мешканців будівлі; a – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для економії енергії; b – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для гнучкості і зберігання енергії; c – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для комфорту; d – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для зручності; e – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) на здоров'я і благополуччя; f – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для обслуговування та прогнозування несправності; g – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) по інформації мешканців будівлі.

Динамічна зміна багатьох параметрів мікроклімату за короткий період часу є суттєвою особливістю розроблення та застосування інтелектуального управління

системами опалення, вентиляції та кондиціонування приміщень будинку. Такі системи керування є складовою частиною загальної системи управління «Розумний будинок».

Важливу роль у виконанні послуг розумної готовності будівлі відіграє застосування концепції інтелектуального управління «Розумний дім», яка передбачає інтеграцію наступних систем в єдину систему управління будівлею:

- Систему опалення, вентиляції та кондиціонування.
- Систему генерації і акумулювання теплової та електричної енергії.
- Охоронно-пожежну сигналізацію, систему контролю доступу в приміщення, контролю протікання води, витоків газу.
- Систему відеоспостереження.
- Мережі зв'язку (зокрема телефон і локальна мережа будівлі).
- Систему освітлення.
- Систему електроживлення будівлі (АВР, промислові ДБЖ, дизель-генератори).
- Механізацію будівлі (додатковими зовнішніми огороженнями, відчинення/зачинення воріт, шлагбаумів, електропідігрів сходинок тощо).
- Управління з одного місця аудіо-, відеотехнікою, домашнім кінотеатром.
- Телеметрію – віддалене стеження за системами.
- IP-моніторинг об'єкта – віддалене керування системами через мережу.
- GSM-моніторинг – віддалене інформування про інциденти в будинку (квартирі, офісі, об'єкті) і управління системами будинку через телефон.
- Віддалене керування електроприладами, приводами механізмів і всіма системами автоматизації.

Висновок. Застосування «Індикатора інтелектуальної готовності будівлі» та використання інтелектуальних систем управління будівлею забезпечить оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, ефективне використання енергоресурсів і максимальний комфорт перебування людини в приміщеннях такої будівлі.

Список використаних джерел

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
2. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
3. Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings. European commission. *Directorate-General for Energy*. Directorate C – Renewables. Research and Innovation, Energy Efficiency. Unit C4 – Energy Efficiency: Buildings and Products. ISBN 978-92-76-19197-1. Published of the European Union Brussels. 2020. P. 487.
4. Olexandr Adegov, Svitlana Shekhorkina, Maryna Babenko, Maryna Lyahovetska-Tokareva, Olexandr Kudryavcev. Smart-readiness assessment of a complex residential building in Ukraine. *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 30, 2022, № 2. Pp. 1–11. Публікація Web of Science.
5. Amjad Almusaed, Ibrahim Yitmen, Asaad Almasad Enhancing. Smart Home Design with AI Models: a Case Study of Living Spaces Implementation Review. *Energies* 2023. Vol. 16 (6). P. 2636. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16062636>.

УДК 628.98 + 613.165

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІЗУАЛЬНОГО
СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ СКЛАДНОСТІ
З УРАХУВАННЯМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗОРОВОГО КОМФОРТУ,
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ, БЕЗПЕКИ ПРАЦІ**

Беліков А. С.¹, д. т. н., проф., Журбенко В. М.², ас., Любчук В. М.³, аспір.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

belikov@pdaba.edu.ua; zhurbenko.valeriia@pdaba.edu.ua;

lubchuk.volodimir@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Розвиток автоматизації виробничих процесів із використанням інформаційних та медійних технологій викликає зростання числа працівників, особливості праці яких пов'язні з тривалим навантаженням на зоровий аналізатор. Статистика Міжнародної Організації Праці показує, що із зростанням частки зорових робіт високої складності у виробничих процесах збільшується кількість випадків набутої короткозорості, хвороб опорно-рухового апарату та серцево-судинної системи, викликаних негативним впливом на зоровий аналізатор і пов'язаних із ним систем [1].

Отже, серед ряду негативних факторів, дію яких потрібно враховувати при атестації робочих місць та при проектуванні, будівництві, відбудові та реконструкції виробництв та розробці нових технологічних процесів дослідження якості світлого середовища займає особливе місце [2; 3].

Мета роботи полягає в розробці удосконаленої методики оцінки впливу візуального середовища на комфорт, працездатність та безпеку життєдіяльності працівників, що виконують зорові роботи високої складності.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети було розглянуто категорії робітників різних галузей, що мають споріднені умови праці за критерієм світлового середовища. Було виділено широку категорію робітників різних галузей підприємств України, діяльність яких є спорідненою, що визначалось на основі дослідження змісту роботи працівників та категорією зорової складності, потрібної для виконання цієї роботи [4; 5]. Цій категорії робітників було дано умовну назву «інженери і проєктувальники»

На другому етапі досліджень була зроблена характеристика нормативів світлового середовища для робочих місць для працівників, що виконують зорові роботи високої зорової складності, що діють в Україні та країнах ЄС та обґрунтовано необхідність впровадження нової методики досліджень робочих місць з урахуванням факторів світлового середовища.

Проведений аналіз показав, що в діючих стандартах не запропоновані критерії оцінки якості світлового середовища, які необхідно враховувати при виконанні зорових завдань підвищеної складності. Це впливає на атестацію робочих місць, якість їх проєктування і повноту виконання вимог безпеки щодо світлового середовища.

Згідно з результатами проведених нами досліджень, комплекс заходів, які задовільняють вимоги до освітлення робочої зони та робочого середовища та відповідають критеріям безпеки життєдіяльності людини, базуються на наступних групах параметрів:

- зорового комфорту (робітники мають гарне самопочуття, що опосередковано сприяє підвищенню рівня працездатності та якості роботи);
- зорової працездатності (працівники можуть виконувати свої зорові завдання навіть у важких умовах і протягом більш тривалих періодів);

- забезпеченню безпеки технологічних процесів в урахуванням фізичного і психічного впливу світлового середовища на стан людей, що працюють.

Тому на основі проведених нами досліджень для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природного та штучного освітлення як на працездатність, безпеку, так і на психофізіологічну діяльність, нами розроблено новий алгоритм покорокового циклу оцінки якості освітлення.

Розроблений алгоритм дозволяє комплексно оцінити кількісний та якісний вплив комплексу чинників візуального середовища на працездатність, безпеку праці та зоровий комфорт працівників, що виконують зорові роботи високої складності.

Запропонований алгоритм передбачає виконання дослідником двох етапів.

На першому етапі проводиться дослідження найвизначніших параметрів як параметрів світла (як природного так і штучного), так і візуального простору приміщення, де виконуються зорові роботи високої складності. Параметри фіксуються, оцінюється ступінь дії кожного з них, проводиться порівняння з діючими гігієнічними нормами.

На другому етапі оцінюється вплив досліджених на першому середовища на зоровий комфорт, працездатність та безпеку праці робітників, що виконуватимуть у цьому приміщенні зорові роботи високої складності.

Висновки. Проведене дослідження показує розповсюдженість зорових робіт як у будівельній галузі, так і у інших галузях промисловості в Україні і світі. Найбільшою групою ризику по розвитку професійних захворювань внаслідок негативного впливу світлового середовища є робітники, що виконують зорові роботи високої складності. Дослідження даних світового досвіду, що свідчать про значущість світлового середовища для формування оптимальних умов праці та навчання, профілактики травматизму та виникнення набутих хвороб, дозволяє зробити висновок про необхідність поглиблення наукових досліджень по комплексному впливу усіх факторів світлового середовища на фізіопсихологічний стан робітників та встановлення математичних моделей ризику здоров'ю робітників за умов раціонального використання природного освітлення у робочих приміщеннях та проектування штучного освітлення для робітників категорії «інженери і проектувальники», що виконують зорові роботи високої складності, у тому числі з використанням інноваційних інженерно-технічних рішень.

В нинішній час, як міжнародні норми, так і нормативна база України, не в повній мірі відображають вимоги, які пред'являються до робочого середовища, у якому виконуються зорові роботи високої складності. Тому визначена необхідність провести обґрунтування вибору основних критеріїв оцінки та розробки методики дослідження для оцінки світлового середовища при виконанні зорових робіт підвищеної складності.

Список використаних джерел

1. Статистика Міжнародної Організації Праці : вебсайт. URL: <https://ilostat.ilo.org> (дата звернення: 29.01.2023).

2. Loysos G. An investigation into the relationship between daylighting and human performance : the condensed report. 20 of August, 1999. Pacific gas and electric company. URL: <https://h-m-g.com/downloads/Daylighting/schoolc.pdf> (дата звернення : 29.01.2024).

3. Darula S., Christoffersen J., Malikova M. Sunlight and insolation of building interiors. *Energy Procedia*. 2015. Vol. 78 (11). Pp. 1245–50. URL: [doi:10.1016/j.egypro.2015.11.266](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.266).

4. Беліков А. С., Журбенко В. М. Напрямки досліджень по підвищенню комфортності світлового середовища. *Вісті Донецького гірничого інституту*. № 1 (50). 2022. С. 8–15. URL: [doi:https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15](https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15).

5. Zhurbenko V., Belikov A., Sankov P., Nazha P. The Influence of the Visual Factor on the Efficiency of Visualization Method in the Production Environment. In: Gomes Correia A., Azenha M., Cruz P. J. S., Novais P., Pereira P. (eds) *Trends on Construction in the Digital Era. ISIC-2022. Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023. Vol. 306. Springer, Cham. Pp. 327–333. URL: [doi:https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22).

6. ДСТУ EN 12464-1:2016 (EN 12464-1:2011, IDT). Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Ч. 1. Внутрішні робочі місця. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 53 с.

7. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. Мінбуд. України. Київ, 2018. 137 с.

УДК 662.995: 662.997

АДСОРБЦІЙНІ ТРАНСФОРМАТОРИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ОПАЛЕННЯ

Беляновська О. А.¹, к. т. н., доц., Сухий К. М.², д. т. н., проф.,
Єрємін О. О.³, д. т. н., проф., Суха І. В.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{2,3}Український державний університет науки і технологій,

¹ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

⁴Інститут промислових і бізнес-технологій

¹e.a.belyanovskaya@gmail.com; ²ksukhyy@gmail.com;

³kaf.temp@metal.nmetau.edu.ua

Постановка проблеми. До основних кінцевих споживачів теплової енергії відносяться житлові будівлі [1], в той же час до основних паливно-енергетичних ресурсів відносяться вугілля, нафта та природний газ [1], зростання споживання яких прогнозується не менш до 2030–2050-х років. В цих умовах стає ключовим максимально повне та ефективне використання всіх наявних енергоресурсів, в тому числі відновлюваних та вторинних. Але використання відновлюваних енергоресурсів ускладнено добовою та сезонною нерівномірністю генерації енергії, неспівпадінням максимумів генерації та споживання енергії. Рішенням цієї проблеми мали б бути адсорбційні перетворювачі теплової енергії [2]. Але впровадження подібних пристроїв ускладнено не лише низькими адсорбційними властивостями наявних адсорбентів, але й відсутністю алгоритму розрахунку технологічних параметрів роботи пристрою та оцінки ефективності його роботи на основі всіх стадій експлуатації.

Мета роботи оцінити заходи з підвищення ефективності роботи адсорбційного теплового насоса в умовах системи автономного опалення та вентиляції.

Основна частина. Експлуатація адсорбційного трансформатора теплової енергії передбачає наступні стадії: розряд або адсорбція робочої речовини шаром адсорбенту, підігрів адсорбенту до температури регенерації, десорбція та охолодження до температури початку адсорбції. Відповідно до стадій експлуатації пристроїв розроблено алгоритм розрахунку (рис. 1).

В якості критерію ефективності роботи адсорбційного теплового акумулятора та адсорбційного теплового насоса використовують коефіцієнт перетворення теплової енергії (коефіцієнт корисної дії), який дорівнює відношенню корисної теплоти до витрат на експлуатацію [3]:

$$COP_h = \frac{Q_{cor}}{Q_{supl}}, \quad (1)$$

де Q_{cor} – корисна теплота, яка передається споживачам, кДж, Q_{supl} – витрати на експлуатацію адсорбційного пристрою, кДж.

Корисну теплоту визначають як теплоту адсорбції або як суму теплоти адсорбції та теплоти конденсації адсорбату, наприклад, води [4]:

$$Q_{cor} = M_{ads} \cdot \Delta H_{ads}, \quad (2)$$

$$Q_{cor} = M_{ads} \cdot \Delta H_{ads} + M_{H_2O} \cdot \Delta H_{cond}, \quad (2a)$$

де M_{ads} – маса адсорбенту, кг, ΔH_{ads} теплота адсорбції, кДж/кг, M_{H_2O} – маса води, кг, ΔH_{cond} – теплота конденсації, кДж/кг.

Теплоту адсорбції визначають як [3]:

$$\Delta H_{ads} = \Delta h \cdot A \cdot (1000/\mu_{H_2O}), \quad (3)$$

де Δh – теплота адсорбції 1 моль води, кДж/моль, A – адсорбція, кг/кг, μ_{H_2O} молярна маса води, кДж/кг.

Адсорбцію визначають згідно [3; 4]:

$$A = (C_0 - C) \cdot V_{air} / M_{ads}, \tag{4}$$
 де C_0 і C – початкова і кінцева концентрації води в повітрі після проходження шару адсорбенту, $\text{кг}/\text{м}^3$, V_{air} – об’єм повітря, який пройшов через шар адсорбенту, M_{ads} – маса адсорбенту, кг .

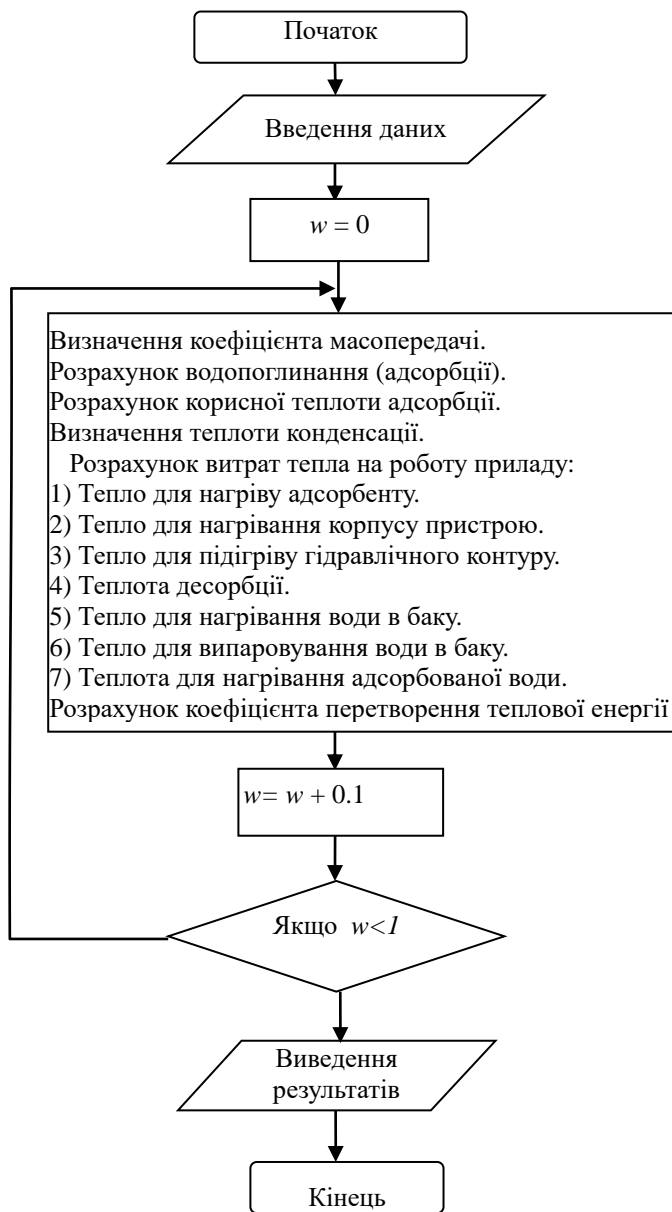


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку коефіцієнта корисної дії адсорбційного теплотрансформатора

При визначенні коефіцієнту корисної дії теплові витрати на роботу пристрою розраховуються як сума тепла на нагрівання адсорбенту, корпусу пристрою, гідравлічного контуру, води в баку та адсорбованої води, випаровування води в резервуарі та десорбції.

При підвищенні абсолютної вологості та витрати повітря на коефіцієнт перетворення теплової енергії адсорбційного теплового насосу змінюється подібно коефіцієнту корисної дії адсорбційного теплового акумулятора теплової енергії (рис. 2). Максимальні значення коефіцієнта перетворення теплової енергії відповідають витраті повітря $0,08\text{--}0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ та абсолютній вологості повітря $0,03\text{--}0,04 \text{ кг}/\text{м}^3$ на вході до шару адсорбенту.

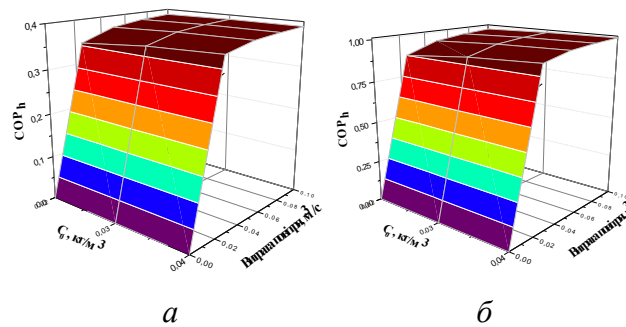


Рис. 2. Залежність коефіцієнта перетворення теплової енергії для адсорбційного теплового насоса без утилізації теплоти конденсації (а) та з утилізацією теплоти конденсації при паровому зволоженні повітря, яке подається через шар адсорбенту

При скиданні теплоти конденсації до навколишнього середовища коефіцієнт перетворення теплової енергії практично співпадає аналогічними величинами для адсорбційних теплових акумуляторів (рис. 2, а). За умови утилізації теплоти конденсації коефіцієнта перетворення теплової енергії більш, ніж в 2 рази вищий (рис. 2, б).

Для розробки методів підвищення коефіцієнта перетворення теплової енергії проаналізовано структуру витрат теплоти для роботи пристроїв. Згідно його результатів найбільш значущими є витрати на випаровування води (43 %) та десорбцію (47 %), далі йдуть витрати на нагрівання адсорбованої води (6 %), нагрівання води у зволожувачі повітря (3 %) і нагрівання корпусу та гідравлічного контуру адсорбційного пристрою (1 %).

В цих умовах ключовим напрямком підвищення коефіцієнта корисної дії стає зменшення витрат на випаровування вологи, що можна зробити за рахунок зниження маси води, що подається до шару адсорбенту. Вочевидь, що маса води, що подається до шару адсорбенту, з урахуванням впливу абсолютної вологості на адсорбцію, може бути відкоригована регулюванням об'єму повітря шляхом зміни перерізу пристрою акумулятора тепла і, отже, товщина шару адсорбенту. Таким чином, зменшення площі поперечного перерізу з 0,1662 до 0,0831 м² сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії з 42 до 50 %. Це сприяє тому, що максимальні значення коефіцієнтів корисної дії досягаються в більш широкому діапазоні швидкостей потоку вологого повітря в порівнянні з подачею вологи відповідно до максимальної адсорбції.

Більш перспективним варіантом підвищення ефективності адсорбційного приладу є ультразвукове зволоження потоку повітря, яке не лише розширює інтервал швидкостей потоку повітря при дотриманні максимальної ефективності, але і збільшення коефіцієнта корисної дії принаймні на 20 %.

Висновок. Проаналізовано основні фактори, які впливають на ефективність експлуатації адсорбційних трансформаторів теплової енергії. Порівняно основні заходи з підвищення ефективності пристроїв. Встановлення підвищення ефективності експлуатації адсорбційних теплотрансформаторів при використанні ультразвукового зволоження потоку повітря, яке подається до шару адсорбенту.

Список використаних джерел

1. World Energy Outlook 2023. International Energy Agency. 2023. 355 pp. 13 лютого 2024 року. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf>
2. Kugimoto K., Hirota Y., Yokoi M., Yamauchi T. Novel two-stage adsorption heat pump with high efficiency and energy storage density, powered by non-concentrated sunlight Solar Energy. 2024. Vol. 268. P. 112328. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.112328.3>.

3. Sukhyy K. M., Belyanovskaya E. A., Sukhyy M. P. Technology Development for Adsorptive Heat Energy Converters : Emerging Research and Opportunities. San Francisco: IGI-GLOBAL, USA, 2020. 328 p. URL: [doi:10.4018/978-1-7998-4432-7](https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4432-7).

4. Belyanovskaya E., Sukhyy K., Serhienko Y., Sukhyy M., Sukha I. Performance of Heat Pump Based on Composite Adsorbent. *Silica Gel–Crystalline Hydrate: Scientific Works*. 2023. Vol. 87, № 1. Pp. 81–86. URL: <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/swonaft/article/view/2696/2858>.

УДК 69.059

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВІМ НА ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ КОЛІЗІЙ В ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМАХ НА БУДІВНИЦТВІ

Бейнер Н. В.¹, к. т. н., Бейнер П. С.², к. т. н.,
Кулік М. В.³, к. т. н., доц., Іваненко Д. С.⁴, аспір.
Національний університет «Запорізька політехніка»
1beynern@gmail.com; 2beyner@gmail.com;
3starwarskmv4@gmail.com; 4.d.sergeevich108@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасному будівництві одним із важливих аспектів є управління колізіями в інженерних системах, таких як трубопроводи, воздуховоди, електропроводка тощо. Колізії можуть призводити до затримок у проекті, перерозподілу ресурсів та навіть до великих фінансових втрат. Відомо, що впровадження технологій Building Information Modeling (BIM) в будівельну практику може значно полегшити виявлення та управління колізіями [1]. Проте, існують питання щодо конкретного впливу BIM на ефективність вирішення проблем колізій у різних типах будівельних проектів. Також важливо врахувати можливі труднощі та обмеження при впровадженні BIM у процесі вирішення колізій в інженерних системах. Дослідження цих аспектів допоможе зрозуміти повний обсяг впливу BIM на ефективність управління колізіями в будівництві та розробити рекомендації для практичного застосування цієї технології.

Мета роботи полягає у визначенні впливу технології BIM на ефективність вирішення проблем колізій в інженерних системах будівництва, її аналізі та оцінці в контексті реальних будівельних проектів, а також у розробці рекомендацій щодо оптимального використання BIM для покращення управління колізіями та підвищення якості будівельних процесів.

Основна частина. У будівництві інженерні мережі охоплюють різноманітні інфраструктурні системи, до яких належить електрика, вентиляція та кондиціонування, водопостачання та каналізація, система опалення, пожежна безпека. Однією з ключових проблем є колізії між різними інженерними системами та конструкціями будівлі.

Колізії можуть виникати через недоліки у проектуванні, нестачу координації між різними учасниками проекту або за рахунок неправильного розташування різних систем. Наприклад, трубопровід може перешкоджати вентиляційному каналу або перекривати шлях кабельних ліній, що може викликати проблеми під час будівництва та подальшої експлуатації будівлі. Крім того, колізії можуть призвести до затримок у графіку робіт, додаткових витрат на виправлення помилок та негативно вплинути на загальну якість будівельного проекту.

Розміщення різних інженерних систем у будівлі потребує точної координації та інтеграції з іншими аспектами проекту. Це особливо важливо в сучасних складних будівлях, де різні системи повинні працювати синергетично для забезпечення оптимального функціонування будівлі.

Якщо своєчасно не вирішити проблеми з колізіями це може призвести до необхідності внесення кардинальних змін у завершені етапи будівництва, що значно збільшує витрати та затримує введення об'єкта в експлуатацію. Крім того, неухважене ставлення до проблем колізій може погіршити репутацію замовника та призвести до збільшення загальних витрат на будівництво в цілому. Тому виявлення та усунення колізій на ранніх етапах проектування є критично важливим завданням. З впровадженням технології BIM стає можливим проведення детального аналізу всіх інженерних систем ще до початку будівельних робіт, що дозволяє збільшити

ефективність виявлення та вирішення колізій, тим самим сприяючи покращенню управління будівельним проектом та забезпечуючи його успішне завершення.

Технологія BIM надає можливість вирішувати ці проблеми завчасно, шляхом створення цифрових тривимірних моделей будівлі, в яких враховані всі інженерні системи [2].

При наявності тривимірної моделі з усіма комунікаційними системами, виявлення колізій відбувається автоматично за допомогою спеціалізованих програмних засобів, які аналізують взаємодію різних елементів у просторі. У рамках проведеного дослідження була створена інформаційна модель офісного приміщення в Archicad. Після проведення перевірки на колізії формується детальний звіт, який містить інформацію про всі виявлені проблемні місця з назвами конструкцій та їх ID (рис.).

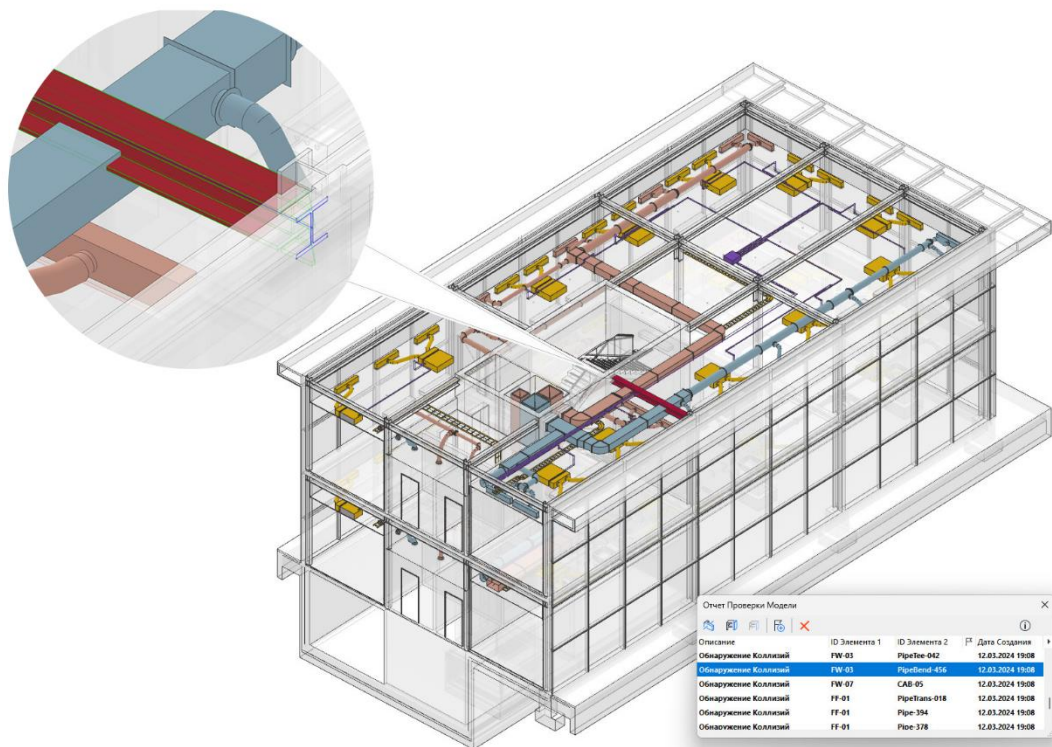


Рис. Автоматизоване виявлення колізій в BIM-моделі офісної будівлі

Розроблена модель дає змогу візуально оцінити ситуацію, оскільки програма відображає проблемний вузол та масштабує його на екрані. Це дозволяє швидко знайти та вирішити проблеми, навіть у великих та складних моделях, не витрачаючи зайвого часу на пошук.

Для використання технології BIM у процесі вирішення проблем колізій в інженерних системах на будівництві, можна скласти наступний алгоритм: [Крок 1: Збір та аналіз вихідних даних] → [Крок 2: Створення BIM-моделі] → [Крок 3: Інтеграція інженерних систем] → [Крок 4: Виявлення колізій] → [Крок 5: Аналіз та вирішення проблем] → [Крок 6: Оновлення BIM-моделі] → [Крок 7: Повторення аналізу та корекція].

Збір та аналіз вихідних даних включає збереження всіх інформаційних матеріалів проекту, таких як плани будівлі, інженерні мережі, розташування обладнання та інші деталі. На основі зібраних даних створюється цифрова тривимірна модель будівлі за допомогою програмного забезпечення BIM. Вводяться дані про розташування

трубопроводів, кабельних ліній, вентиляційних систем та інших інженерних комунікацій у BIM-модель. Залучаються спеціалісти з різних галузей та підрозділів. Це важливо, оскільки кожен фахівець має свої специфічні знання та експертизу в певній галузі, яка допомагає врахувати всі деталі та вимоги проекту. Після цього моделі з інженерними мережами інтегруються в головне ядро будівлі, що дозволяє забезпечити повну інформацію про всі системи та їх взаємодію в межах конструкції будівлі.

Для співпраці різних інженерів та підрозділів рекомендується використовувати формат IFC (Industry Foundation Classes), який є стандартом для обміну даними в галузі архітектури та проектування. IFC дозволяє інтегрувати дані з різних програмних засобів та платформ, що використовуються різними спеціалістами під час створення BIM-моделі. Це забезпечує уніфікований підхід до обміну моделями та сприяє зручності спільної роботи та взаємодії між різними учасниками проекту.

Наступний крок – виявлення колізій. За допомогою спеціальних програмних засобів, таких як Navisworks, Revit, Archicad, Solibri проводиться аналіз BIM-моделі для виявлення потенційних конфліктів та колізій між різними інженерними системами, такими як системи вентиляції, опалення, електропостачання та інші [3].

Ідентифіковані колізії аналізуються, і розробляються рішення для їх вирішення, такі як зміна розташування елементів, коригування діаметрів трубопроводів або вентиляційних каналів, тощо. Після внесення змін до проекту BIM-модель оновлюється, щоб відображати внесені зміни та знову перевірити на наявність колізій. Цикл аналізу та корекції повторюється, доки всі проблеми колізій не будуть вирішені.

Отже, алгоритм включає в себе кроки збору даних, створення цифрової моделі, виявлення та вирішення колізій, а також оновлення та повторний аналіз BIM-моделі.

Висновок. Впровадження технології BIM має значний вплив на покращення ефективності вирішення проблем колізій в інженерних системах на будівництві. Для повноцінного використання цієї технології необхідно на державному рівні впровадження відповідних стратегій та програм, спрямованих на підтримку і розвиток технології BIM в будівництві. Крім того, важливо забезпечити доступність необхідного програмного забезпечення та провести кваліфікаційні курси для фахівців будівельної галузі. Потрібно активно сприяти ініціативам створення стандартів і нормативів, які регулюватимуть використання технології BIM в Україні та забезпечать єдність підходів до її застосування. Розробка стандартів і нормативів повинна проводитися відкритими процесами з врахуванням кращих практик та рекомендацій від експертів галузі.

Список використаних джерел

1. Левченко Н. М., Бейнер П. С., Бейнер Н. В. Реконструкція будівель з використанням BIM технологій при відновленні міст в Україні. *Metal Science and Heat Treatment of Metals*. 2022. Вип. 4 (4). С. 64–70. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/10048>
2. Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>
3. Андрухов В. М., Матвійчук В. В. Алгоритмізація міждисциплінарної координації розділів проектування в Autodesk Navisworks Manage. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2019. Вип. 26 (1). С. 88–95. URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=NXWISR0AAAAJ&citation_for_view=NXWISR0AAAAJ:4TOpqqG69KYC

УДК 69.003:332.721.07

ОРГАНІЗАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПРОЄКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ

Білоконь А. І.¹, д. т. н., проф., Кислиця Л. В.², к. т. н., доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
¹belokon0604@gmail.com; ²lina.kalnysh@ukr.net

Постановка проблеми. Проблема створення комфортного простору у містах вимагає збалансування інтересів різних учасників, включаючи мешканців, бізнес, місцеву владу та екологічні організації. Необхідно забезпечити доступне житло для різних соціальних груп та розвиток інфраструктури, що відповідає потребам сучасного життя.

Зелене будівництво та сталий розвиток можуть вирішити ці проблеми через використання екологічно чистих технологій, створення зелених зон та енергоефективних об'єктів. Ключ до якісної концепції розвитку територій – якісний простір, комфортний для проживання, роботи та відпочинку людей, організація якісного обслуговування і управління об'єктами нерухомості.

Вирішення таких задач стоїть пріоритетним для девелопменту нерухомості, як безперервних змін (реконструкція, новий розвиток) навколишнього середовища для задоволення потреб суспільства. Для девелоперів, що організують та реалізують проєкти девелопменту, головною метою є зростання вартості нерухомості, що визначає сутність їх діяльності.

Питання організації середовища проєктної команди в контексті розвитку девелопменту нерухомості є невід'ємною частиною сталого розвитку. Важливою складовою є розробка ефективних стратегій управління ресурсами та використання енергоефективних технологій, що сприятиме створенню екологічно чистих об'єктів нерухомості. Таким чином, потреба суспільства в девелопменті нерухомості постійна, оскільки технології, споживчі смаки і уявлення суспільства про якість середовища постійно змінюються.

Мета даної роботи – сформулювати системні уявлення про форми організації проєктів девелопмента.

Основна частина. Для досягнення мети, формування цілісного уявлення про організаційні механізми управління проєктами девелопмента, розглянуто організаційне середовище в якому діють проєктні групи і форми організації управління проєктами в девелоперських компаніях.

Показано, в моделі життєвого циклу проєкта, організаційна схема управління проєктом може бути різною як на окремих фазах так і для різних за концепцією і масштабом проєктів.

Проаналізовано організацію управління на фазах життєвого циклу (ЖЦ) проєктів і організаційні структури компаній девелоперів на фазі будівництва. Показано, сучасні організації постійно спрямовують свої зусилля на вдосконалення (розвиток) організаційного середовища управління девелопментом і створення умов для успішної реалізації проєктів. Тому, окрім цінності створених ними нових матеріальних активів група управління проєктом (ГУП) додає (створює) цінність унікального організаційного середовища.

Показано підхід до оцінки цінностей спільної роботи команди проєкту. Розвинуте організаційне середовище, безумовно, представляє цінність, яку девелопер додатково отримує разом із новими об'єктами девелопмента.

В роботі розглянуто область девелопмента, яка стосується організації управління проектами девелопмента. Показано, девелопмент нерухомості має ряд певних особливостей, які здійснюють прямий вплив на діяльність девелопера і організацію управління девелопментом. Наявність цих особливостей створює унікальне середовище в якому діє девелопер і яке обумовлює різні підходи, схеми, форми, моделі організації управління проектами девелопмента.

В [1] авторами представлено девелопмент нерухомості, як підприємницька діяльність, спрямована на створення, покращення чи вдосконалення об'єкту нерухомості, а саме будівлі, чи земельної ділянки, яка забезпечить збільшення його вартості та подальшого продажу (оренди) із здійсненням функцій управління новою нерухомістю, та отриманням додаткового прибутку. В період відбудови нашої країни роль девелопера набуває важливого значення.

Матеріальні перетворення, що здійснюються за рахунок девелопменту забезпечують зростання вартості нерухомості. Для девелопера, як підприємця, що організовує і реалізовує проекти девелопмента, саме у збільшенні вартості об'єкта нерухомості полягає зміст і сутність його діяльності, оскільки саме це зростання і є джерело доходу девелопера.

Девелопмент нерухомості має ряд певних особливостей, які здійснюють прямий вплив на діяльність девелопера і організацію управління девелопментом.

Девелоперські проекти, є складними у містобудівному, технічному, технологічному та економічному розумінні процесом, належать до капіталоемких проектів; різні за обсягом, за змістом, за видами, за оточенням. мають тривалий термін окупності; торкаються інтересів багатьох учасників, які підтримують або можуть завадити реалізації проекту; мають багато зовнішніх впливів; повинні відповідати вимогам потенційних користувачів; бути конкурентними; їх реалізація пов'язана із значною невизначеністю; різняться за умовами і ідеєю використання земельної ділянки; мають враховувати чисельні обмеження.

Наявність цих особливостей створює унікальне середовище в якому діє девелопер і яке обумовлює різні підходи, схеми, форми, моделі організації управління девелопментом.

Тому, робота, яка присвячена організації управління проектами девелопмента має важливе практичне і теоретичне значення, що набуває актуальності при відбудові України в післявоєнний період.

Підвищенню ефективності концепцій розвитку територій шляхом застосування об'єктивних методів обґрунтування цілей, змісту і меж проектів девелопмента присвячена робота [2].

Уміння правильно визначати місію, масштаб проекту, узгодити інтереси девелопера з інтересами майбутніх власників, – дозволяє досягти максимальної ефективності і результатів. Аналізується оточення проекту девелопмента та основні категорії зацікавлених груп осіб і коло їх інтересів, система цілей і пріоритетів для розроблення та оцінювання можливих альтернатив проекту, пропонується алгоритм дій та інструментарій для обґрунтування змісту і меж проектів девелопменту територій на основі єдиної системи цілей і пріоритетів. Це дозволяє підвищити ефективність проектів розвитку і збільшити прибутковість від використання територій. Свій погляд на створення концепції розвитку дає японська система знань проєктного і програмного управління на основі P2M [3].

В роботі [6] сформоване системне уявлення про накопичені знання в проєктах демонтажу та знесення будівель та споруд. Розглянуто процеси проєктування етапу виведення з експлуатації в ліквідації будівель та споруд.

У проєктах виконання демонтажу (знесення) будівель і споруд закладають вибір методів що забезпечують екологічність (вплив на оточуюче середовище) і безпечність (вплив на людей, споруди, засоби виробництва).

Авторами роботи [4] створено електронну базу виконавчої документації проєктів виробництва робіт (ПВР) із числа реалізованих проєктів демонтажу (знесення, руйнування) будівель та споруд.

Визначено найважливіші (ключові) фактори об'єкта та оточення, що зумовлюють вибір технічних рішень демонтажу. На основі груп ключових факторів і частоти (повторюваності) технічних рішень у проєктах демонтажу (знесенні) об'єктів старої забудови створено систему документування, пошуку за ключовими ознаками принципів схем виробництва робіт. Це дозволяє перейти до типізації найбільш повторюваних технологічних рішень [5] та до цифровізації процесу розроблення ПВР.

Використовуючи відцифровану базу типових технічних рішень та цифрові технології систематизації, перегляду (пошуку) та трансферу схем виробництва робіт у нові проєкти, можемо суттєво скоротити час розроблення проєктів демонтажу та їхньої реалізації із мінімальними витратами часу та засобів.

Напрацьовані інструменти і засоби безумовно складають цінність, що привносить проєктна група у своїй діяльності для реалізації проєктів і програм.

Організація управління девелопментом викладена в роботах [7–10]. Ці праці розглядають важливі питання взаємовідносин такі як:

- організація середовища проєктної команди [7];
- організація підготовки виконання проєктів девелопмента [8];
- організаційні форми управління девелопментом у мінливому середовищі [9; 10].

Висновок: в результаті сформовано системне уявлення про організацію управління проєктами девелопмента. Проаналізовано можливі організації проєктів девелопмента і елементи організаційного середовища компанії.

Список використаних джерел

1. Білоконь А. І., Кислиця Л. В., Наумов В. О. Девелопер – визначальні критерії та його місце у бізнесі. *Металознавство та термічна обробка металів*. № 4 (99). 2022. 71 с. URL: [doi:10.30838/J.PMNTM.2413.271222.7.906](https://doi.org/10.30838/J.PMNTM.2413.271222.7.906).
2. Білоконь А. І., Ковтун-Горбачова Т. А. Обґрунтування змісту і меж проєктів девелопмент на основі єдиної системи цілей. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 3 (003). 2021. С. 27–38.
3. Ярошенко Ф. А., Бушуєв С. Д., Танака Х. Управління інноваційними проєктами і програмами на основі системи знань P2M. Київ, 2011. 268 с.
4. Білоконь А. І., Несевря П. І., Наумов В. О. Систематизація і типізація проєктних рішень знесення та демонтажу будівель і споруд. *Металознавство та термічна обробка металів*. № 4 (99). 2022. 71 с. URL: [doi:10.30838/J.PMNTM.2413.271222.18.907](https://doi.org/10.30838/J.PMNTM.2413.271222.18.907).
5. Наумов В. О., Поваляєв І. С., Білоконь А. І., Несевря П. І. Альбом технічних рішень: принципів технічні рішення при виконанні демонтажу будівель і споруд. Дніпро : ДВНЗ «ПДАБА», ТОВ «ВК «ОЛЬВІЯ», 2023. 28 с.
6. Білоконь А. І., Несевря П. І., Наумов В. О. Предметна галузь демонтажу будівель і споруд і передумови подальших досліджень. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 1. 2022. С. 21–30.
7. Кук С. Хелен, Тейт Карен. Управление проектами. Пер. с англ. М. Павловой. 2007. 432 с.

8. Білоконь А. І. Організаційні аспекти підготовки та реалізації проєктів девелопменту. *Управління проєктами та розвиток виробництва* : зб. наук. пр. Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2008. № 2 (26). С. 50–56.

9. Мгбере Ч. О., Бушуєв С. Д. Организационные формы управления девелоперскими проєктами в динамическом окружении. *Управління проєктами та розвиток виробництва* : зб. наук. пр. Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2010. № 9 (33). С. 5–13.

10. Обари, Мгбере Чинви. Мобільні системи управління девелоперськими проєктами. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2010. № 3/5 (45). С. 56–60. URL: <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2010.2835>

УДК 69.003.12:004.021

ЦИФРОВІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Богаченко С. В.¹, аспір., Титюк А. О.², к. т. н., доц., Шатов С. В.³, д. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹bohachenko.serhii@pgasa.dp.ua; ²anatol.tytiuk@pgasa.dp.ua; ³shatov.serhii@pgasa.dp.ua

Постановка проблеми. Сучасна інженерна інфраструктура, включаючи будівлі та споруди, відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту та безпеки людини. Однак, незважаючи на стандарти та нормативи, ефективне забезпечення безпечної експлуатації об'єктів будівництва потребує системного та інноваційного підходу.

Основними методами забезпечення безпечної експлуатації являється виконання моніторингу технічного стану будівельних конструкцій. Проведення технічного обстеження будівель та споруд закріплено на законодавчому рівні [1; 2] та на рівні нормативних документів в області будівництва [3; 4]. Однією з головних проблем в даному напрямку є відсутність цифрових інформаційних систем за допомогою яких можна зберігати та в подальшому аналізувати інформацію про технічний стан будівель та споруд. Існуючі методи моніторингу, в основному, ґрунтуються на періодичних обстеженнях, результати яких відображаються у звітах на паперових носіях або у розрізних електронних документах.

Відсутність цифрової інформаційної системи, що поєднує дані моніторингу, створює прогалини в інформаційній базі для ухвалення управлінських рішень. Необхідність в інформаційній цифровій платформі, здатній накопичувати, систематизувати та візуалізувати інформацію щодо технічного стану об'єктів, стає більш ніж актуальною.

Мета роботи полягає в удосконаленні процесу експлуатації будівель та споруд шляхом цифровізації результатів візуальних та інструментальних обстежень (в частині міцності та крену) будівельних конструкцій.

Основна частина. За результатами дослідження наведеними в [5] було створено базу даних для реєстрації результатів обстежень будівель та споруд, обрано систему управління базою даних та визначено, що процес взаємодії користувачів з базою даних відбувається за допомогою прикладної програми.

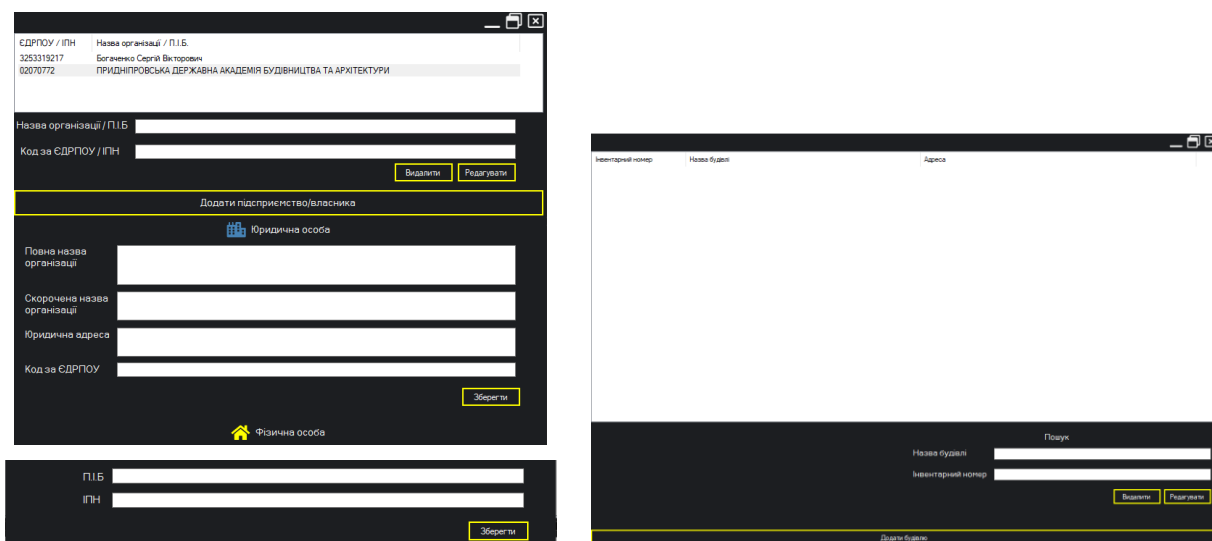
Для створення прикладної програми використано об'єктно-орієнтовану мову програмування загального призначення C# в середовищі розробки програмного забезпечення Microsoft Visual Studio. Загальна структура прикладної програми наведена на рисунку 1.



Рис. 1. Структура прикладної програми

Одним з елементів прикладної програми являються форми. В контексті даної роботи форма – це діалогове вікно за допомогою якого користувач, переглядає, редагує, додає або видаляє інформацію з бази даних. Дані процеси виконуються завдяки заздалегідь створеним SQL запитам, які запускаються за допомогою різних подій. При переході з однієї форми в іншу відбувається передача унікальних ідентифікаторів, що дозволяє структуровано відображати наявну в базі даних інформацію.

В форму опрацювання інформації про власників завантажується інформація про наявних в базі даних власників, також форма дозволяє додати інформацію про нового власника в базу даних або редагувати інформацію про існуючого. Після вибору власника відображається форма для опрацювання загальної інформації про будівлі обраного власника з функціоналом аналогічним попередньої форми. Загальні види форм опрацювання інформації про власників їх будівлі наведено на рисунку 2.



а

б

Рис. 2. Форми опрацювання інформації про власників та їх будівлі:
 а – форма опрацювання інформації про власників;
 б – форма опрацювання загальної інформації про будівлі

Загальні параметри

Оберіть конструкцію

Конструкція
Фундаменти
Изоляція
Стіни та плити
Перегородки
Зовнішнє покриття
Інші перекриття

Оберіть організацію, що здійснила обстеження

ЄДРПОУ	Назва організації
42973679	ТОВ «НАУКОВО-ІНЖИНИРИНГОВИЙ ЦЕНТР АРСЕКО»
42796515	ТОВ «СТС-ІНЖИНИРИНГ»

Оберіть відповідального виконавця

П.І.Б. відповідального виконавця	Серія і номер кваліфікаційного сертифіката
Рудан Артем Аріонович	АЕ №006606
Титюк Андрій Анатолійович	АЕ №005532

Оберіть дату виявлення дефекту або пошкодження

февраль 2024 г.

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

1

Відомість дефектів та пошкоджень

Конструкція	Позначення на схемі	Місцезнаходження дефекту (вісь, ряд, вимітка)	Фотофіксація	Дата виявлення дефекту або пошкодження	Опис дефекту або пошкодження	Одичка виміру	Кількісний показник	Категорія технічного стану	Рекомендації щодо усунення дефекту	Новий кількісний показник / Показати попередні
Стіни та плити	Д-1.2	А/1-4 А/6-6 відн. -0.250... +4.000 Б/6-А відн. +0.630... +10.630 В/2-Б відн. 0.000... +5.840		2023-07-20	Деструкція/розморозжування цегляної кладки на глибину до 2 см	м.кв.	55,23	2	1. Очистити від старої штукатурки, рилою цегли та розчин швів 2. Обробити підготовлену поверхню антисептиком та відсезонити складки в два шари 3. Нанести штукатурний шар за два рази (товщиною 20 мм)	Додати/Показати

2

Рис. 3. Форма опрацювання результатів візуального обстеження:
 1 – блок загальних параметрів; 2 – відомість дефектів та пошкоджень

Блок загальних параметрів включає в себе: панелі вибору конструкцій, організацій що проводили обстеження, відповідального виконавця та календар для вибору дати виявлення дефекту та пошкодження. Відомість дефектів та пошкоджень дозволяє внесення результатів візуального обстеження за умови вибору параметрів в блоці загальних параметрів. В відомості дефектів та пошкоджень наявна кнопка «Додати/Показати» за допомогою якої у користувача є можливість переглянути або додати нові кількісні показники дефектів та пошкоджень. Форма для опрацювання результатів інструментального обстеження по структурі аналогічна, загальний вид форми приведений на рисунку 4.



Рис. 4. Форма опрацювання результатів інструментального обстеження:
 1 – блок загальних параметрів; 2 – відомість результатів визначення міцності конструкцій; 3 – відомість результатів визначення крену будівлі

У разі внесення невірних даних в обох формах передбачено контекстне меню за допомогою якого можна змінити конструкцію, організацію яка виконувала обстеження, відповідального виконавця та дату виявлення дефекту або пошкодження.

Висновок. Розроблена прикладна програма представляє собою інструмент для організації та зберігання інформації про власників та їх будівлі, результати візуальних та інструментальних обстежень, у спеціально створеній базі даних.

Список використаних джерел

1. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 2011 р. № 3038-IV. Дата оновлення: 04.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 08.01.2024)
2. Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об’єктів будівництва: Постанова Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2017 р. № 257. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 08.01.2024)
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2017. 44 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017. 53 с.

5. Богаченко С. В., Шатов С. В. Реалізація інформаційної системи по моніторингу технічного стану будівель та споруд за допомогою SQL Server Management Studio. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. 27–28 березня 2023 р. Дніпро, 2023. С. 211–214.

УДК 624.01

ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЦЕГЛЯНИХ КОЛОН ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕРІАЛІВ ТМ МАРЕІ

Богдан С. М.¹, аспірант, Колохов В. В.², к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

s.bogdan@mapei.ua; vykolokhov@gmail.com

Постановка проблеми. На сьогоднішній день багато промислових та цивільних об'єктів України мають пошкодження несучих конструкцій які унеможливають їх безпечну та проекту експлуатацію. Основні причини цього можна умовно поділити як такі що:

- побудовані ще при радянському союзі і багато споруд вже відпрацювали свій проектний термін експлуатації;
- довгий час не працювали та не отримували належного обслуговування і ремонту, що призвело до руйнування споруд;
- отримали пошкодження в наслідок бойових дій, або в наслідок влучання ракет;
- сукупність усіх перелічених факторів.

Все це призводить до аварійної зупинки технологічного процесу, тривалих ремонтно-відновлювальних робіт та повторного, досить коштовного, запуску виробництва.

Мета роботи – надати технологію виконання ремонтно-відновлювальних робіт цегляних конструкцій із застосуванням сучасних технологічних рішень та матеріалів, за для досягнення оптимального результату по якості, швидкості виконання робіт, вартості та гарантійному терміну експлуатації відновленої конструкції.

Основна частина. Відновлення несучих конструкцій повинно здійснюватися тільки після встановлення причини руйнування та визначення поточного стану конструкцій шляхом проведення обстеження їх поточного стану, несучої здатності, а також, за необхідності, діагностичного лабораторного аналізу. Тільки такий підхід дозволяє забезпечити правильний підбір матеріалів та технології ремонту, відновлення та підсилення конструкцій, що дозволяє забезпечити довговічність та їх цілісність після проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Відновлення цегляних конструкцій проводиться в декілька стадій або етапів:

- підготовка поверхні;
- консолідація основи;
- ремонт тріщин, відшарованих ділянок та недостаючих елементів кладки;
- підсилення конструкцій із застосуванням систем композитних матеріалів Мареї FRG System;
- опорядження відновленої конструкції.

Для досягнення надійного відновлення конструкцій на кожному етапі необхідно виконання технічних та технологічних вимог, які надано в розроблених технологічних рішеннях відповідно до вимог Європейської норми CNR DT 200/2004.

Відповідно до даної норми перед початком процесу відновлення цегляні конструкції необхідно очистити від бруду, плісняви, висолів та інших забруднювачів, котрі погіршують адгезію ремонтних розчинів до основи.

Другим етапом необхідно виконати консолідацію основи шляхом її насичення ґрунтовою глибокого проникнення яка зміцнює основу, зменшує її поглинальну здатність та покращує адгезію наступних ремонтних шарів.

Після цього виконується ремонт тріщин в кладці який включає в себе наступні етапи:

1. Заповнення розкриття тріщини розчином з однієї чи обох сторін конструкції для запобігання витікання ін'єкційного розчину з тріщини.
2. Ін'єктування високотекучого розчину на цементній основі (або на основі пуцолани для історичних будівель).
3. За необхідністю виконання технології «зшивання» тріщини за допомогою «сухого» чи «мокрого» методу.
4. Заповнення та ремонт технологічних отворів після виконання вище перерахованих видів робіт.



Рис. 1. Консолідація основи



Рис. 2. Технологія ремонту та ін'єктування тріщин

Виконання підсилення цегляної конструкції виконується після відновлення її цілісності, виконання вимог що до шорсткості, форми, заокруглення кутів та інших вимог щодо основи. Підсилення виконується за технологією MAPEI FRG System яка складається з застосуванням двокомпонентного цементного розчину Planitop HDM Махі та лугостійкої скловолоконної сітки Mapegrid G120 що втоплюється в масив розчину. Дана система показала свою ефективність при проведенні лабораторних випробувань з підсилення цегляних колон (проводились на базі НУ «Львівська політехніка» 2018 р.) та на практиці.

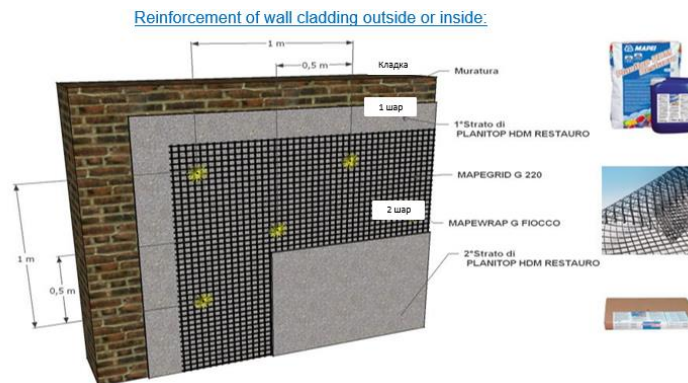


Рис. 3. Схема влаштування системи підсилення MAPEI FRG System

Влаштування даної системи підсилення не потребує спеціального обладнання та механізмів, додаткова вага від системи підсилення складає 21 кг на 1 м² поверхні, при цьому не утворюються «містки холоду» що позитивно впливає на енергоефективність будівлі в цілому.

Висновок. Застосування сучасних технічних рішень з використанням композитних матеріалів Mapei FRP System та Mapei FRG System дозволяє виконати ремонтно-відновлювальні роботи:

- в найкоротший термін;
- з мінімальним додатковим навантаженням конструкцій (вага системи складає приблизно 21 кг/м²);
- без застосування великогабаритної техніки та підйомних механізмів;
- без додаткових «містків» холоду, не порушуючи термоізоляцію будівлі;
- лінійне розширення матеріалів системи підсилення подібне до лінійного розширення самої конструкції, завдяки чому система працює одночасно з основою та не потребує додаткового анкерування;
- на відміну від ремонтних робіт під час обшивки сталевими пластинами, не існує проблеми корозії при застосовуванні системи підсилення;
- **система відповідає вимогам CNR DT 200/2004: «Інструкція з проектування, виконання та контролю стаціонарних систем підсилення, з використанням композитів армованих волокном»**

Список використаних джерел

1. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures. URL: https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/norme_tecniche_costruzioni/GuidelinesCNR_DT200_2004.pdf
2. Experimental Study of Compressed Ceramic Hollow Brick Masonry Structures Strengthening with GFRP Meshes. In: Serhiy Bula and Mariana Kholod. Lviv National University.
3. Bula S., Kholod P., Bogdan S., Sadlovska M. I. Strengthening of subjected to fire masonry structures with GFRP MASHES (TM “MAPEI”). 2018.
4. Копейка А. Е., Бондаренко Ю. В., Сушко Е. Н. Досвід використання склопластиків для відновлення кам'яних конструкцій. *Науковий вісник будівництва*. Вип. 23. Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. С. 161–165.
5. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. [Чинний від 09.01.2011]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. С. 94.
6. Була С. С., Холод П. Ф., Богдан С. М., Садловська М. І. Національний університет «Львівська політехніка», кафедра будівельних конструкцій та мостів. ТОВ «МАПЕІ Україна». Підсилення GFRP-сітками (ТМ «МАПЕІ») цегляних конструкцій, що зазнали вогневого впливу. 2018.

УДК 725.728.69

ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Бондаренко О. І., ст. виклад.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

bondarenko.olha@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Активне впровадження енергоефективних систем у всіх сферах життя сьогодні є найважливішою складовою майбутнього розвитку, який здатен змінити життєдіяльність і комфорт кожної людини. І дуже важливо визначити місце архітектури в цьому процесі.

Не втратила свою актуальність сьогодні і архітектурна «Тріада Вітрувія» «Міцність. Користь. Краса» саме тому, що завдяки активному розвитку технологій в купі з прагматичністю XXI століття, «Краса» архітектури, як складова Тріади, нажалі, частіше залишається позаду, як кажуть на «другорядних ролях», а повинна йти поруч з високими технологіями та інноваціями.

Мета роботи дослідити особливості архітектурного формоутворення енергоефективних багатоповерхових будівель, як результат взаємообумовленості архітектури і енергоефективних технологічних систем, на прикладі сучасних архітектурних об'єктів світу.

Основна частина. Енергоефективність будівлі – це властивість, що характеризується кількістю енергії, яка потрібна на створення належних умов проживання і життєдіяльності людей. Чим менше енергії використовує будівля для підтримки сприятливого мікроклімату в приміщенні, тим більш енергоефективний будинок [1].

Визначені технологічно-конструктивні вимоги щодо забезпечення високого класу енергетичної ефективності будівлі, котрі постійно оновлюються і розширюються. Це – відновлювальна енергія, якісна теплоізоляція, герметична конструкція, вентиляція з рекуперацією, якість будівництва, ізоляція підлоги, потрібне енергоефективне скління, регулювання інсоляції тощо [2].

Сьогодні зроблені великі напрацювання в сфері проектування та будівництва енергоефективних будівель в багатьох країнах світу. Розроблена класифікація енергоефективних будівель. В Україні діє класифікація будівель для оцінки енергоефективності будівель, відповідно до стандартів Європейських країн: старі будівлі, нові будівлі, пасивні будівлі, будинки нульової енергії, будівлі плюс енергія [3].

Використання відновлювальних джерел енергії для будівлі. У сучасній практиці найбільш поширеними джерелами відновлювальної енергії для будинку є: сонячна енергія, енергія вітру, геотермальна енергія, гідроенергія, енергія океану, біоенергія. Відповідно типу енергії, при проектуванні енергоефективних будівель, застосовується наступне інженерне обладнання: геліоколектори, сонячні колектори, фотоелектричні перетворювачі, сонячні батареї та інші засоби отримання сонячної енергії; вітрогенератори; геотермальні системи; гідроелектростанції, приливно-відливні електростанції та інше [4].

Відновлювані джерела енергії забезпечують такі характеристики дому, як економічність, екологічність, автономність, самодостатність, енергоефективність і високий рівень комфортності проживання.

Але, як що подивитися на схему інженерного обладнання будівлі, яка забезпечує всі ці характеристики і, особливо, високий клас енергетичної ефективності будівлі, ми майже не побачимо архітектури. Це більше інженерний об'єкт, а планування,

архітектура, композиція відходять на другий план. Треба також відмітити, що об’єктом для моделювання енергоефективних технологічних систем була переважно малоповерхова будівля з достатньою площею покрівлі для геліосистеми (основного технологічного елемента, який виробляє енергію), що спрощувало забезпечення високого класу енергоефективності будівлі.

Зовсім інша історія проектування енергоефективних багатоповерхових будівель, де для досягнення енергетичної ефективності будівлі задіяні поверхні всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій: покрівля, стіни тощо.

Формоутворення в архітектурному проектуванні – це творчий процес, що включає систему знань проєктувальника в технічній, екологічній, композиційній, психологічній та інших сферах.

Розглянемо деякі об’єкти, зведені з використанням передових «зелених» технологій, які є не лише зразками екологічності і енергоефективності, а й виділяються архітектурно-планувальними, об’ємно-композиційними та інженерними рішеннями.

1. Енергоефективна офісна будівля корпорації Manitoba Hydro, Вінніпег, Канада. «Жива будівля» з передовими технологіями, яка динамічно реагує на місцевий клімат (рис. 1)[5].



Рис. 1. Енергоефективна офісна будівля корпорації Manitoba Hydro

Архітектурна форма 21-поверхової будівлі – це органічна симетрична композиція геометричних елементів, динамічно спрямованих у небо і розкритих до сонця. Найбільш знакові технологічні особливості: «Сонячний димар», 115-метрів (система пасивної (природної) вентиляції), подвійна фасадна система навісних стін, три шестиповерхових південних атриума (легкі будівлі), водоспад (24 метри) в кожному з атриумів, геотермальна система, зелений дах стилобату. Особлива увага приділена формуванню композиції внутрішнього простору будівлі.

2. Еко-будівля, яка обертається за сонцем, Фрайбург, Німеччина. Як листя та квіти обертаються слідом за сонцем, так і Heliotrop слідує за його рухом, щоб досягти максимальної ефективності використання сонячного випромінювання (рис. 2) [6]. Циліндрична, динамічна 3-поверхова житлова **еко-будівля** встановлена на колоні висотою 14,5 м і діаметром 2,6 м. З однієї сторони будинок має потрійне скління, з іншого боку – добре ізольоване стіна.

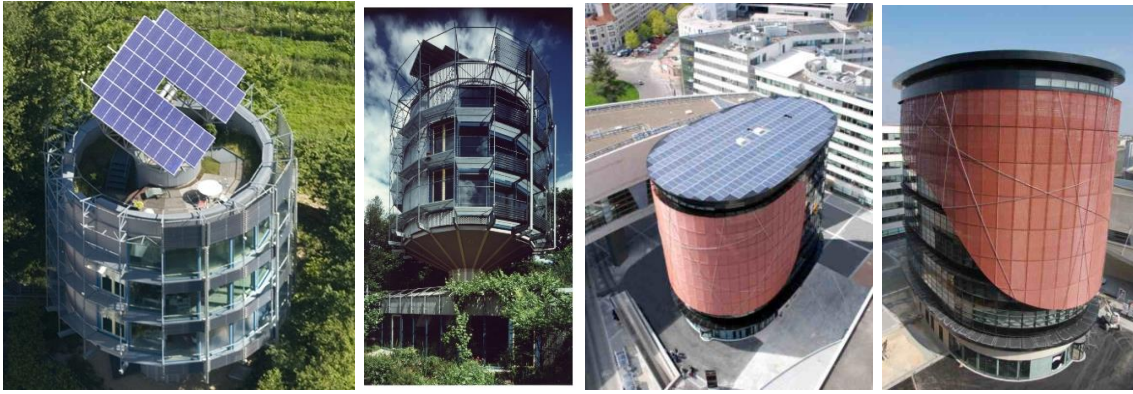


Рис. 2. Еко-будівля Heliotrop, Фрайбург Рис. 3. «Elithis Tower», Діжон, Франція

3. **Енергоефективна будівля «Elithis Tower», Діжон, Франція.** Виробляє електроенергії більше, ніж використовує. На даху та фасаді 10-поверхового офісного центру розташовано 330 сонячних панелей, що виробляють електроенергію в обсязі, достатньому для освітлення, опалення та кондиціонування 54 тис. м² офісного простору (рис. 3) [7].

4. **«Еко-будівля» миру – «Дім Сонця і Місяця» в місті Дечжоу в Китаї.** Поліфункціональний комплекс: офіси, зимовий сад, виставковий комплекс, науково-дослідні установи, навчальні заклади, конференц-зали, готель. Геліосистема – це окрема конструкція дугоподібної форми, яка забезпечує необхідну розрахункову площу для сонячних панелей загальною потужністю 20 кВт (рис. 4) [8].

5. **Еко-будівля Energy Flower – «Енергетична квітка», Китаї.** Науково-дослідний центр висотою близько 140 м. Енергією еко-будівля забезпечуватиметься за рахунок сонячних панелей на даху великого діаметра та вітротурбін, які будуть розміщені в середині циліндричної колони. Передбачено систему природної вентиляції (рис. 5) [8].



Рис. 4. «Дім Сонця і Місяця» в Китаї Рис. 5. Еко-будівля Energy Flower в Китаї

Висновок. Аналізуючи світовий архітектурний досвід останніх десятиліть, можна дійти висновку, що альтернативна енергетика вже не просто галузь промисловості, а свого роду символ нової «відповідальної» архітектури та нової екологічної свідомості архітекторів і сучасного суспільства в цілому, що увібрав передові ідеї екології і знайшов прояв в архітектурі. У ряді випадків об'єкти альтернативної енергетики є головними факторами, що визначають зовнішній вигляд будівель, починаючи від декоративного оздоблення та вибору матеріалів, і закінчуючи планувальною орієнтацією та формоутворенням.

Список використаних джерел

1. Енергоефективний будинок. URL: <https://termobud.com.ua/ua/news/energoeffektivniy-dom.html>
2. Енергоефективність: що це і як впливає на комфорт проживання. URL: <https://nerukhomi.ua/news/energoeffektivnost-chto-eto-takoe-i-kak-vliyaet-na-komfort-prozhivaniya.htm>
3. Енергоефективність будівель в Україні. URL: <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivlua.html>.
4. Енергонезалежні будівлі та відновлювальні джерела енергії. URL: <https://www.civilbud.com.ua/index.php/articles/tehnologii/315-energonezalezni-budivli-ta-vidnovluvalni-dzherela-energii>.
5. Manitoba Hydro / KPMB Architects. URL: <https://www.archdaily.com/44596/manitoba-hydro-kpmb-architects>.
6. Фрайбург – приклад сталого енергоефективного розвитку. URL: <https://сахара.ua/kompaniya-statti-frajburg-priklad-stalogo-energoeffektivnogo-rozvitku-mista>.
7. Елітис Тауер. URL: <https://www.arte-charpentier.com/en/projects/elithis-tower/>
8. Екологічні будівлі. URL: <https://svitppt.com.ua/ekologiya/top-naycikavishih-novin-pro-ekologichne-budivnictvopidgotuvav-balabuha-d.html>

УДК 72

РУРАЛІЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МІНІАГРОВИРОБНИЦТВ МІСТА

Воробйов В. В.¹, канд. арх., проф., Шило О. С.², ст.виклад.

Придніпровська державна академія архітектури та містобудування

¹vivavo151151@gmail.com; ²shylo.olha2016@gmail.com

Постановка проблеми. На місцях руйнувань забудови в містах і селах України, що почалися 24 лютого 2024 року в результаті військового вторгнення росії, виникають беллігеративні ландшафти, не придатні для подальшого використання цих територій внаслідок сильного хімічного отруєння ґрунтів та наявності великої кількості інших критично небезпечних якостей, що ніколи не існували.

Без розробки нових підходів до відродження знищених під час мілітарних подій населених місць не обійтися. Процес ревіталізації місцевостей може тривати десятиліття. Він спиратиметься на принципово новий комплексний підхід, досвіду якого поки немає. У складі підходу зводитимуться житлові будинки інноваційних типів, створених на базі використання сучасних досягнень в архітектурі та містобудуванні. На один з ймовірнісних варіантів будинків нових типів може претендувати забудова з рурдомів або агробудинків змішаної поверховості з спеціальними прийомами їх розміщення на території.

Мета дослідження – показати інноваційні особливості рурдомів чи агробудинків як об'єктів-мініагровиробництв у сельбищної зоні міста, здатних стати індикаторами зміни уявлень про агроелемент у структурі міста.

Результати дослідження. Вважається, що руралізація (відтік населення міст у сільську місцевість) є антипод урбанізації. Цей процес характерний для часу переходу від індустріального етапу життя суспільства до постіндустріального. Однак у будь-якому місті історично завжди був присутній і досі існує аграрний елемент – індивідуальні житлові будинки з присадибними земельними ділянками. Нерідко аграрний елемент розташовувався у самому центрі міст. У тому числі – на схилах балок, на підтоплених, заболочених та інших незручних територіях. А також на периферії міст.

У минулі десятиліття аграрний елемент у просторі міста урізноманітнив свої прояви за рахунок включення до структури великих і найбільших міст дачних селищ, що виникли поруч. Вони стали новими частинами його сельбищної території. А в низці країн агроізація отримала локації і на дахах багатоповерхових житлових будинків, у вигляді надбудованих над ними багатоярусних вертикальних агроферм-автоматів, що працюють на базі суперсучасних агротехнологій і повністю забезпечують мешканців будинків овочами і навіть деякими фруктами. Наприклад, у Парижі. Тобто в цьому випадку відтоку міського населення до сільської місцевості немає. А сільська місцевість сама тепер зайшла до міста.

Ці процеси можна трактувати по-різному. Очевидно, що трактування повністю залежить від зміни ментальності та від способу життя людей, пов'язаного з досягненнями науково-технічного прогресу, трансформації соціально-економічних, демографічних, культурологічних, релігійних, політичних, військових та правових процесів. Що дає і нові можливості займатися роботою вдома, використовуючи різні версії фрілансу, нові форми найму на роботу інших людей, навчатися дистанційно, отримувати послуги з будь-якої країни через інтернет – комунікації, а також мати багато інших переваг, на які тепер не потрібен час для поїздок, для збирання великих груп людей одному місці чи для інших просторово-часових функцій. Рефлексії

населення стають принципово іншими. Серед рефлексій – можливість створювати об'єкти принципово нових типів, теж пов'язані з руралізацією. А також будувати з них у межах приватної власності цілі комплекси в одному та водночас у багатьох інших містах. По суті можна сказати, що кожен руралізований будинок чи комплекс з таких будинків у структурі міста – це новий гібридний вид мікро-агровиробництва, зрощеного з житловою функцією. Це і промислова, і сільбищна зона в одному об'єкті, розташованому в місті, а не за його межами [1–3].

Спочатку архітектурні образи рурдомів створювалися переважно на основі механічного з'єднання звичайних котеджів із теплицями. А багатоповерхівок – із прибудованими вертикальними агрофермами із ручним обслуговуванням процесів вирощування сільськогосподарських культур. Проте більш детальна оцінка архітектурно-мистецького потенціалу таких об'єктів показала, що тут закладено принципово інші, що йдуть на межі не реального, чи не космічного, підходи до архітектури та принципово ширші можливості функціонального наповнення агроскладової. Вивчаючи потенціал, що раніше не помічали українські архітектори, автори даних тез протягом 2010–2020 років провели серію концептуальних проектних пошукових робіт, мета яких – показати, що в структурі селищних зон міських і сільських населених місць з'явився принципово новий тип об'єктів. Його формоутворення базується на:

- використання динопоніки та еніопоніки як сучасних інноваційних технологій з вирощування агрокультур, харчування для яких береться не з землі, не з ґрунту, а з повітря та з енергоінформаційних потоків у просторі. Це дозволяє вирощувати значно більшу врожайність, ніж на ґрунті, та з більш високими смаковими якостями, ніж на грядках. При цьому не застосовувати хімічних речовин для захисту рослин від шкідників, оскільки їх у цьому випадку просто немає. Тобто, продукція ідеально чиста в контексті екології;

- використання для вирощування рослин особливих кінематичних структур для елементів агроферм у складі рурдому, які за допомогою автоматичних систем, залежно від ритмів енергоінформаційних потоків у просторі розкриваються або прагнуть до зхлопування, як пелюстки деяких квітів, а також обертаються і піднімаються на ту чи іншу висоту над поверхнею землі, що залежить від виду вирощуваних культур;

- використання всередині ферм принципів симбіозів не лише між різними групами рослин, а й симбіозів з людиною і навіть з енергоінформаційними якостями геометрії форми рурдомів; інакше кажучи, абрис таких рурдомів народжуються з абрису форм вихрових висхідних, низхідних і що йдуть під різними кутами до лінії горизонту енергоінформаційних потоків [1–3]. Архітектор повинен за допомогою спеціального обладнання зафіксувати ці потоки та використовувати їх на основі морфрезонансних відповідностей формоутворення чергового рурдому та цих потоків. У результаті геометричні образи створених подібним методом рурдомів взагалі не будуть схожі на традиційні образи будівель та споруд; звичайно, такі будинки будуть дорогими з погляду одноразових фінансових вливань; але вони в разі будуть дешевшими і швидше окупляться в період експлуатаційних і комерційних витрат, оскільки товарна маса агропродукції, що вирощується в них, цілий рік дозволить значну її частину використовувати для продажу як ідеальну екологічну їжу, яка в усьому світі набагато дорожча;

- використовувати всередині ферми багато інших функцій, які можна запрограмувати в симбіотичних та енергоінформаційних матрицях цього об'єкта; наприклад, включити в структуру рурдомів мінікомплекси для виготовлення молекулярної їжі, яка відома тисячі років; одна горошина з молекулярної їжі діаметром

один сантиметр дозволяє забезпечити людину всіма необхідними мікроелементами на три доби; три доби не потрібно харчуватися! не потрібно мати складські приміщення великих розмірів; вся їжа на рік поміститься в невеликій коробочці! Можна, безумовно, вирощувати їжу і для традиційного харчування;

– в агрофермах-автоматах, а автоматичне вирощування рослин – відмінна особливість вище названих технологій, можна створювати місця для профілактики здоров'я, для спорту, для занять з дітьми та для сімейного відпочинку, для прийому гостей та багато інших. І це лише частина позитивних преференцій, які дають рурдома.

Наведемо деякі з їхніх видів, розроблених В. В. Воробйовим та О. С. Шило протягом минулих десятиліть. Спочатку вони замислювалися для особливих видів екопоселень. Але війна змусила оцінити їхній потенціал і для використання після нашої Перемоги. І він виявився прийнятним. Наголошуємо: в умовах післявоєнного використання отруєних ґрунтів у місцях, де протягом війни був театр воєнних дій, подібні технології гранично доречні. Що робити з отруєними ґрунтами, на яких створюватимуться такі будинки – окрема тема. Її слід розглядати своїм блоком.



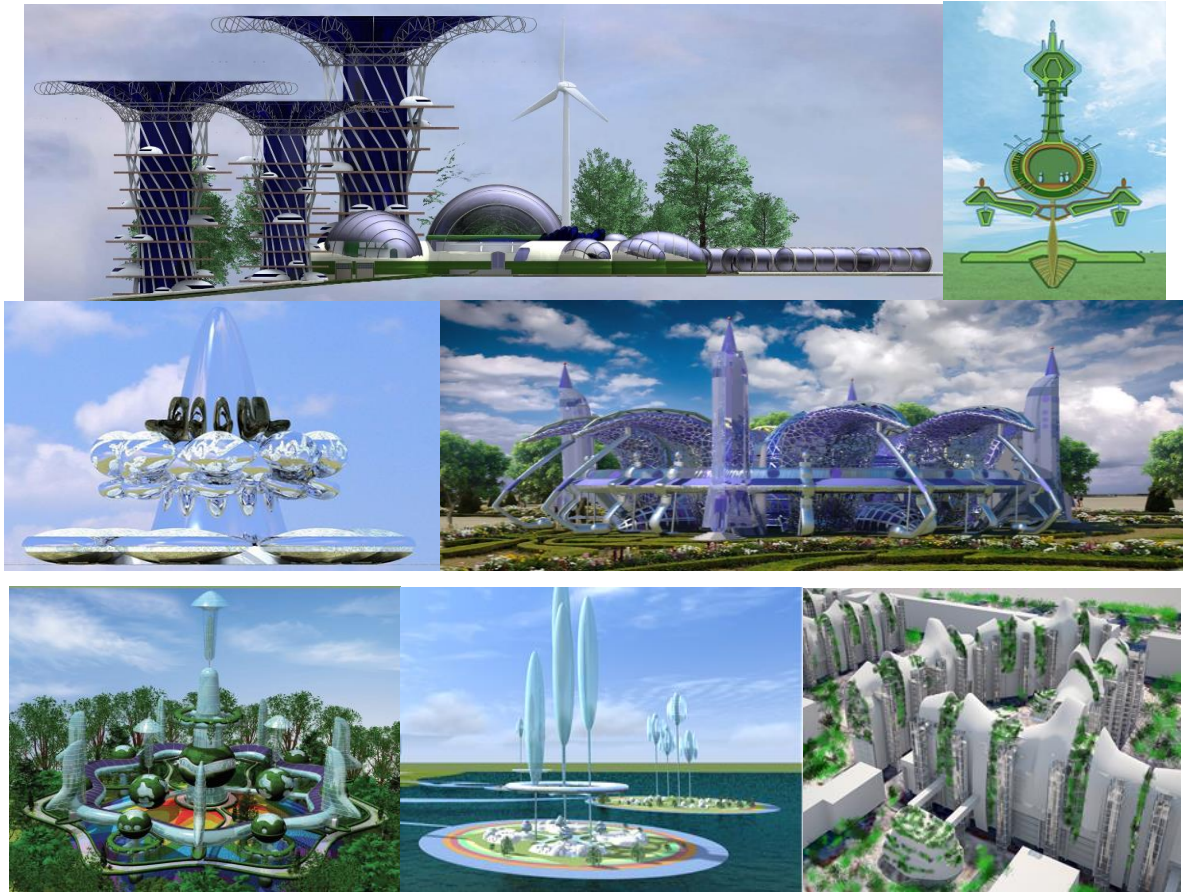


Рис. 1. Приклади концепцій рурдомів, що інтегрують інноваційну мініагровиробничу, житлову та інші функції у сільбищній зоні міста.
Архітектори: В. В. Воробйов, О. С. Шило. 2010–2020 рр.

Висновок. Руралізація житлових будинків для створення інноваційних мініагровиробництв міста – ефективний креативний тип об'єктів, який можливо використовувати для відродження міст України.

Список використаних джерел

1. Христенко А. Ю., Воробйов В. В., Шило О. С. Екозв'язевий рур-котедж, як об'єктивний елемент біогеоценозу. *Матеріали III науково-практичної конференції студентів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : збірник тез.* Упорядники Микола Савицький, Владислав Данішевський, Олена Тимошенко. Дніпро : ПДАБА, 2021. 250 с. (електр. вид.). С. 81–83.
2. Апанасенко А. А., Воробйов В. В., Шило О. С. Екозв'язевий генеральний план рур-селища у просторі нообіогеоценоза. *Матеріали III науково-практичної конференції студентів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : збірник тез.* Упорядники Микола Савицький, Владислав Данішевський, Олена Тимошенко. Дніпро : ПДАБА, 2021. 250 с. (електр. вид.). С. 11–13.
3. «Архітектурне проектування» для студентів спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» освітнього ступеню «Бакалавр», «Магістр професійний» та «Магістр-науковець» денної форми навчання: методичні вказівки до виконання розділу «Екологізація житлових будівель» з дисципліни. Укладачі : Воробйов В. В., Шило О. С. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2020. 30 с.

УДК 004.021:004.92

ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА

Гаврилюк С. В.¹, інж.-проектув. систем ОВіК, Адегов О. В.², к. т. н., доц.,

Ляховецька-Токарєва М. М.³, к. т. н., доц., Матюхіна О. О.⁴, магістр

ТОВ «Енергоефективні рішення»,

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 s.v.gavr28@gmail.com](mailto:s.v.gavr28@gmail.com); [2 adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua);

[3 lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua](mailto:lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Останні події які переважно пов’язані з повномасштабною війною в якій опинилася Україна, показують наскільки корисно було б мати в будь який період часу повну інформаційну модель, що могла б містити в собі повний спектр інформації про об’єкт.

В Україні вже певний час розвиваються науково-дослідницькі напрями в будівництві «енергоефективні будівлі та споруди», «екологічні будівлі та споруди», «системи інтелектуального керування будівлями та спорудами».

Всі ці підходи використовуються в Європі для створення комфортного мікроклімату у приміщеннях та ефективного використання енергії зовнішнього середовища, для України ці методи та підходи стануть в нагоді під час відновлення житлового та промислового комплексу.

Для вирішення практичних задач енергозбереження будівель та споруд, використовуються такі методи як, використання ефективних теплоізоляційних матеріалів, енергоекономічних конструкцій зовнішніх стін, використання енергоефективного обладнання систем ОВіК такого як теплові насоси типу «повітря-вода», припливно-витяжні вентиляційні установки з рекуперацією тепла, системи теплопостачання пов’язані з використанням альтернативних джерел енергії, але ефективність цих рішень можна оцінити лише після виконання цих процедур, тому в сучасному в світі все більше починає використовуватись інформаційне моделювання.

Мета роботи полягає в дослідження методів підвищення енергоефективності будівлі або споруди та можливостей сучасного інформаційного моделювання (ВІМ) для досягнення необхідних показників енергоефективності.

Основна частина.

Building Information Model (BIM) – це новий підхід до проектування і створення документації будівельних об’єктів.

Моделі ВІМ мають деякі переваги над звичайними методами проектування, а саме:

Вкладена інформація – в модель можна завести будь яку інформацію, як технічні так і загального характеру, і вона буде незмінна для цієї моделі впродовж повного циклу роботи.

Геометричні параметри – геометричні габарити об’єктів надійно визначаються, та повністю відповідають реальній структурі внутрішньої будови.

Комплекси та взаємодоповнюючі функції – всі об’єкти які знаходяться в моделі мають свої заздалегідь визначенні властивості (властивості матеріалів, технічні параметри як матеріалів так і обладнання, або інші загальні параметри такі як, ціни, дати технічного обслуговування, тощо).

Всі такі параметри можна використовувати в модифікованих, доповнюючих, і спеціалізованих форматах типу IFC, всередині своєї моделі так і поза неї, для роботи з іншими ВІМ орієнтованими програмними комплексами.

Велика кількість семантичних зв’язків – модель встановлює та використовує відносини та взаємозалежності між об’єктами, такі як, «містяться», «залежать від», «є частиною» та інші.

Ці зв’язки допомагають координувати між собою велику кількість даних, які містяться у моделі, при «вкладанні» однієї моделі в іншу.

Технологія BIM моделювання базується на принципі об’єктно-орієнтованих параметричних моделях.

Такий принцип дає змогу на різних етапах роботи над проектом мати окрему модель для кожного з розділів, яка буде нести в собі всю необхідну інформацію для сумісної роботи усіх відділів [1; 2].

Інформаційне моделювання має дві суттєві переваги над CAD проектуванням:

1. BIM моделювання – це не тільки графічні об’єкти, але й інформація яка забезпечує автоматичну генерацію різних видів креслень в залежності необхідної інформації (монтажні схеми, зведені схеми, плани монтажу та демонтажу, аксонометричні схеми, схеми електрозабезпечення), звітів та специфікацій до них.

2. Принцип інформаційного моделювання підтримує методи розподілених груп, тобто окремі люди або проектні групи мають змогу використовувати інформаційні моделі незалежно один від одного, а всі зміни одразу синхронізуються у загальному файлі.

Одним із основних способів енергозбереження в житлових та громадських будівлях є підвищення теплоефективності огорожувальних конструкцій, використання енергоефективних інженерних систем, можливість використання відновлювальних типів енергії [1; 2].

Проблема підвищення енергоефективності в будівлях є актуальною, але складною як в Україні, так і за кордоном.

Підвищити рівень енергоефективності будівлі, можна декількома заходами:

Сучасні теплоізоляційні матеріали – при проектуванні споруди необхідно підбирати теплоізоляційні матеріали таким чином аби вони мали хороші показники коефіцієнту теплопровідності в межах до 0,175 Вт/м·К та відповідали вимогам ДБН.

Правильне архітектурно-планувальне рішення – в цьому пункті необхідно враховувати орієнтацію будівлі, місці розташування будівлі, існуючу забудову навколо об’єкту. Від цих параметрів залежить кількісне значення сонячної радіації, вітрових характеристик та опадів, які на пряму впливають на рівень енергоефективності будівлі або споруди.

Використання енергозберігаючих систем ОВіК – для підвищення рівня енергоефективності рекомендується використовувати системи вентиляції з механічним спонукання та рекуперацією тепла, що призводить до зменшення тепловтрат.

Також рекомендується використовувати обладнання яке витрачає енергії менше ніж виробляє, наприклад теплові насоси.

Для зменшення викидів CO₂ та грошових витрат рекомендується використовувати в якості джерела систем тепlopостачання відновлювальні типи енергії (сонце, вітер, геотермальна енергія, енергія води) [3].

Автоматизація систем ОВіК – сучасні системи автоматизації та контролю клімату повністю будівлі або окремих приміщень дозволяють дотримуватись заданих параметрів мікроклімату без участі людини.

Можливості систем автоматизації ОВіК безмежні, вони можуть працювати як в погоду залежному графіку (коли обладнання зменшує свою потужність або навпаки збільшує в залежності від температури зовнішнього середовища), або по графіку

вашого знаходження дома, такі можливості дають змогу уникнути зайвого часу роботи систем, та привести до грошової економії.

Останнім часом в системах автоматизації широке використання отримало обладнання з використанням штучного інтелекту (ШІ).

Таке обладнання спроможне до самонавчання, щоб в чітко заданий часовий проміжок в приміщення були отримані задані параметри мікроклімату.

ВІМ дає змогу спрогнозувати та мінімізувати експлуатаційні витрати та створити енергоефективні та «зелені» об’єкти та ще на стадії проектування провести аналіз моделі на екологічність та енергоефективність.

Це можна зробити за допомогою інструментів хмарного обчислення таких як Autodesk Insight.

Autodesk Insight – хмарний сервіс для виконання моделювання енергоспоживання та енергоефективності будівлі на основі аналітичної моделі.

Даний хмарний сервіс дозволяє працювати з показниками ефективності, контрольними факторами та специфікаціями у реальному часі за допомогою, причино-наслідкових зв’язків.

Для роботи з сервісом необхідно створити аналітичну модель будівлі (споруди) у Revit, та задання їй основних параметрів енергоспоживання і завантаження моделі у сервіс.

Autodesk Insight дозволяє в реальному часі перевірити оптимальність орієнтації та місце розташування будівлі, за допомогою використання точного GPS налаштування.

Після чого користувач має змогу розрахувати кількість сонячної радіації яка буде потрапляти до приміщення через світлопрозорі конструкції в залежності від їх розташування та орієнтації, навіть якщо в моделі вони мають інші параметри та на основі цих розрахунків підібрати систему кондиціонування [4].



Рис. 1. Можливість перевірки оптимальності орієнтації будівлі та вікон

Хмарний сервіс **Autodesk Insight** дозволяє виконати перевірку розробленої моделі будівлі на оптимальність вибору архітектурно-планувальних рішень, складу огорожувальних конструкцій на наявність нещільності за рахунок яких можуть утворюватися інфільтраційні потоки повітря.

Якщо ваша аналітична модель має в своєму складі розроблені системи ОВіК, **Autodesk Insight** дозволяє виконати розрахунок енергоефективності обладнання, з використанням саме того обладнання яке ви запроектували.

Для підвищення енергоефективності будівлі (споруди) хмарний сервіс може виконати розрахунок встановлення сонячних панелей або колекторів, в розрахунку він зможе видати вам значення продуктивності таких систем, їх вартість, а також показник економічного ефекти від встановлення систем з використанням відновлювальних джерел енергії.

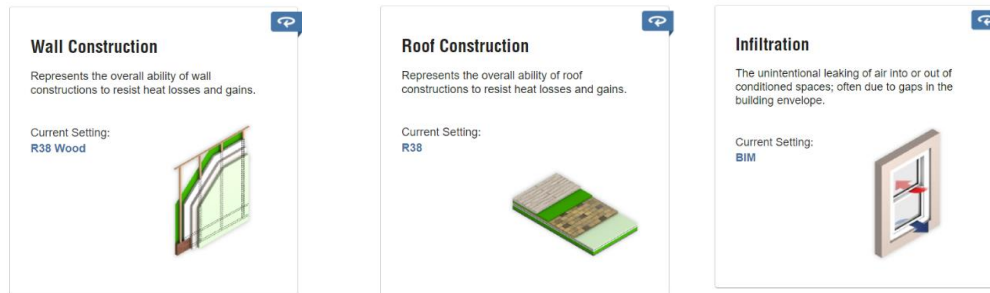


Рис. 2. Можливість перевірки конструкційних елементів будівлі

Після виконання усіх необхідних вам розрахунків, сервіс може видати значення енергоефективності аналітичної моделі та порівняти його з еталонними показниками інших будівель [4].

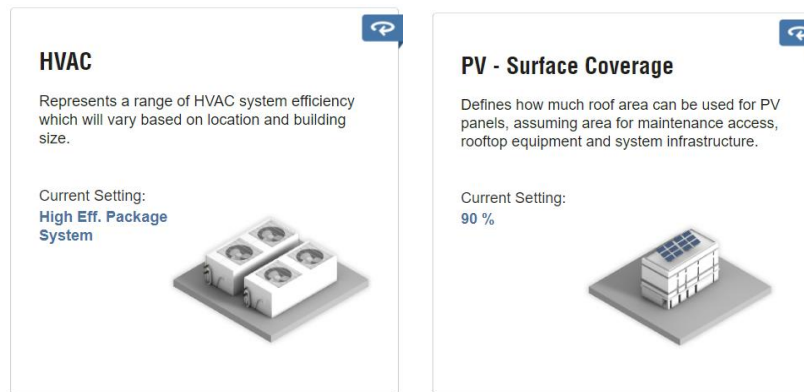


Рис. 3. Розрахунок енергоефективності систем ОВіК

Висновки. З подальшим розвитком та використанням BIM технологій в Україні є реальна можливість проектувати та будувати енергоефективні, «зелені» будівлі, які будуть відповідати європейським стандартам. BIM моделювання дає змогу ще на етапі проектування та узгоджена проекту між різними відділами, знаходити та використовувати оптимальні варіанти використання як природних ресурсів так і ефективного технологічного обладнання, для створення екологічно чистих та енергоефективних будівель

З точки зору наукового підходу, використання BIM технологій та можливостей програмних комплексів моделювання енергоспоживання та енергоефективності дають змогу поглибити дослідження конструктивних елементів будівлі, теплоізоляційних матеріалів та технологічного обладнання як єдиного живого організму.

Список використаних джерел

1. Гоц Х. М. Використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних будівель. *Управління розвитком складних систем* : зб. наук. вид. 2010. № 2. С. 100–106. URL: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-11/100-106.pdf>.
2. Трач Р. В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM) : сутність, етапи встановлення та перспективи розвитку. *Глобальні проблеми економіки*. 2017. № 16. С. 490–495. URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf>.
3. Чуприна Х. М. Інтегрована єдина енергетична модель будівлі. *Управління розвитком складних систем* : зб. наук. пр. 2014. № 17. С. 125–131. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/7032>.
4. URL: <https://insight.autodesk.com/OneEnergy/>

вирішенні задачі були застосовані різні методи чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху в системах MATLAB і Wolfram Mathematica.

Для тестування прийнятої методики і дослідження ефективності порівнювалися результати, отримані з комп'ютерної та фізичної моделей. У дослідженні розглядалася однопролітна П-подібна сталевая рама з висотою і прольотом 0,6 м і перетином $4 \times 0,6$ см. Під час тестування порівнювалися зусилля, переміщення, а також частоти власних коливань.

На рисунку наведений приклад аналізу резонансних режимів роботи рами.

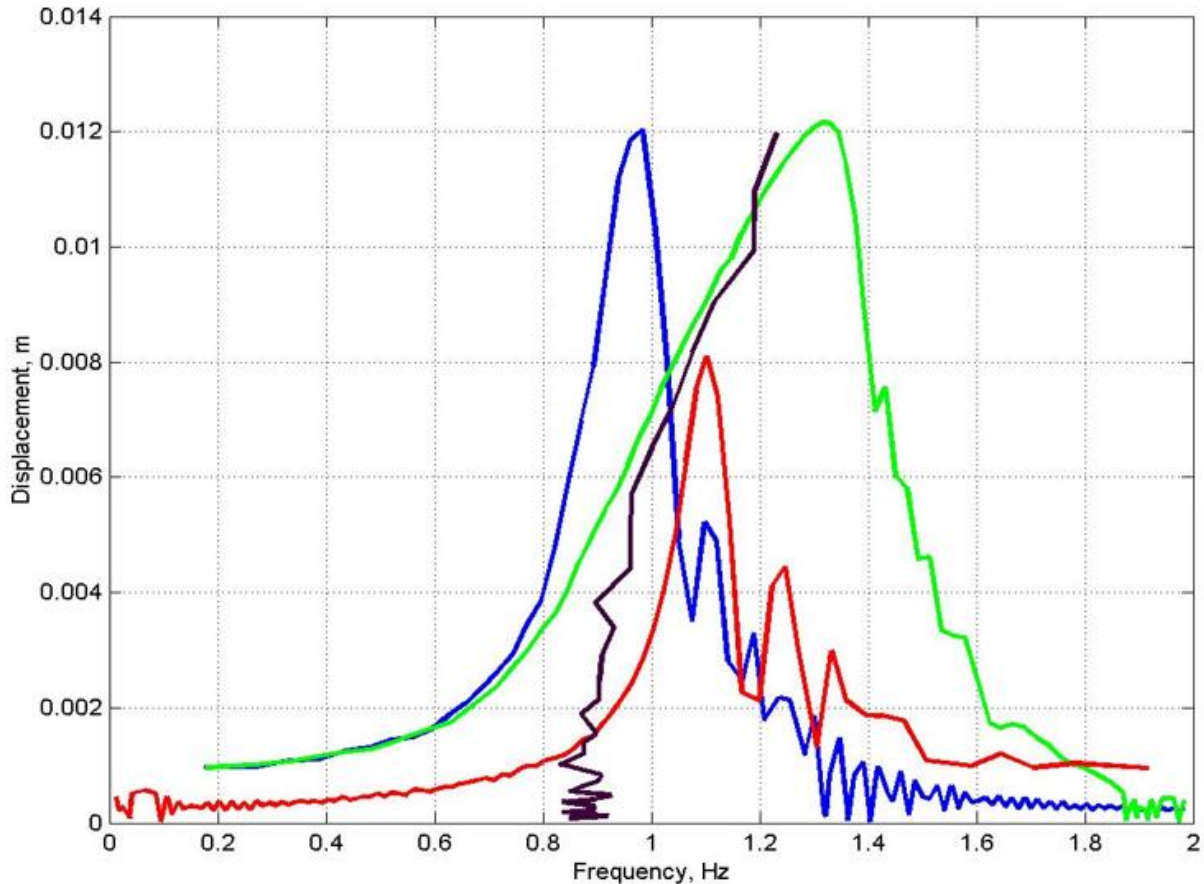


Рис. Аналіз резонансних режимів роботи рами

Для проведення лабораторного експерименту на електродинамічному вібраційному стенді ЕДВС-10М була використана наступна схема.

Підготовка обладнання та перевірка справності блоків вимірювання прискорень, генератора синусоїдальних коливань, блоку підсилювача, вібровимірювальної апаратури типу SDM-132 та п'яти каналного самопишучого приладу.

Підготовка конструкції сталевий рами, приєднання до опорної конструкції рами.

Встановлення експериментальної системи: з'єднання вібратора зі штоком та конструкцією сталевий рами. Підключення п'єзоелектричний датчик KD-21 до блоку вимірювань прискорень.

Налаштування параметрів: встановлення потрібної частоти коливань на генераторі синусоїдальних коливань. Налаштування підсилювача для оптимального підсилення сигналу від п'єзоелектричного датчика.

Запуск експерименту: увімкнути генератор синусоїдальних коливань та почати реєстрацію даних з датчика прискорення. Запустити вібраційний стенд та зафіксувати

дані про прискорення та інші вимірювання на п'яти каналному само пишучому приладі.

Аналіз результатів: оцінити амплітуду, частоту та інші параметри коливань зі збережених даних. Провести порівняння отриманих результатів з теоретичними значеннями та здійснити відповідні висновки щодо ефективності електродинамічного вібраційного стенду та його використання у практиці.

При горизонтальному кінематичному збуренні рами (переміщення підстави з амплітудою 0,37 мм) на резонансній частоті 1 Гц переміщення середнього перетину стійки становили 12 мм, а переміщення ригеля 94 мм. Що добре узгоджується з результатами теоретичного розрахунку за методикою, що розглядається.

Був також виконаний аналіз ефективності застосування динамічного гасника коливань (ДГК) і фрикційних діагональних зв'язків. В якості ДГК була застосована сталева смуга перерізом $3 \times 0,4$ см довжиною 0,66 м з масами на кінцях. В якості фрикційних діагональних зв'язків застосовані дві смуги з фіксацією двома болтами.

Після установки ДГК горизонтальні переміщення середнього перетину стійки зменшилися у 2,5 рази, а ригеля зменшилися в 5 разів. При влаштуванні фрикційних зв'язків реакція стійки і ригеля як амплітуда переміщень зменшились в 5 і 12,5 разів.

Висновки. Рекомендації щодо створення дискретних динамічних моделей були узагальнені з метою забезпечення однотипності у процесі аналізу різних конструкцій та їх вузлів. Для цього були розроблені стандартні процедури та методи створення моделей, які включають в себе визначення диференціальних рівнянь руху, врахування параметрів матеріалів та геометрії конструкцій, а також встановлення початкових та граничних умов.

Для перевірки ефективності розробленої методики було проведено тестування на прикладі сталевих рам. Це включало в себе виконання динамічних розрахунків, аналіз отриманих результатів та порівняння їх з експериментальними даними або аналітичними рішеннями. Таке тестування дозволило визначити ефективність та точність застосованої методики.

У доповіді будуть запропонована методика динамічного моделювання, що дозволяє виконувати аналіз проблем мікро впливів вібрацій на конструкції, інженерні системи та людський організм. Обговорюються особливості моделювання згинальних та крутильних характеристик багато масових систем, врахування взаємодії конструкцій з різними видами динамічних навантажень.

Список використаних джерел

1. Казакевич М. І., Кулябко В. В. Введення у віброекологію будівель та споруд. Дніпропетровськ : ПДАБА, 1996. 200 с.
2. 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*. Vol. 49, № 3. Warsaw, 2003. Pp. 25–50.
3. Kulyabko V., Davydov I. Simulation of dynamic responses of structures on the elastic-dissipate foundation at operation wind loads. *2nd East European Conf. on Wind Eng.* Vol. 2. Prague, 1998. Pp. 423–428.
4. Пановко Я. Г. Введення у теорію механічних коливань. Вид. 3-е. 1991. 256 с.

УДК 624.012.35

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДИСКРЕТНИХ ВОЛОКОН НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНОГО РОЗЧИНУ

Дерев'янку В. М.¹, д. т. н., проф., Гришко Г. М.², докторант, Дубов Т. М.³, к. т. н., доц.

¹ derevianko.viktor@pdaba.edu.ua; ² hryshko.hanna@pdaba.edu.ua;

³ dubov.t.m@dsau.dp.ua

Постановка проблеми. Довговічність залізобетонних конструкцій у будівлях та спорудах на сьогоднішній день є однією із найбільш актуальних проблем. У процесі будівництва, експлуатації будівель та споруд виникає потреба у відновленні залізобетонних конструкцій. Часто це відновлення захисного шару залізобетону, антикорозійний, хіміко-біологічний та вогнезахист, посилення конструкції. Подібні роботи складні не тільки у виконанні, а й у правильному виборі технології та матеріалу.

Слід орієнтуватись на сучасні матеріали та технології, які забезпечують за умови правильного вибору продовження терміну служби конструкцій від 15–20 до 30–40 років. Крім того, важливою є переоцінка підходів до вибору матеріалів, що використовуються для ремонтних робіт, критеріями для яких стали якісні показники та довговічність. Аналіз останніх публікацій показує, що в Україні недостатньо розвинене виробництво сухих будівельних сумішей, армованих дискретними волокнами, внаслідок чого доводиться використовувати імпортні, які є досить дорогими, а це не дозволяє зробити вітчизняну продукцію конкурентоспроможною [1–3]. Тому питання дослідження та розробки нових сухих будівельних сумішей, модифікованих дискретними волокнами вітчизняного виробництва, є досить актуальними.

Мета роботи. З метою обґрунтування можливості застосування даного типу волокон у складах ремонтних сумішей на першому етапі досліджень визначався вплив параметрів армуючого компонента на властивості цементно-піщаного розчину.

Основна частина. Армування матеріалів дозволяє збільшити їх стійкість до температурних, вологих та корозійних впливів, покращити механічні властивості.

Головними цілями армування сухих будівельних сумішей волокнами є:

- збільшення міцності на розтягування та згинання;
- збільшення ударної в'язкості;
- зниження усадки при твердінні;
- підвищення морозостійкості, зносостійкості, адгезії.

Сутність роботи армованого (композиційного) матеріалу полягає в тому, що навантаження, що виникає в результаті зовнішніх і внутрішніх впливів різних факторів передається з матриці на волокна, що мають високі показники міцності, тим самим, ставлячи матрицю в полегшені умови роботи. Волокна збільшують міцність композиту, перешкоджають виникненню та розвитку тріщин. Залежно від довжини, орієнтації в обсязі матеріалу, а також кількісного змісту можна не тільки покращити властивості матеріалів, але і отримати нові з покращеними характеристиками [4–5]. На підставі проведеного літературного огляду, як армуючий компонент для ремонтних сумішей, було використано базальтове волокно. Це волокно забезпечує тривимірне зміцнення розчину в порівнянні з традиційною арматурою, що забезпечує лише двовимірне зміцнення. Все це є додатковим аргументом на користь дисперсно-армованих ремонтних розчинів. Інтервал варіювання компонентів представлений у таблиці 1.

У зв'язку з тим, що основним пріоритетом є застосування вітчизняних матеріалів, межі варіювання довжини волокна знаходяться у тому діапазоні, який може надати завод-виробник.

Згідно з інтервалом варіювання компонентів (табл. 1), складено матрицю планування експерименту (табл. 2), проведено випробування (табл. 3) і розрахунок $R_{ст}$, $R_{виг}$ в області досліджень (рис.1).

Таблиця 1

Інтервал варіювання компонентів

Фактор впливу	Од. вим.	Позн.	Нижній рівень	Верхній рівень
1	2	3	4	5
Цемент	%	X ₁	24,8	25,1
Пісок	%	X ₂	74,8	75,1
Волокно	%	X ₃	0,1	0,4
Довжина волокна	мм	X ₄	2	12

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

№	Діаметр волокна	Фактори					
		X ₁	X ₂	X ₃	Цемент	Пісок	Волокно
1	2 – 12 мм	1	0	0	25,1	74,8	0,1
2		0	1	0	24,8	75,1	0,1
3		0,5	0,5	0	24,95	74,95	0,1
4		0	0	1	24,8	74,8	0,4
5		0,5	0	0,5	24,95	74,8	0,25
6		0	0,5	0,5	24,8	74,95	0,25
7		0,33	0,33	0,34	24,9	74,9	0,2

Таблиця 3

Таблиця результатів випробування складів «розчин + базальтове волокно»

№ п/п	Довжина і концентрація базальтових волокон	$R_{ст}$, МПа		$R_{виг}$, МПа	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
1.	Чистий розчин	3,34	11,01	1,33	3,75
2.	l = 2 мм, $\mu = 0,1$ %	3,65	10,71	1,58	3,43
3.	l = 2 мм, $\mu = 0,2$ %	2,80	8,70	1,15	3,6
4.	l = 2 мм, $\mu = 0,25$ %	3,24	10,14	1,00	3,44
5.	l = 2 мм, $\mu = 0,4$ %	3,78	10,86	1,72	3,50
6.	l = 5 мм, $\mu = 0,1$ %	2,73	6,12	1,03	3,19
7.	l = 5 мм, $\mu = 0,2$ %	3,59	11,18	1,21	3,70
8.	l = 5 мм, $\mu = 0,25$ %	2,3	7,19	1,02	3,22
9.	l = 5 мм, $\mu = 0,4$ %	3,42	7,08	1,25	3,22
10.	l = 10 мм, $\mu = 0,1$ %	1,84	5,94	1,24	3,15
11.	l = 10 мм, $\mu = 0,2$ %	2,96	9,57	1,04	3,26
12.	l = 10 мм, $\mu = 0,25$ %	1,94	6,07	0,88	2,83
13.	l = 10 мм, $\mu = 0,4$ %	3,72	11,22	1,64	3,70
14.	l = 12 мм, $\mu = 0,1$ %	4,65	10,62	1,48	4,80
15.	l = 12 мм, $\mu = 0,2$ %	3,20	10,7	0,90	2,80
16.	l = 12 мм, $\mu = 0,25$ %	2,27	7,12	1,01	3,95
17.	l = 12 мм, $\mu = 0,4$ %	3,74	8,4	1,30	3,31

Дослідження залежності міцності на стиск та вигин розчинної суміші від вмісту цементу та базальтового волокна довжиною 12 мм у віці а) 3 доби, б) 28 діб.

В результаті аналізу експериментальних зразків можна виділити такі особливості: базальтові волокна довжиною 10 мм підвищують міцнісні та експлуатаційні властивості розчинів як на ранніх так і на пізніх термінах твердіння при концентрації волокна за масою цементу 0,4 %. Приріст міцності на стиск у віці 3 доби при довжині волокна 10 мм та концентрації волокна 0,4 % становив 9,9 %, у віці 7 діб – міцність не змінюється, у віці 28 діб міцність на стиск підвищується на 1,9 %. Міцність на згин на пізніх термінах (28 діб) залишається рівною міцності контрольних зразків із чистого розчину, у той час як у віці 3 діб вона підвищується на 23,3 % (рис. 1).

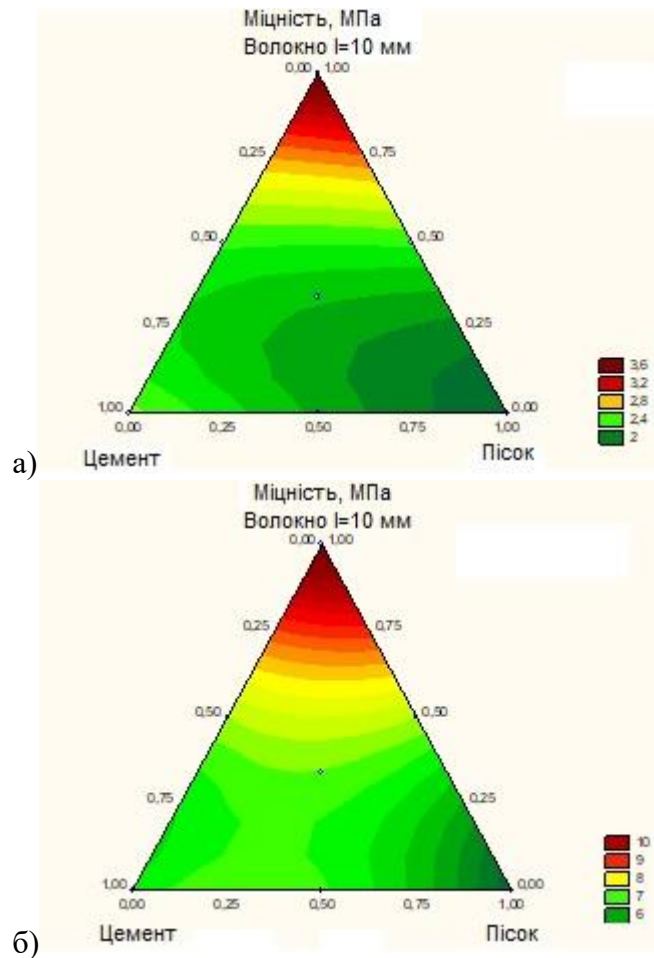


Рис. 1. Залежність міцності на стиск зразків розчинної суміші від вмісту цементу та базальтового волокна довжиною 10 мм у віці а) 3 доби, б) 28 діб

Висновок. Дослідження застосування базальтових волокон як дисперсного армуючого компоненту ремонтних сумішей показали ряд характерних закономірностей, які необхідно враховувати при введенні базальтових волокон до складу сухих будівельних сумішей, а саме застосування базальтового волокна довжиною 12 мм підвищення фізико-механічних характеристик сумішей найефективніше на ранніх термінах твердіння. При цьому кількість базальтового волокна % від маси цементу повинна становити 0,1 %. Приріст міцності при стисканні у віці 3 діб при довжині волокна 12 мм та концентрації волокна 0,1 % становив 39,22 %, а при вигині 11,28 %

від міцності контрольних зразків із чистого розчину. Міцність при згинанні у віці 28 діб зросла на 28 % (рис. 1).

Список використаних джерел

1. Turba Y., Solodky S. Crack resistance of concretes reinforced with polypropylene fiber. Lecture Notes in Civil Engineering. *Proceedings of 2nd International scientific conference on EcoComfort and Current issues of civil engineering EcoComfort 2020*. Vol. 100. Lviv, Ukraine, 16–18 September 2020. Pp. 474–481. (Scopus).
2. Sanytsky M., Kropyvnytska T., Vakhula O., Bobetsky Y. Nanomodified Ultra High-Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites with Enhanced Operational Characteristics. In International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv–Košice–Rzeszów. Pp. 362–371. Cham : Springer Nature Switzerland, 2023.
3. Derevianko V., Moroz L., Hryshko H., Vatazhishin O. Dispersed-reinforced concretes and mixtures with mineral and organic fibers. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2023. Vol. 1 (52). Pp. 181–195. URL: <http://ways.knuba.edu.ua/article/view/297642>
4. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Hryshko H. M., Sanytsky M. A. Modelling the Mechanism of Mineral-Binders’ Hydration Processes in a Macro-Micro-Nanosystem. *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*. 2023. Vol. 18 (1).
5. Krivenko P. V. et al. Complex multifunctional additive for anchoring grout based on alkali-activated portland cement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. Vol. 907, № 1. Pp. 012055.

УДК 624.012.35

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА УТВОРЕННЯ ЕТРИНГІТУ ТА ОТРИМАННЯ СТРУКТУРИ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Дерев'янюк В. М.¹, д. т. н., проф., Гришко Г. М.², докторант,
Ватажишин О. В.³, асп.

¹ derevianko.viktor@pdaba.edu.ua; ² hryshko.hanna@pdaba.edu.ua;

³ vatazhichin.oleksandr@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В процесі гідратації мінералів системи $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ утворюються гідроалюмінати і гель C_3AH_6 , C_4AH_7 , C_3AH_6 , C_3AH_8 , C_4AH_{13} , $\text{Al}(\text{OH})_3$. В системі $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$ процес гідратації більш складний. По-перше, ідуть одночасно формування гідроалюмінатів і гідросульфоалюмінатів ТГСАК і МГСАК, що є показником формування первинної структури [1–3].

По-друге, частина гідроалюмінатів реагує із сульфатами кальцію, утворюючи ТГСАК і МГСАК і цей процес впливає на формування структури, що і визначає такі властивості як міцність, внутрішнє напруження, розширення і так далі. Складність завдання полягає у встановленні процесу формування і впливу співвідношення C/A на утворення на першому етапі $\text{C}_n\text{A}_m\text{H}_x$ і ТГСАК, МГСАК.

Мета роботи. Установлення процесу формування і впливу співвідношення C/A на утворення на першому етапі $\text{C}_n\text{A}_m\text{H}_x$ і ТГСАК, МГСАК та отримання структури цементного каменю зі спеціальними властивостями.

Основна частина. Приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень процесів гідратації систем $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$. Особлива увага приділена проблемі утворення вторинного еtringіту (ТГСАК, МГСАК), перекристалізації і стабілізації фаз нанодобавками.

У роботі показано, що у сировинних матеріалах, складах та процесах гідратації є схожість хімічних і мінералогічних складів: алюмінатних (а) та сульфоалюмінатних (б) цементів:

а) – Al_2O_3 – 35...50; CaO – 35...45; SiO_2 – 5...15; TiO_2 , MgO , SO_2 , K_2O від 0 до 2,5.

б) – Al_2O_3 – не менше 20...25; CaO – 55; SiO_2 – 10; SO_3 – 3; Fe_2O_3 – 5...10; MgO – 2 та залежно від технології хімічний склад може бути дуже різноманітним, але основною умовою є наявність не менше 20 % Al_2O_3 .

Основним фактором є те, що при гідратації сульфоалюмінатів і алюмінатів в присутності гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) утворюється гідросульфоалюмінатна фаза, що дає змогу отримати структуру цементного каменю зі спеціальними властивостями [4–5].

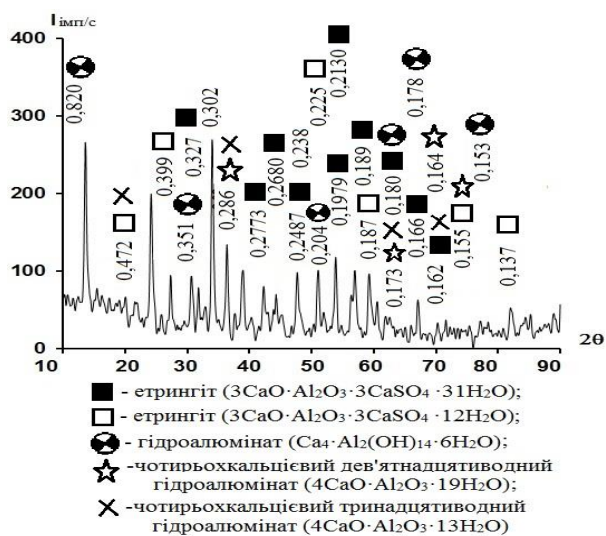
Загальним для процесів гідратації алюмінатних цементів в присутності гіпсу є утворення фази $\text{C}_3\text{A}_3\text{C}_5\text{SH}_{32}$ (табл. 1), тобто новоутворення, що відіграє основну роль при модифікації двуводного сульфату кальцію, або при частковій заміні глиноземистого цементу добавкою $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Розгляд прикладів досліджень процесів гідратації системи $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$, показує, що утворення еtringіту можна розділити на два етапи. На першому етапі утворюються сполуки, які потім вступають у взаємодію з сульфатами. Пряме утворення еtringіту – це реакція алюмінатів C_3A і сульфатів, а також в незначній кількості CA і CA_2 . Процеси гідратації, формування гідросульфоалюмінатів високосульфатної форми на основі проміжних сполук та в процесі експлуатації (рис. 1) створюють проблеми виникнення внутрішніх напружень

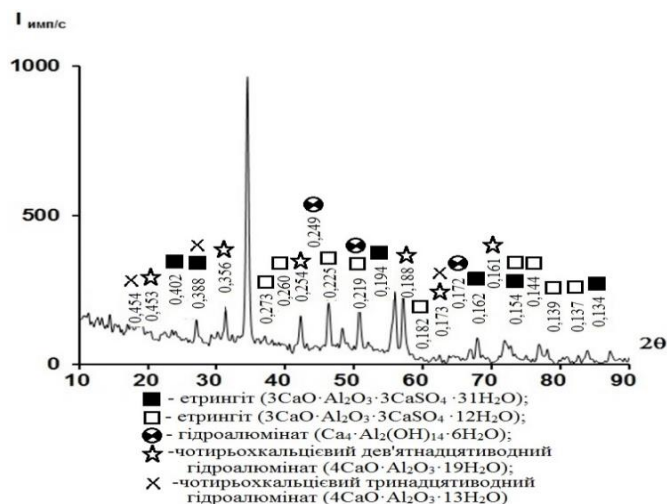
Таблиця 1

Наближені варіанти гідратації систем: $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$

Процеси гідратації системи: $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$	Процеси гідратації системи: $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$
1. $\text{CA} \rightarrow \text{C}_3\text{AH}_6$	2. $\text{CA} \rightarrow \text{C}_3\text{A}_3\text{CSH}_{12}; \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
$\text{CA}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{AH}_6$ повільна реакція	$\text{CA}_2 \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$
$\text{C}_{12}\text{A}_7 \rightarrow \text{C}_3\text{AH}_6, \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_{12}\text{A}_7 \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$
$\text{C}_3\text{A} \rightarrow \text{C}_4\text{AH}_{13}, \text{C}_2\text{AH}_8$	$\text{C}_3\text{A} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$
III. Глиноземистий цемент $\text{C}_3\text{AH}_6 + \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{ГЦ} + \text{Гіпс} \rightarrow \text{C}_3\text{ACSH}_{12}; \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



ГЦ+Г – 3 доби

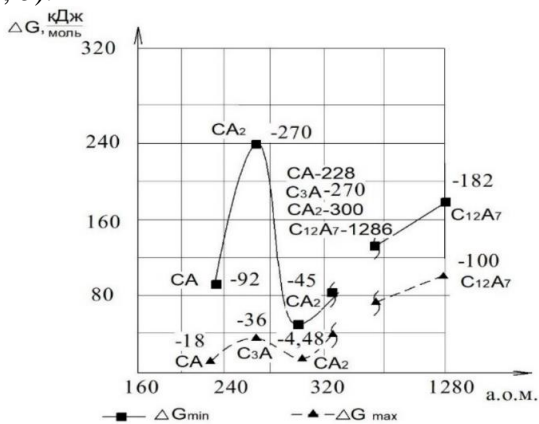


ГЦ+Г 14–28 діб

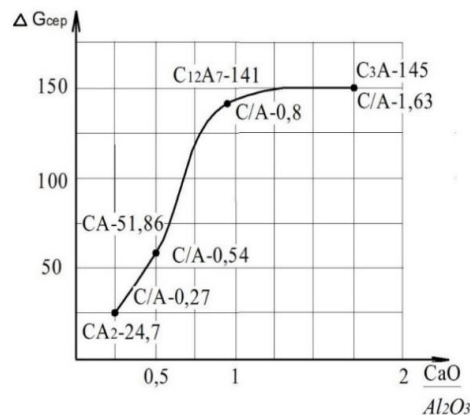
Рис. 1. Рентгенограми зразків складу ГЦ+Г в періоді твердіння 3 і 28 діб

В роботі приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень по виявленню залежності поверхневої енергії Гіббса від а. о. м. (рис. 2, а).

На основі розгляду структури мінералів і визначення термодинамічних характеристик (рис. 2) запропоновано гіпотезу залежності поверхневої енергії Гіббса ($\Delta G = f(\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$) від співвідношення молекулярних мас хімічних елементів мінералів (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. Графіки залежності ΔG : а – $\Delta G = f(a. o. m.)$; б – $\Delta G = f(C/A)$

Проведені дослідження термодинамічних характеристик указаних мінералів підтверджують гіпотезу впливу поверхневої енергії на швидкість формування мінералів.

Ідея вивчення послідовності утворення сульфоалюмінатів на основі проміжних сполук дає можливість отримати структуру розчинів високої міцності або із спеціальними властивостями. Розрахунок коефіцієнтів K (співвідношення $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$) показує пряму залежність $\Delta G = f(\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (рис. 2, б): $K_{\text{CA}2} = 0,27$; $K_{\text{CA}} = 0,54$; $K_{\text{C}_{12}\text{A}_7} = 0,80$; $K_{\text{C}_3\text{A}} = 1,63$.

Експериментальні дослідження термодинаміки чистих мінералів підтвердили запропоновану гіпотезу.

В роботі приведені результати досліджень властивостей еtringіту, отриманого в процесі гідратації чистих мінералів (C_3A) і двухводного сульфата кальцію (CSH_2).

Процес гідратації глиноземистого цементу із добавкою гідросульфатів кальцію також створює умови формування в більшій мірі уже вторинного еtringіту, максимальна кількість якого утворюється при співвідношенні ГЦ+Г % (70÷30 %).

Дослідження зміни структури при аналізі дифрактограм і результатів диференційно-термічного аналізу вказує на збільшення кількості еtringіту в процесі твердіння до 24 діб.

Як відомо, еtringітова фаза не є стабільною при експлуатації. Згідно нашої гіпотези стабілізацію структури еtringіта можна досягти шляхом введення наномодифікаторів.

На основі попередніх досліджень і аналізу літературних даних вміст нанодобавок знаходиться в межах сотих, а іноді і тисячних долей відсотків. Це викликає значні проблеми при диспергації нанодобавок в такій кількості. Варіантом вирішення проблеми є використання пластифікаторів.

Сутність технології полягає в попередній диспергації нанодобавки в концентрованому розчині вода-пластифікатор.

В роботі проведено аналіз літератури та приведено результати досліджень по визначенню впливу ультра та нанодисперсних добавок різного рівня, які вводяться для модифікації сульфатних і сульфоалюмінатних фаз. Це дає змогу змінювати процес формування першопочаткової структури, а в подальшому і основних фізико-механічних властивостей композиційних будівельних матеріалів.

Вплив модифікаторів визначали на основі експериментальних досліджень сумішей чистих мінералів C_3A , ГЦ, ГЦ+Г і нанодобавок (таурит, біла сажа, наномодифікатори).

Висновок. Дослідження з використанням ультра- та нанодисперсних добавок направлені на моделювання та управління властивостями сульфатних і сульфоалюмінатних фаз будівельних матеріалів, на способи управління процесами структуроутворення композитів на основі цементного та гіпсового в'язучого, на модифікацію матриці матеріалу наночастинками, в тому числі вуглецевими нанотрубками і нановолокнами. Підтверджено гіпотезу залежності величини поверхневої енергії Гіббса від співвідношення $\Delta G = f(C/A)$ і пропонується визначати ефективність її впливу на процес гідратації мінералів композиційних сульфоалюмінатних систем коефіцієнтом мінерала $K_{\text{CA}} = C_m/A_n$, де C_m/A_n – поверхнева енергія Гіббса, $K_{\text{C}_m\text{A}_n}$ – коефіцієнт мінерала системи.

За допомогою наномодифікаторів сформовані цементні блоки вільно зрощуються в цементній матриці, що призводить до зменшення внутрішніх напружень в ще не сформованій цементній системі.

Список використаних джерел

1. Дерев'янку В. М., Гришко Г. М., Ватажишин О. В. Оцінка ефективності впливу ультра-та нанодисперсних добавок для модифікації сульфатних і сульфоалюмінатних фаз. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 4 (016). С. 71–76.
2. Pushkarova K., Sukhanevych M., Marsikh A. Using of untreated carbon nanotubes in cement composition. *Materials Science Forum*. Brno, Czech Republic, 2016. Vol. 865. Pp. 6–11.
3. Derevianko V. N., Kondratieva N. V., Hryshko H. M., Sanytsky M. A. Modelling the Mechanism of Mineral-Binders' Hydration Processes in a Macro-Micro-Nanosystem. *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*. 2013. Vol. 18 (1).
4. Punetha V. D. et al. Functionalization of carbon nanomaterials for advanced polymer nanocomposites : a comparison study between CNT and grapheme. *Progress in Polymer Science*. 2017. Vol. 67. Pp. 1–47.
5. Derevianko V., Kondratieva N., Volkova V., Hryshko H. Nanomodification of mineral binders. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1162, № 1. P. 012001. (IOP Publishing).

УДК 691.32:004.94

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ПОТРЕБ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Єлісєєва М. О., к. т. н.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Yelisieieva.M.O@ntmu.one

Постановка проблеми. В умовах воєнного конфлікту та необхідності швидкої та сталої відбудови як об'єктів житлового фонду, так і об'єктів цивільної та соціальної інфраструктури провідною технологією здатною це забезпечити є 3D-друк будівель.

Так, за даними Kyiv School of Economics (Київської школи економіки) [1, с. 6], внаслідок повномасштабної війни на території України, на початок осені 2023 року загальна кількість зруйнованих або пошкоджених житлових будівель становила близько 167,2 тисяч; великих і середніх приватних підприємств та державних компаній – 426; закладів освіти – понад 3,5 тисячі будівель; медичних закладів – 1 223; аеропортів та цивільних аеродромів – 18; мостів та мостових переходів – близько 344; автомобільних шляхів різного значення – понад 25 тисяч кілометрів. Найбільш постраждалими регіонами є Донецька, Луганська, Київська, Харківська, Миколаївська, Запорізька, Херсонська та Чернігівська області.

Крім того, 11 грудня 2019 року в Європарламенті був представлений Європейський зелений курс (European Green Deal), основною ціллю якого є досягнення кліматичної нейтральності європейського континенту до 2050 року [2]. Відповідно до Communication from the commission. The European Green Deal, розміщеної на вебсайті European commission [3], однією із складових частин Європейського зеленого курсу є енергоефективне будівництво та реконструкція. Це має забезпечуватися шляхом проєктування нових і реконструйованих будівель із врахуванням потреб циркулярної економіки, а також залучення диджиталізованих технологій у будівельну індустрію, що в комплексі сприятиме кліматичному захисту будівельного фонду.

Без сумніву вся інфраструктура України потребує якісного та швидкого процесу відбудови, який би базувався на використанні стійких інноваційних будівельних практик та відповідав сучасним ресурсозберігаючим вимогам і ключовим цілям Європейського зеленого курсу.

Мета роботи полягає в розгляді основних особливостей використання 3D-друку будівель та їх впливу на якість отриманих будівельних конструкцій та будівель, врахування яких надасть змогу швидко та ефективно запровадити перспективну технологію в будівельну індустрію для повоєнної відбудови України.

Основна частина. Новітні адитивні технології в будівництві ґрунтуються на застосуванні спеціальних будівельних 3D-принтерів, які зазвичай використовують метод екструзії, при якому безперервний потік матеріалу формується у окремі шари певної товщини і кожний новий шар наноситься поверх попереднього для створення тривимірного пошарового об'єкту. Контролюється процес нанесення шарів за допомогою робототехнічних маніпуляторів або козлових систем, які працюють за заданою цифровою (комп'ютерною) 3D-моделлю [4, с. 2; 5, с. 165; 6, с. 56; 7, с. 128].

Вибір матеріалу для 3D-друку залежить від низки критеріїв, головними серед яких є призначення будівлі та відповідно забезпечення необхідних характеристик її конструктивних елементів, а також конструкція 3D-принтеру та метод, який для нього використовується. Наразі при методі екструзії переважно використовуються дрібнозернисті бетонні суміші високої пластичності.

Серед основних переваг застосування технології 3D-друку у розрізі сталого будівництва є можливість скорочення витрат сировинних ресурсів, зниження кількості будівельних відходів після завершення будівництва, підвищення безпеки робочого персоналу та живлення 3D-принтерів від відновлювальних джерел енергії. Крім того, за даними українських та закордонних вчених [4, с. 9–10; 8, с. 16] в якості добавок до бетонних сумішей для 3D-принтерів можуть використовуватися вторинні матеріальні ресурси, такі як зола-виносу, доменний гранульований шлак, мікрокремнезем та ін. Це все в комплексі мінімізує забруднення навколишнього середовища та підвищує екологічність будівельної індустрії.

Тим не менш є і певні виклики, які потрібно подолати для масового запровадження еволюційної технології 3D-друку в будівництві. Варто розробити нормативно-правові документи (державні стандарти), які б регламентували правила використання цієї технології в будівельній сфері та підвищували рівень довіри та мотивації серед забудовників і громадян. Також потребує вирішення питання сертифікації 3D-надрукованих будівель та будівельних конструкцій.

Іншим стримуючим фактором є дороговартість 3D-принтера та комплектуючих до нього. Проте із розширенням використання даного устаткування у найближчому майбутньому прогнозується зниження цих витрат прямо пропорційно зростанню конкуренції на ринку. Для старту ж використання цієї технології потрібні інвестиції та кооперація із європейськими партнерами, в тому числі, через залучення коштів міжнародних донорів на реалізацію подібних проєктів.

Певну обмеженість викликає недостатня база знань щодо впливу на якість будівельних конструкцій та будівель, отриманих за допомогою 3D-принтера, різноманітних технологічних факторів. Так, певний проміжок часу не вдавалося отримати 3D-надруковані будівельні конструкції з показниками міцності на вигин рівними будівельним конструкціям, отриманими при використанні традиційної технології. Причина виникнення такої проблеми полягала в неможливості при застосуванні технології 3D-друку стандартного армування будівельних конструкцій сталевими каркасами. Однак, останні дослідження [4, с. 40] вирішують це питання шляхом додавання до складу бетонної суміші армуючих волокон, які здатні покращити показники міцності на вигин майже на 175 %.

Загалом на якість кінцевої будівельної продукції, виготовленої 3D-друком, великою мірою впливають 3 категорії характеристик: властивості свіжоприготовленої бетонної суміші (рухомість, оброблюваність, в'язкість, розшаровуваність, структурна міцність, швидкість тужавлення, усадка), властивості затверділого бетону (міцність на стиск, міцність на вигин, контактна міцність між шарами, середня густина, морозостійкість, усадка) та параметри екструзії (форма сопла, висота шару, напрямок сопла і скребок) [4, с. 2; 8, с.15; 9, с. 39; 10, с. 66].

Регулювати показники властивостей бетонної суміші та затверділого бетону можна шляхом модифікації їх складу різноманітними комплексними добавками, відповідно, змінюючи співвідношення між окремими компонентами.

Наразі основна увага в дослідженнях будівельних сумішей для 3D-друку на основі портландцементу зосереджена на покращенні їхніх реологічних та механічних властивостей.

Також запровадження інноваційної технології 3D-друку в будівельну галузь потребує підготовки висококваліфікованих кадрів, а саме операторів здатних керувати автоматизованим процесом будівництва та матеріалознавців для якісної підготовки та змішування компонентів суміші.

Висновок. Технології 3D-друку стрімко розвиваються та вже спричинили справжній революційний стрибок у багатьох сферах людства: медицині, аерокосмічній, автомобільній, машинобудівній та інших галузях економіки України. Підвищення рівня автоматизації будівельного сектору через запровадження технології 3D-друку будівель надасть безліч можливостей для створення більш сталих та інноваційних методів будівництва, екодружніх до навколишнього середовища та природи.

Проте розвиток цієї перспективної технології в будівельній індустрії потребує ґрунтовних наукових досліджень та відповідей на низку питань досвідченими фахівцями різних галузей та їх тісної співпраці між собою. Зокрема, матеріалознавців для розробки ними оптимальних складів бетонних сумішей для їх максимально ефективного використання в технології 3D-друку будівель різного призначення; інженерів-механіків та конструкторів, які розробляють та оптимізують конструкції 3D-принтерів та комплектуючих до них, враховуючи вимоги до міцності, стійкості та ефективності виробу; фахівців з комп'ютерної графіки та моделювання для створення ними віртуальних моделей будівельних об'єктів, які потім можуть бути відтворені за допомогою будівельного 3D-принтера; архітекторів та дизайнерів, які відповідають за розробку концепцій будівель та їх конструктивних елементів із врахуванням естетичних та функціональних вимог до конкретної будівлі; експертів з автоматизації та робототехніки для розробки та вдосконалення системи автоматизованого 3D-друку, що дозволяє покращити продуктивність та точність процесу. Тільки спільна робота цих фахівців дозволить здійснювати комплексний підхід до досліджень з 3D-друку будівель та забезпечити максимальний ефект, сталість та інноваційність будівельної галузі.

Список використаних джерел

1. Посібник з послідовності дій Служб відновлення та розвитку інфраструктури в областях України та ОМС в проектах відбудови об'єктів цивільної та соціальної інфраструктури та житлового фонду за рахунок коштів державного бюджету. Вебсайт Kyiv School of Economics. 02 лютого 2024 року. URL: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/01/Posibnik-iz-vidnovlennya.pdf>.
2. Європейський Зелений Курс. Вебсайт Представництва України при Європейському Союзі. 15 квітня 2021 року. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>.
3. Communication from the commission. The European Green Deal. Вебсайт European commission. 11 грудня 2019 року. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ET>.
4. Recent advancements and future trends in 3D concrete printing using waste materials / Haidong Tu etc. *Developments in the Built Environment*. 2023. № 16. С. 1–27. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100187>.
5. Лаухін Д. В., Дадіверіна Л. М., Твердохліб О. М., Мацюк І. М. Аналіз застосування в будівельному виробництві адитивних технологій 3D-друку. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2020. № 61–14. С. 163–177. URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/61.163>.
6. Іванов-Костецький С., Гуменник І., Воронкова І. Шляхи застосування технологій 3d-друку у створенні сучасних об'єктів архітектури. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Архітектура»*. 2022. № 1(7). С. 54–64. URL: <https://doi.org/10.23939/sa2022.01.054>.
7. Шатов С. В., Маценко О. М., Скрипка Є. О., Даниленко І. О. Еколого-економічні переваги переходу на 3d-друк будівельних об'єктів у руслі industry 4.0. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 1. С. 124–131.

8. Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Зятюк Ю. Ю. Цементно-шлакові суміші для 3D принтеру. *Будівельні матеріали та вироби*. 2021. № 1–2 (102). С. 14–19. URL: <https://doi.org/10.48076/2413-9890.2021-102-02>.

9. Fiřarská D., Unčık S., Cabanová T. Specification of the Properties and Effects of Additives and Admixtures on a Mixture Suitable for 3D Printing of Buildings. *Slovak Journal of Civil Engineering*. 2020. Vol. 28, №. 4. Pp. 38–44. URL: <https://doi.org/10.2478/sjce-2020-0029>.

10. Савицький М. В., Конопляник О. Ю., Мислицька А. О., Лясота О. В. Визначення фізико-механічних характеристик бетонів для 3D-друку будівельних конструкцій. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 2. С. 59–68. URL: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.280420.64.622>.

УДК 697.1:621.178:697.34

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ УМОВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕННЯХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Железняков Є.О., асист.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

zhelezniakov.ie.o@dsau.dp.ua

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки життєдіяльності людини в будівлях та спорудах є неможливим без оцінка зміни умов мікроклімату залежно від архітектурно-планувальних рішень і призначення приміщень.

З практики експлуатації будівель відомо, що кутові приміщення та ті, які мають велику площу зовнішніх огорожень, відрізняються значними коливаннями температури внутрішнього повітря, як у літню пору року (за періодичного опромінення сонцем), так і в зимовий період (у разі коливань тепловіддачі опалювальних приладів).

Колівання температури внутрішнього повітря несприятливо впливає на самопочуття людей. Тому проведення досліджень та визначення коливань мікроклімату на поверхні стін і температури внутрішнього повітряного середовища стало проблемою сьогодення [1–4].

Мета роботи полягає в аналізі, дослідженні і обґрунтуванні рішень щодо забезпечення необхідного рівня надійності й ефективності елементів комплексу теплозабезпечення будівлі з позиції гарантованої підтримки необхідного внутрішнього теплового режиму у разі порушення або відмови роботи системи теплопостачання.

Основна частина. Температурний режим приміщення є визначальним для його теплового комфорту при обмеженні інших мікрокліматичних параметрів – вологості і швидкості руху повітря. Відомо, що низькі значення відносної вологості внутрішнього повітря (20...25 %) можуть викликати простудні захворювання. Крім того, спостерігається підвищене утворення пилу через надмірне висихання предметів з натуральних матеріалів. Висока відносна вологість (70 %) також негативно впливає на самопочуття людини. Для приміщень, які опалюються, допустиме значення відносної вологості за температури 18...22 °С не більше 65 %, оптимальне значення – 50...60% за 20...22 °С [3].

Значну роль відіграє вибір будівельних матеріалів огорожень, а саме їх теплотехнічні показники – коефіцієнти теплопровідності, теплозасвоєння та паропроникнення та залежні від них загальний термічний опір і теплотривкість огорожень.

При аварійному відключенні та тривалому простої обслуговування інженерних комунікації обов'язкове. В результаті досліджень встановлено, що технічні пристрої виявляють схильність до виходу з ладу при температурі повітря в приміщенні 8 °С і нижче та можуть вимагати значних матеріальних витрат на їх відновлення в майбутньому.

На процеси охолодження елементів конструкції огорож впливає радіаційна активність сонячної енергії, а також вітрове навантаження. Встановлено, що взимку на кожний 1 м/с збільшення швидкості вітру температура навколишнього середовища знижується на 2 °С.

Навколишнє середовище має вплив на параметри мікроклімату через зовнішні огороження (рис.). Визначаючи значення параметрів мікроклімату, необхідно враховувати такі зовнішні умови, як температура зовнішнього повітря, напрям вітру, сонячну радіацію, опади та відносну вологість повітря.

Знаючи кліматичні характеристики району забудови і теплоаккумуляцію зовнішніх огорожень, «можна оптимізувати кількість і якість теплової енергії, необхідної для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату» [1; 5–9].



Рис. Вплив зовнішніх факторів на мікроклімат приміщень у процесі взаємодії з внутрішнім середовищем робочих місць: 1 – роза вітрів; 2 – інсоляція вдень; 3 – нічний час; 4 – дощ і вологість; 5 – хмарність; 6 – температура зимова; 7 – температура річна; 8 – швидкість вітру; 9 – матеріал будівельних конструкцій; 10 – стан поверхні зовнішнього боку будівельних конструкцій; 11 – температура всередині приміщення; 12 – оптимальна вологість усередині; 13 – подається кількість тепла всередину приміщення; 14 – теплова активність будівельних конструкцій [3]

Висновок. Ретельне дослідження зміни мікроклімату в приміщеннях, з урахуванням конструктивно-планувальних рішень та зміни температури залежно від пори року, дозволяє прогнозувати прийняття запобіжних заходів роботи устаткування в будівлях та зберегти інженерні комунікації в робочому стані [1; 5–9].

Список використаних джерел

1. Беліков А. С., Колесник І. О., Клименко Г. О., Железняков Є. О. До питання визначення критичних умов мікроклімату в приміщеннях у разі порушень роботи системи теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 6 (012). С. 7–14.
2. Данілов М. П., Григорьев Л. Н., Мерещук А. В. Теплостійкість та тепловий режим будівель, інженерних комунікацій та промислових об'єктів. Дніпропетровськ : РВВ ПДАБА, 2001. 122 с.
3. Данілов М. П., Ветвицький І. Л., Чесанов Л. Г., Колесник І. О. Теплостійкість будівель в екосистемі «довкілля – будівля – людина» (аварійно-дефіцитні теплові режими, геліо- та вітрові аспекти) : навч. посіб. Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2005. 262 с.
4. Колесник І. О., Федоренко А. І., Полищук С. З., Долодаренко В. А. До питання оцінки надійності теплопостачання, що забезпечує санітарно-гігієнічні вимоги у житлових приміщеннях. *Екологічний інтелект – 2012 : матер. доповідей VII Міжнар. та XVIII традиц. наук.-практ. конф. (24–25 квітня 2012 р.)*. Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; за ред. Л. О. Яришкіної, Н. Т. Арламової, М. Л. Сороки. Дніпропетровськ, 2012. С. 69–71.
5. Колесник І. О., Ветвицький І. Л., Каспійцева В. Ю. Вплив розташування приміщення в будівлі на тепловий режим приміщення при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплогазопостачання. *Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі: тези XIX Міжнар. наук.-практ. конф. (19–22*

вересня 2021 р., м. Чернігів, Україна). 2021. С. 175–179.

6. Vakilinezhad R., Khabir S. Evaluation of thermal and energy performance of cool envelopes on low-rise residential buildings in hot climates. *ScienceDirect : web-site*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223008227>.

7. Castaldo V., Pigliautile I., Rosso F., Pisello A., Cotana F. Investigation of the impact of subjective and physical parameters on the indoor comfort of occupants : a case study in central Italy. *ScienceDirect : web-site*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217336184>.

8. Gobakis K., Kolokotsa D. Coupling building energy simulation software with microclimatic simulation for the evaluation of the impact of urban outdoor conditions on the energy consumption and indoor environmental quality. *ScienceDirect : web-site*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817304735>.

9. Beker B., Cervellera C., Vito A., Musso C. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *ClinMed International Library : web-site*. URL : <https://clinmedjournals.org/articles/iacph/international-archives-of-clinical-physiology-iacph-1-001.php>.

УДК 372.8:721.021.2

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПІСЛЯВОЄННІЙ ВІДБУДОВІ УКРАЇНИ

Захаров Д. Ю.¹, аспір., Шатов С. В.², д. т. н., проф., Ландо Е. О.³, к. т. н., доц., с. н. с.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

polimoli73@gmail.com; shatov.sv@ukr.net; lando.evgen@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. В сучасному світі, де технології стрімко розвиваються, питання використання штучного інтелекту відкривають нові перспективи для відбудови країн. Україна, як країна, що стикається з численними викликами, виявляється на перехресті можливостей та ризиків, пов'язаних із впровадженням цієї технології. У цьому контексті розглядається питання, як використання штучного інтелекту може сприяти відновленню та розвитку країни, а також які можливі аспекти слід врахувати для досягнення балансу між інноваціями та етичністю в цьому процесі.

Мета роботи полягає в дослідженні потенціалу та можливостей використання штучного інтелекту для відбудови України, визначенні ключових сфер застосування технології, врахуванні ризиків та етичних аспектів впровадження.

Основна частина. Проаналізувавши досвід використання ШІ [1] у будівельній галузі нами було виявлено деякі ключові застосування в будівництві:

1. Оптимізація дизайну: застосування штучного інтелекту в архітектурному проектуванні може допомогти оптимізувати структуру і планування будівлі. Аналізуючи великі обсяги даних, ШІ може генерувати оптимальні проєктні рішення з урахуванням таких чинників, як структурна стабільність та енергоефективність, тим самим підвищуючи ефективність і якість проектування будівель.
2. Енергоменеджмент: на етапі експлуатації будівлі штучний інтелект можна використовувати в інтелектуальних системах управління енергоспоживанням. Відстежуючи такі дані, як споживання енергії та метеорологічні умови, ШІ може прогнозувати потреби будівлі в енергії та регулювати опалення, вентиляцію, кондиціонування та інші системи для досягнення оптимального використання енергії та зниження експлуатаційних витрат.
3. Безпека будівництва: штучний інтелект відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки будівель. Використовуючи технологію візуального розпізнавання, ШІ може контролювати будівельні майданчики, виявляти потенційні загрози безпеці та своєчасно попереджати. Крім того, ШІ може аналізувати структурний стан будівлі, щоб заздалегідь виявити потенційні структурні проблеми.
4. Управління проєктом: інтегруючи великі обсяги даних з управління проєктами, ШІ може надати більш ефективні рішення з управління проєктами. Він оптимізує графіки, розподіл ресурсів і виявляє потенційні ризики для підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів.
5. Інтелектуальні будівлі: штучний інтелект робить будівлі розумнішими. Системи розумних будівель можуть підвищити комфорт і енергоефективність будівель, навчаючись і адаптуючись до поведінки мешканців або співробітників, а також регулюючи параметри довкілля, як-от освітлення, температура і якість повітря.
6. Стійка архітектура: штучний інтелект також відіграє ключову роль, коли йдеться про сталі будівництва. ШІ може аналізувати життєвий цикл матеріалів і давати рекомендації щодо вибору екологічно чистих будівельних матеріалів. Водночас він також може оптимізувати проєкт будівлі, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище.

Однією з головних задач після закінчення війни в Україні стане аналіз та руйнація сильно пошкоджених будівель у зв'язку з цим слід звернути увагу на використання цифрових двійників за допомогою таких програм, як Autodesk Tandem і Material Passports (база даних, яка відстежує всі матеріали, використані в проєкті), старі будівлі стають банками матеріалів. Таким чином, використані сталеві балки або цеглу, простежені з моменту їхнього встановлення, можна відновити і використовувати під час будівництва іншого фасаду будівлі [2].

Що більше ми знаємо про будівництво будівлі до її демонтажу, то простіше і дешевше буде повторно використовувати її матеріали. Через відсутність плану знесення більша частина будівлі вирушає прямо на звалище. Коли процес проєктування на основі даних завершується створенням цифрового двійника, архітектори та інженери отримують хороші можливості для адаптивного повторного використання. Використовуючи генеративний дизайн, архітектори можуть переосмислювати і переглядати плани, щоб найкращим чином використовувати доступний простір. Паспорти матеріалів також можуть сприяти творчому проєктуванню будівель з вичерпаним терміном експлуатації. Краще розуміння старих об'єктів або об'єктів спадщини дає змогу архітекторам, інженерам і підрядникам повторно використовувати центральні або наявні конструкції або поміщати перероблені матеріали в основу дизайну нового проєкту. У Сідней нова вежа Quay Quarter Tower була побудована шляхом повторного використання 68 % старої будівлі 1970-х років, що представляє собою економію енергії, еквівалентну 10 000 рейсів із Сіднея в Мельбурн.



Рис. Вежа Quay Quarter у Сідней

Висновок. Використання штучного інтелекту в будівництві охоплює різні аспекти, такі як проєктування, управління енергоспоживанням, моніторинг безпеки та управління проєктами. Ці інновації сприяють підвищенню ефективності та якості споруд, а також формують основу для сталого розвитку майбутніх будівель. Максимальне використання потенціалу штучного інтелекту в будівельній галузі забезпечить більш розумне, ефективне та стійке майбутнє цього сектору.

Список використаних джерел

1. Subodh Paudel . Méthodologie pour estimer la consommation d'énergie dans les bâtiments en utilisant des techniques d'intelligence artificielle : веб-сайт. URL: <https://theses.hal.science/tel-01382882> (дата звернення: 27.01.2023).
2. Yvan Tchana de Tchana. Proposition d'un jumeau numérique pour soutenir la gestion de l'exploitation d'une infrastructure linéaire. Infrastructures de transport. Université de Technologie de Troyes, 2021. URL: https://theses.hal.science/tel-03808753v1/file/Yvan_Tchana_De_Tchana_2021TROY0012.pdf (дата звернення: 28.01.2023).

УДК 69.032.22:658.512.4

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СПОРУДЖЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

Заяць Є. І.¹, д. т. н., проф., **Косолапов А. Ф.²**, к. т. н., доц.

¹ *Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,*

² *Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

¹ yevhen.i.zaiats@pdaba.edu.ua; ² sgm@sgm.org.ua

При організаційно-технологічному проектуванні спорудження висотних будівель потрібно враховувати досвід девелоперів щодо впровадження технологій і техніки (високий рівень механізації, чітка організаційна структура, налагоджені зв'язки з суміжними фірмами, проте і перевищення проектної вартості робіт та термінів їх виконання) і місцеві умови (наявний парк техніки, кваліфікованість кадрів, рівень розвитку будівельної індустрії тощо).

Основу процесу спорудження монолітних висотних будівель складає комплекс технологічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію тривалості виробництва робіт, скорочення трудомісткості робіт та забезпечення належної якості конструкцій.

Спорудження висотних будівель складається зі здійснення відомих технологічних процесів, проте особливості конструкцій таких будівель та чинник значної висоти, на якій виконуються роботи, обумовлюють певні відмінності в технології виробництва робіт, що відображаються в появі нових засобів механізації, видів робіт, технологічної документації.

Для спорудження висотних багатофункціональних комплексів необхідні декілька категорій техніки, обладнання і матеріалів, а саме: підйомні крани різних типів, високоміцні марки бетонів і конструкційної сталі, опалубки різних типів і призначень, бетононасоси і роздавальні стріли.

При виборі раціонального варіанту спорудження монолітних висотних будинків слід виходити з таких передумов:

- бетонування конструкцій в опалубці різних типів (самопідйомній або підйомно-переставній опалубці);
- кріплення елементів опалубки до раніше забетонованих конструкцій здійснюється з урахуванням міцності бетону до моменту передачі на нього навантажень від застосовуваних кріплень;
- поєднання бетонування з виробництвом інших видів робіт на нижчих перекриттях на одній захватці виконується тільки за спеціально розробленими графіками, що враховують безпечне виконання робіт.

Опалубні системи і опалубні технології визначають темпи будівництва і трудомісткість операцій на бетонних роботах. Слід враховувати, що на висоті понад 100 м через вітри і тумани крани не завжди можуть повноцінно працювати. За цих умов найдоцільнішими є самопіднімальні на гідравлічному приводі опалубні системи.

При будівництві зовнішніх стін будівель вище 30 поверхів застосовують переставні самопіднімальні опалубки з гідравлічним приводом, які являють собою сукупність модуля опалубки, що складається з зовнішньої і внутрішньої опалубної панелі, несучих робочих риштувань і анкерів для кріплення опалубки до будівлі.

Ефективність переставної опалубки, конструкція якої дає можливість безпечно переміщати весь блок краном, полягає в зниженні трудомісткості опалубних робіт, збільшенні темпів та якості будівництва.

Самопідйомні опалубки в комплексі вирішують питання опалубки і механічної розпалубки конструкцій, механічного переміщення опалубки по висоті, забезпечення безпечних умов виробництва робіт і максимального захисту від вітру. Опалубка носить індивідуальний характер, проектується і виготовляється під конкретний об’єкт. Для особливо складних висотних будівель розробляють спеціальні проекти з ув’язкою переміщення по висоті опалубки, гідравлічної розподільної стріли і індивідуальних кранів, що розміщуються на новому каркасі.

При спорудженні висотних будинків необхідно вибирати найбільш раціональні комплекти і типи опалубки.

Вибір типу опалубки проводять за такими критеріями складності монолітних конструкцій висотного будинку:

- уніфікованість перерізу вертикальних конструкцій;
- зміна по висоті товщини несучих стін;
- зміщення осі стіни по висоті будинку;
- зміни висот по поверхах;
- наявність похилих монолітних стін;
- відмінність конструктивних рішень каркаса по поверхах висотного будинку;
- швидкість спорудження будівлі;
- можливості і завантаження вантажопідіймальних кранів і підйомників;
- поверховість.

Для забезпечення швидкісного і безпечного будівництва висотних будинків застосовують спеціальне підйомно-транспортне обладнання: вантажопідіймальні крани, вантажні та вантажопасажирські підйомники. Потреба в основних механізмах визначається в проекті виробництва робіт у відповідності з термінами виконання робіт на підставі календарного плану будівництва об’єкта.

Список використаних джерел

1. Гончаренко Д. Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий : монография. Киев : А+С, 2013. 128 с.
2. Кравчуновська Т. С., Заяць Є. І., Дадіверіна Л. М., Ткач Т. В. Обґрунтування вибору раціонального варіанту організаційно-технологічного рішення спорудження підземної частини висотних будівель при застосуванні методу «вверх–вниз». *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 3. С. 59–67. URL: [doi:10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.59.865](https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.59.865).
3. Kravchunovska T., Zaiats Ye., Kovalov V., Nechepurenko D., Kirnos K. Choosing the rational management of high-rise building construction projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3, № 3 (105). 2020. Pp. 24–33. URL: [doi:10.15587/1729-4061.2020.205135](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205135).

УДК 620.197.5

МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ АНОДНО-ІСКРОВОГО ОСАДЖЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ЕКОЛОГІЧНОГО БУДІВНИЦТВА

Калініченко О. О.¹, к. т. н., доц., Ковальов С. В.², к. т. н., доц.,
Сухий М. К.³, д. т. н., проф.

^{1,2} ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

³ Український державний університет науки і технологій

¹ kalinichenkooleg1@gmail.com, ² sv_kovalyov@i.ua, ³ tntmishatnt@gmail.com

Постановка проблеми. У сучасному світі, коли важливість екологічного будівництва росте, виникає необхідність розробки та вдосконалення технологій, спрямованих на створення екологічно безпечних матеріалів для будівництва. Одним із перспективних методів є анодно-іскрове осадження (АІО), яке може забезпечити створення одночасно захисних та декоративних покриттів на металах.

АІО, як процес електрохімічного утворення захисного оксидного шару на поверхні металу, може вирішити наступні проблеми у будівництві:

- Захист від корозії (товсті, стійкі покриття, що дозволять збільшити тривалість служби будівельних матеріалів та зменшити потребу у їхній заміні чи ремонті через корозійний знос) [1].

- Покращення естетики і дизайну оздоблювальних матеріалів (декоративні, кольорові, текстурні покриття на металевих поверхнях, що робить їх привабливими для використання в сучасному архітектурному дизайні) [2].

- Підвищення механічних властивостей поверхні виробів (покриття з підвищеною міцністю та зносостійкістю металевих поверхонь, забезпечують додатковий захист від механічних пошкоджень та подряпин).

- Удосконалення комфортних властивостей матеріалів (покриття з покращеними тепло- та звукоізоляційними властивостями для використання у конструкціях зі збільшеними вимогами до ізоляції).

- Безпека для навколишнього середовища (екологічно безпечний технологічний процес і покриття, що дозволяє знизити негативний вплив на навколишнє середовище) [3].

- **Мета роботи** полягає у дослідженні та оцінці можливостей методу анодно-іскрового осадження для створення нових ефективних будівельних матеріалів, які можуть забезпечити стійкість до корозії, механічних пошкоджень та інших негативних впливів довкілля.

Основна частина. Анодно-іскрове осадження – це метод обробки поверхні, що використовується для отримання відносно товстих оксидних покриттів на магнії, алюмінії, титані. Покриття формуються під високою напругою розрядами, що виникають на поверхні покриття. Місцевий високий розігрів поверхні у розрядах сприяє утворенню тугоплавких оксидних фаз. Перевагами процесу анодно-іскрового осадження є мінімальні вимоги до попередньої обробки, висока швидкість технологічного процесу, безпечність для навколишнього середовища технології і покриттів, що дозволяє отримувати покриття з високими механічними властивостями, стійкістю до корозії та широкою палітрою кольорів та відтінків [4].

Завдяки своїм унікальним властивостям метали широко використовуються в будівництві. Вони є незамінними матеріалами для різних конструкцій та деталей у складі:

- структурних елементів конструкцій (алюміній часто використовується для виробництва структурних елементів будівель, таких як рами, колони, балки);

– облицювання та обробка поверхні виробів (алюмінієві композитні панелі широко використовуються для оздоблення фасадів будівель через свою легкість, міцність і можливість для різноманітних дизайнерських рішень);

– системах вентиляції, опалення та кондиціонування повітря (вентиляційні труби та та теплові радіатори є основними компонентами таких систем);

– елементах дизайну і декору приміщень (поручні, перила, ліхтарі та ін., які надають будівлі стиль та індивідуальність).

Усі ці аспекти роблять металеві вироби невід'ємною частиною будівельної індустрії та сприяють створенню надійних, комфортних, безпечних та естетично привабливих споруд.

У таблиці наведено деякі властивості покриттів на алюмінії, зовнішній вигляд яких можна побачити на рисунку.

Таблиця

Властивості покриттів, отриманих методом анодно-іскрового осадження [5]

Метал основи	Склад	Товщина, мкм	Пористість, %	Мікротвердість, HV	Додаткові можливості
Al	Al ₂ O ₃ (з можливістю введення додаткових компонентів)	3–150	5–30	300–800	Електрохімічне фарбування, тепло- та електроізоляція



Рис. Фото покриттів, отриманих методом анодно-іскрового осадження

Висновок. Завдяки наведеним вище властивостям, анодно-іскрове осадження має широкі можливості при виготовленні виробів для будівництва та значний потенціал для відбудови України та розвитку будівельної галузі. Анодно-іскрове осадження вже

успішно використовується для створення захисних, декоративних та функціональних покриттів на металевих поверхнях, що дозволяє підвищити стійкість до корозії, зношування та інших негативних впливів.

Відновлення зруйнованої інфраструктури буде вимагати великих зусиль та інноваційних підходів, а анодно-іскрове осадження може стати важливою складовою цього процесу, а саме сприяти збереженню ресурсів, зменшенню впливу на навколишнє середовище та підвищенню якості та тривалості служби будівельних об'єктів. Крім того, розвиток цієї технології може стати стимулом для внесення інновацій в будівельну галузь та сприяти створенню нових робочих місць у сфері наукових досліджень та виробництва.

Отже, метод анодно-іскрового осадження відкриває широкі перспективи для виготовлення інноваційних матеріалів в будівництві та має потенціал стати важливим інструментом в процесі відбудови та модернізації України.

Список використаних джерел

1. Lee S., Kim H., Park K., et al. Novel Approaches to Enhance Corrosion Resistance of Aluminum Surfaces : a review. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2023. № 30 (4). Pp. 567–580.
2. Kim S., Lee J., Park H. et al. Recent Advances in Colorful Decorative Coatings for Aluminum Surfaces. *Journal of Surface Engineering and Materials Science*. 2023. № 40 (3). Pp. 256–268.
3. Garcia R., Martinez E., Sanchez P. et al. Development of Eco-Friendly Anti-Corrosion Coatings for Aluminum Applications. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2023. № 20 (3). Pp. 321–335.
4. Kalinichenko O., Holovenko V., Roienko K., Misnyankin D., Girin O., Snizhko L. Corrosion of Magnesium Alloy AZ31 Coated by Plasma Electrolytic Oxidation. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2019. № 55. Pp. 595–601. URL: <https://doi.org/10.3103/S1068375519050053>.
5. Abbas A., Wang T.-Y., Lin H.-C. Effects of Electrolyte Compositions and Electrical Parameters on Micro-Arc Oxidation Coatings on 7075 Aluminum Alloy. *J. Compos. Sci*. 2023. № 7. P. 472. URL: <https://doi.org/10.3390/jcs7110472>.

УДК 624.9

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙ У БУДІВЛЯХ : ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

Коврова В. О.¹, аспір., Волкова В. Є.², д. т. н., проф.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ kovrovaviktorii@gmail.com; ² drvev09@gmail.com

Постановка проблеми. У зв'язку зі збільшенням обсягів будівництва на ділянках, що піддаються впливу вібрацій різного характеру, проблема контролю цих коливань набуває дедалі більшої актуальності. Їхній постійний вплив на конструкції спричиняє не лише матеріальні збитки, але й може негативно вплинути на здоров'я людей, які перебувають у цих приміщеннях [1]. Вібрації в будівлі не лише можуть викликати неприпустимо високі рівні переміщень, але й призводити до посилення повітряного шуму. Критерії впливу для регламентації гранично-допустимих рівнів коливань конструкцій будівель встановлено Державними будівельними нормами (ДБН В.1.2-10:2021. Захист від шуму та вібрації) [2]. Визначено, що амплітуди коливань обмежуються в діапазоні частот 1,4–88 Гц, що свідчить про важливість врахування цих параметрів при проектуванні та експлуатації будівель. Таким чином, гарантування безпеки та комфорту життя і роботи громадян, розуміння та ефективне управління вібрацією у будівлях стає надзвичайно важливим завданням.

Мета роботи полягає в дослідженні впливу вібрації на організм людини та аспектів вібробезпеки у будівлях, розгляді стратегій запобігання та мінімізації впливу вібрації на житлові споруди.

Основна частина. Вібрація вважається одним із видів фізичного забруднення оточуючого середовища, що може призвести до погіршення умов проживання мешканців будівель. Будівництво сучасних житлових комплексів на територіях, що знаходяться в зоні впливу транспортних магістралей, залізничного та трамвайного транспорту або біля магістралей з інтенсивним рухом вантажних автомобілів може призвести до порушення будівельних та санітарних норм і правил щодо безпеки конструкцій та захисту від впливів вібрації та шуму в приміщеннях. Впливи вібраційного характеру можуть нести негативні наслідки для стану будівлі, а саме призводити до видимих ушкоджень конструкцій та зменшувати їхній експлуатаційний термін [1].

Транспортна вібрація може бути чинником виникнення дискомфорту та негативного впливу на здоров'я та самопочуття людей. Довготривалий вібраційний вплив може призвести до необоротних змін у внутрішніх органах та загальному стані здоров'я. З іншого боку, добре відомо, що люди переносять набагато вищі значення вібрації в транспортних засобах, ніж у будівлях. Це пов'язано з тим, що вібрації в цих двох випадках знаходяться в різних частотних діапазонах [3]. Частоти сприйняття вібрації в будівлях знаходяться в низькочастотному діапазоні, близькому до частот внутрішніх органів людського тіла. За тривалого перебування людей у зоні впливу низькочастотних вібрацій може відзначитися негативний вплив на самопочуття, на функціональний стан центральної нервової системи та серцево-судинну активність, а також сприяти підвищенню ризику розвитку певних захворювань [1]. Окрім транспортних вібрацій у приміщеннях, можуть виникати вібрації, викликані функціонуванням ліфтів та виконанням будівельних робіт поруч з житловими будинками, таких як забивання паль або демонтаж будівельних конструкцій. Особливу проблему становить будівництво метрополітену у великих містах, де лінії проходять під існуючими житловими районами, так як зона передачі вібрацій від метрополітену до будинків знаходиться у радіусі до 40–70 м від тунелю [1].

Механічні коливання, які впливають на людину, сприймаються її тілом як коливальна система, у якій відбуваються біомеханічні реакції. Особлива увага приділяється

резонансному явищу, яке відбувається як у всього тіла, так і окремих органів та систем. Дослідження показали, що при частоті вібрації понад 2 Гц людина сприймається як цілісна маса, а для сидячої людини резонанс тіла припадає на інтервал від 4 до 6 Гц. Інша смуга резонансних частот знаходиться в діапазоні 17–30 Гц і впливає на систему «голова – шия – плечі», де коливання голови може бути утричі сильнішим, ніж коливання плечей. Отже, тіло людини є складною коливальною системою з власним резонансом, що визначає частотну залежність багатьох біологічних ефектів вібрації [1].

Ефективним заходом з динамічного захисту будівель задля мінімізації впливу вібрацій на стан конструкцій та самопочуття людей є встановлення інерційних гасителів коливань, сейсмічної ізоляції, а також різних видів демпферів [4]. Останні із зазначених можна розділити на дві основні категорії: гідравлічні та механічні. У гідравлічних демпферах енергія розсіюється завдяки опору, що виникає від руху рідини під тиском. Ці демпфери добре вбирають енергію, поступово включаючись у роботу, і не створюють високочастотних коливань. Проте вони вважаються відносно дорогими та потребують технічного обслуговування за час їхньої експлуатації [5]. На практиці останніх років активного вжитку набули демпфери сухого тертя (ДСТ). Їхніми перевагами є простота та надійність конструкції; відсутність необхідності у технічному обслуговуванні за період експлуатації; можливість багаторазового використання; низька вартість та простота монтажу. Ці пристрої також характеризуються високими дисипативними властивостями, що дозволяють ефективно поглинати енергію під час землетрусів та інших динамічних навантажень різної природи [4]. У разі сейсмічних коливань верхня частина ДСТ зсувається відносно нижньої, а сили тертя поглинають енергію сейсмічних коливань [5].

При використанні динамічних або ударних гасників енергія коливань передається гаснику, який коливається з підвищеною амплітудою, і застосовується для гасіння коливань у високих промислових будівлях, баштах та елементах будівель. Ці гасники можуть бути виготовлені у формі додаткової маси, яка приєднана до конструкції або безпосередньо до машини, яка створює коливання. Широко застосовуються також гасники, маса яких рухається по криволінійній поверхні або підвішена як маятник. Для цих гасників використовуються різні пружні елементи, такі як сталеві пружини, гумові елементи, а також матеріали з підвищеними дисипативними властивостями, такі як гума чи пластмаси. Це дозволяє зменшити кількість циклів зміни напружень, що позитивно впливає на довговічність та надійність конструкцій [5].

Висновок. Вплив вібрацій різного характеру на будівлі та людей, що у них перебувають, є серйозною проблемою, яка потребує уважного розгляду та впровадження відповідних заходів з мінімізації цього впливу. Для зменшення впливу динамічних навантажень на експлуатаційні характеристики конструкцій та на самопочуття рекомендується використання інерційних гасителів коливань, сейсмічної ізоляції та демпферів, зокрема демпферів сухого тертя. Ці технології дозволяють ефективно поглинати енергію вібрацій та зменшувати їх вплив на будівлі та здоров'я людей. Ретельне вивчення та впровадження таких заходів сприятиме покращенню умов перебування в будівлях і забезпечить їхню високу міцність та довговічність.

Список використаних джерел

1. Вплив вібрації на організм людини. Stud. URL: https://stud.com.ua/3161/bzhd/vplivu_vibratsiyi_organizm_lyudini.
2. ДБН В.1.2-10:2021. Захист від шуму та вібрації. На заміну ДБН В.1.2-10:2008; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ, 2022. 20 с.

3. Kowalska-Koczwara A., Stypula K. Assessment of the Vibration Influence on Humans in Buildings in the Standards of Different Countries. *Procedia Engineering*. 2016. T. 161. С. 970–974. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.835>.

4. Savytskyi M., Danishevskyy V., Gaidar A. Dynamic modelling and optimal design of buildings with friction dampers using particle swarm optimization. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 1. С. 14–25. URL: <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.230221.14.713>.

5. Іванченко Г. М., Гончаренко М. В. Огляд методів сейсмозахисту та приклади їх застосування у конструкціях. Опір матеріалів і теорія споруд : наук.- техн. зб. Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури; відп. ред. В. А. Баженов. Київ, 2015. Вип. 96. С. 158–164.

УДК 72.02

НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ «SMART HOUSE»

Колохов В. В., к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Існуючий рівень нормативно технічної бази і пропозиції по створенню комплексної системи оцінки надійності, довговічності і прогнозування мінливості властивостей матеріалів і будівельних конструкцій дозволяє намітити шляхи її рішення, і створюють передумови для створення системи контролю властивостей будівельних конструкцій в процесі експлуатації в режимі реального часу.

Така система повинна складатися не лише з теоретично обґрунтованих ймовірностно-статистичних методів обробки отриманої інформації, але і з апаратурно-дослідницького комплексу засобів неруйнівного контролю, що відбиває сучасні уявлення про структуру і властивості бетону і залізобетону.

Адекватне віддзеркалення властивостей матеріалу сучасними методами і приладами ускладнене. До того стандартизовані методи не дозволяють побудувати автоматизовану систему контролю властивостей матеріалу в процесі експлуатації.

Побудова системи моніторингу будівельних конструкцій будівель і споруд на основі адекватного визначення фізико-механічних характеристик (ФМХ) матеріалів конструкцій в умовах експлуатації дозволить забезпечити безаварійну експлуатацію, а також визначити залишковий ресурс конструкцій, будівель і споруд [1; 2].

Мета роботи. Обґрунтувати концепцію підвищення точності визначення ФМХ матеріалу елемента конструкції, що знаходиться в експлуатації та встановити відповідність методів визначення властивостей бетону завданням контролю і визначити межі застосовності методів дослідження з подальшим додаванням її до системи «SMART HOUSE».

Основна частина. За результатами досліджень встановлено, що підвищення точності визначення ФМХ бетону конструкції можна досягти шляхом удосконалення методики неруйнівного контролю з урахуванням впливу значимих чинників.



Рис. 1. Гідроелектростанція



Рис. 2. Атомна електрична станція

На цей час системи моніторингу встановлено лише на особливі відповідальних об'єктах (рис. 1, 2). Такі системи встановлюються лише під час будівництва, в процесі експлуатації частина датчиків цих систем виходить з ладу, але їх заміна під час роботи системи викликає багато проблем. Окрім цього чинні методики не дозволяють

адекватно відображати ФМХ бетону конструкції системами які б були встановлено під час експлуатації будівель.

Удосконалення неруйнівних методів дозволить здійснити перехід від моніторингу особливо відповідальних об'єктів до звичайних об'єктів цивільної інфраструктури та багатоповерховим житловим будинкам (рис. 3, 4).



Рис. 3. Шляхопровід над залізницею



Рис. 4. Житловий будинок

Для удосконалення методики було проведено визначення впливу:

- факторів які пов'язані з технологією виробництва бетонної суміші і технологією виробництва робіт по бетонуванню конструкцій;
- умов експлуатації конструкції і рівня напружено-деформованого стану;
- умов проведення вимірювань.

Результати проведених досліджень [3–6] дозволяють сформувати схемні рішення, які можна вбудувати у систему «SMART HOUSE» в якості складової для забезпечення оцінювання технічного стану конструкцій будівлі та прогнозування подальшого функціонування будівлі та системи «SMART HOUSE».

Висновок. Системи моніторингу властивостей матеріалів на підставі удосконалих неруйнівних методів визначення дозволяють надати системі «SMART HOUSE» достатньої стабільності та довговічності.

Список використаних джерел

1. Kolokhov V., Sopilniak A., Gasii G., Kolokhov A. Structure material physic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7 (4.8). Pp. 74–78. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27217>
2. Victor Kolokhov, Mykola Savvitskyi, Artem Sopilniak. Stress-strain state of the local area in the building element with structural defect. *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVIII, № 1. Technical University of Moldova, 2021. Pp. 111–116. URL: https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2021/04/JES-1-2021_111-116.pdf
3. Колохов В. В., Колохов О. В. Вимірювання швидкості ультразвуку під час визначення технічного стану стійок естакад технологічних трубопроводів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 2. С. 95–104.

4. Колохов В. В., Сопільняк А. М., Смирнов А. С. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5 (257–258). С. 58–65.
5. Колохов В. В., Кожанов Ю. О., Зезюков Д. М. Вплив рівня напруги на швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні конструкцій. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 1. С. 49–57.
6. Kolokhov V., Kushnerova L., Moroz L., Pavlenko T. Conference Paper. On providing an assessment monitoring system for especially essential structures. *Materials Science Forum*. 2020. 1006 MSF. Pp. 130–135.

УДК 692.23

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПЕРІОДИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ

Колохов В. В.¹, к. т. н., доц., Білик В. В.², аспірант
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua](mailto:kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua); [2 kolemasakar@gmail.com](mailto:kolemasakar@gmail.com)

Постановка проблеми. Діагностування конструкцій виконується під час:

- приймального контролю збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення;
- приймального оцінювання технічного стану зведених, капітально відремонтованих або реконструйованих об'єктів;
- контролю технічного стану об'єкта в процесі планових або позачергових оглядів (моніторинг, профілактичний контроль);
- технічних обстежень:
 - о при реновації об'єктів незавершеного будівництва;
 - одля проектування капітального ремонту і реконструкції;
 - о (експертизи) визначення стану ушкоджених конструкцій і аваріях у процесі експлуатації.

Чинні нормативні документи регламентують застосування неруйнівних методів контролю та процедур. Попередніми дослідженнями показано [1–6], що діючі методи застосування приладів неруйнівного контролю необхідно вдосконалити, оскільки вони не враховують деяких впливових факторів. Проведені в лабораторних умовах дослідження дозволили модернізувати методики застосування неруйнівних методів контролю. Для перевірки дієвості запропонованих удосконалень розробку випробовано в умовах реального об'єкта.

Запропоновану модернізовану методику застосовано під час обстеження для визначення технічного стану об'єкта незавершеного будівництва 16-ти поверхового житлового будинку з метою надання рекомендацій стосовно його реконструкції.

Мета роботи. Перевірка дієвості удосконаленого методу проведення періодичного контролю властивостей бетону в умовах реального об'єкта.

Основна частина.

Оцінку технічного стану будівлі виконано на підставі методики [7].

Під час обстеження здійснено: загальний огляд об'єкта та визначення конструктивної схеми будівлі; визначення та фотофіксацію дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій; виконання схем розташування конструкції та дефектів, місць виконання інструментальних спостережень; визначення міцності бетону будівельних конструкцій та періодичний контроль за їх змінами та оцінку технічного стану будівельних конструкцій та розробку технічного висновку.

Під час обстеження виявлено значну кількість дефектів пов'язаних із навмисним руйнуванням конструкцій, яке здійснювалось для вилучення металу.

Через значну кількість дефектів, пов'язаних із втручанням в окремі конструкції будинку, виникає необхідність отримання інформації про наявність чи відсутність процесів деформування конструкцій всього будинку. Найбільш ефективно (за параметром оптимізації – мінімальні затрати та найбільша адекватність відображення змін) цю задачу може розв'язати модернізована методика застосування ультразвукових приладів неруйнівного контролю.

В межах реалізації такої методики формуються зони проведення вимірювань. В цих зонах формувались по 7 реперних точок (рис.) для встановлення приймальників-випромінювачів ультразвуку.

У процесі дослідження вимірюється час поширення ультразвукових коливань та відстані між реперними точками.



Рис. Розміщення реперних точок та вимірювання часу поширення ультразвукових коливань

Швидкість поширення ультразвукових коливань визначена із застосуванням приладу Novotest ПСМ (серійний № 012.138.0519) відповідно до посібника з експлуатації цього приладу. Призначення приладу (рис.8): вимірювання міцності бетону та цегли, вимір глибини тріщин, дефектоскопія будівельних конструкцій.

Під час досліджень прилад використовували в режимі вимірювання часу поширення ультразвукових коливань. Виміри проводили з інтервалом 70 діб. Виконано три серії вимірювань часу поширення ультразвукових коливань. Реперні зони облаштовано на першому, третьому, п'ятому, сьомому, дев'ятому та одинадцятому

поверхах.

Результати вимірів та розрахунків демонструють незначні відхилення від середнього значення (найбільше відхилення не перевищує 1,5 %), що свідчить про стабільний стан конструкцій.

Такі відхилення можна пояснити похибкою приладу вимірювання та відмінністю у температурно-вологісному режимі під час проведення окремих вимірювань. Тобто стан конструкцій будівлі можна кваліфікувати як задовільний.

Висновок. Розроблена методика періодичного контролю властивостей бетону конструкцій демонструє невисоку складність виконання робіт та достатню надійність отриманих результатів, що дозволяє запропонувати її для визначення технічного стану експлуатованих конструкцій.

Список використаних джерел

1. Kolokhov V., Sopilniak A., Gasii G., Kolokhov A. Structure material physic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7 (4.8). Pp. 74–78. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27217>
2. Victor Kolokhov, Mykola Savytskyi, Artem Sopilniak. Stress-strain state of the local area in the building element with structural defect. *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVIII, № 1. Technical University of Moldova, 2021. Pp. 111–116. URL: https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2021/04/JES-1-2021_111-116.pdf
3. Колохов В. В., Колохов О. В. Вимірювання швидкості ультразвуку під час визначення технічного стану стійок естакад технологічних трубопроводів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 2. С. 95–104.
4. Колохов В. В., Сопільняк А. М., Смирнов А. С. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5 (257–258). С. 58–65.

5. Колохов В. В., Кожанов Ю. О., Зезюков Д. М. Вплив рівня напруги на швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні конструкцій. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 1. С. 49–57.
6. Kolokhov V., Kushnerova L., Moroz L., Pavlenko T. Conference Paper. On providing an assessment monitoring system for especially essential structures. *Materials Science Forum*. 2020. 1006 MSF. Pp. 130–135.
7. ДСТУ-Н Б В.1.2-18. 2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 43 с.

УДК 622.063.4

ТЕХНОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РОЗРОБКИ ЛІКУВАЛЬНИХ ГРЯЗЕЙ

Корольов В. М.¹, пошукач, Шатов С. В.², д. т. н., проф.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ viktororolov21@gmail.com; ² shatov.sv@ukr.net

Постановка проблеми. Будівництво екологічних соціокомплексів передбачає покращення умов життя людей та їх здоров'я, зокрема використанням у лікувальному процесі пелоїдів – лікувальних грязей [1]. Одним з найбільших родовищ пелоїдів в Україні є озеро Солоний лиман розташоване на північ від села Новотроїцьке Новомосковського району (рис. 1) [2]. Лікувальний процес здійснює Дніпропетровська обласна фізіотерапевтична лікарня «Солоний лиман», який передбачає видобування, транспортування, переробку та використання лікувальної грязі цього озера.



Рис. 1. Озеро Солоний лиман:

а – загальний вигляд; б - топографічний план та межі розробки лікувальних грязей

Розробка родовища обумовлена вимогами нормативної документації, що діє в Україні [2–9], та повинна забезпечити екологічний захист родовища від виснаження та забруднення при зберіганні природної якості та фізико-хімічного складу грязей. Тому актуальною проблемою є удосконалення комплексу з екологічного видобування лікувальних грязей озера Солоний лиман.

Метою роботи є розробка пропозицій з реконструкції комплексу з екологічного видобування лікувальних грязей озера Солоний лиман.

Основна частина. Склад будівельної частини медичних закладів визначається Державними будівельними нормами ДБН В. 2.2-10-2001 [3]. Використання лікувальних грязей відбувається у фізіотерапевтичних лікарнях та у санаторно-курортних закладах. Спосіб та технологічні вимоги до розробки лікувальних грязей не регламентується, а визначається та проектується для таких закладів індивідуально.

Початок розробки лікувальних грязей озера Солоний лиман пов'язаний з використанням найпростіших засобів – лопат та різних ємкостей. Геологічні запаси грязей за оцінкою підприємства «Південукргеологія» на площі озера 3,4 км² становлять 466 608 м³ [2]. З урахуванням потужності мінімального шару корисної копалини 0,2 м в межах відводу залягання грязьового покладу, балансові запаси лікувальної грязі становлять 24,8 тис. м³, а запаси з невизначеним промисловим значенням - 149,6 тис. м³ (рис. 1, б).

З 2001 р. лікувальні грязі видобуваються за допомогою грейферного навантажувача, який переміщається на рейковому механізмі по дамбі між озерами Солоний лиман та Лужне (рис. 2). Технологією передбачається дотримання вимог по забезпеченню відсутності шкідливих дій на навколишнє середовище, а також

використання обладнання з сезонним видобуванням лікувальних грязей (весна, осінь) за наявності обводненого родовища. Вантажним візком разом з грейфером лікувальна грязь переноситься до місця розвантаження та розвантажується у транспортний засіб (самоскид), яким доставляється у грязелікарню на процедури. Продуктивність грейферного навантажувача складає 3 м³/годину (300 м³/місяць).

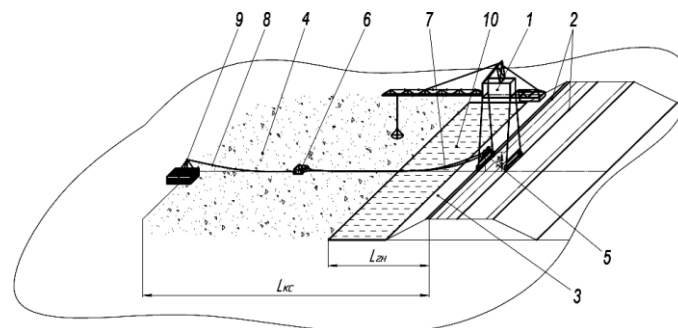


*Рис. 2. Розробка пелоїдів о. Солоний лиман:
а – загальний вигляд; б - транспортування самоскидом*

Зараз запаси лікувальної грязі у робочому просторі грейфера вичерпані. Виникла потреба у реконструкції забору лікувальної грязі поза зоною дії навантажувача (40 м та більше від навантажувача) і переміщення її до нього. Вимоги до технології здобичі лікувальних грязей передбачають:

- наявність рівня води в озері 0,01–0,5 м;
- необхідність залишати охоронний шар пелоїдів 0,1 м для їх відновлення;
- дотримання вимог по екології.

Розробка родовища озера Солоний лиман обумовлена вимогами нормативної документації, що діє в Україні [3–5], та повинна забезпечити розробку ділянки, яка не покрита водою, екологічний його захист від виснаження та забруднення при зберіганні природної якості. У процесі дослідження було розроблено декілька пропозицій з вирішення цієї проблеми. Зокрема, проєкт на рисунку 3 передбачає застосування скреперного приводного ковша 6 на гнучких канатах 7 та 8. Приводна лебідка 5 виконана з двома барабанами для намотування канатів 7, 8 та розташовується на нижній балці існуючого грейферного навантажувача 1. Привід лебідки електричний від електромережі навантажувача з управлінням із його кабіни. У зв'язку з сезонним видобуванням пелоїдів передбачено змінне кріплення лебідки до нижньої балки навантажувача. Канати 7 та 8 огинають блок, встановлений на анкерній опорі 9.



*Рис. 3. Проєкт з одною анкерною опорою:
1. грейферний навантажувач; 2. рейки; 3. межа родовища; 4. родовище;
5. приводна лебідка; 6. скреперний ківш; 7. тяговий канат; 8. зворотний канат;
9. анкерна опора; 10. ділянка родовища*

При переміщенні ковша 6 у напрямку до навантажувача 1 виконується розробка середовища. Недоліком схеми є мала ширина розроблюваної ділянки.

Проект на рисунку 4 передбачає встановлення анкерних опор 11 і 12 на межі ділянки родовища 4, на яких закріплений несний канат 9. На несному канаті 9 встановлена каретка 10, яку огинають канати 7 і 8 приводу ковша 6. Для переміщення ковша 6 навантажувач 1 разом із приводом 5 пересувається вдовж ділянки 13. За рахунок натягнення тягового канату 7 переміщується каретка 10 по несному канаті 9. Ця можливість забезпечується спеціальною рухомою конструкцією каретки 10. Після накопичення лікувальної грязі на ділянці 13 її подальший забір та переміщення виконується навантажувачем 1 у самоскид.

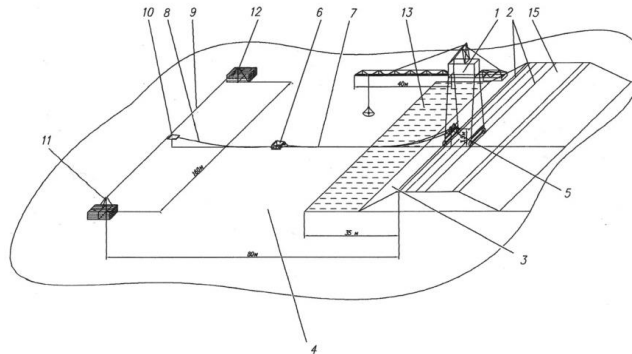


Рис. 4. Проект з двома анкерними опорами та переміщенням ковша навантажувачем:
1. грейферний навантажувач; 2. рейки; 3. межа родовища; 4. родовище;
5. приводна лебідка; 6. скреперний ківш; 7. тяговий канат; 8. зворотний канат;
9. несний канат; 10. каретка; 11, 12. анкерні опори;
13, 14. ділянки родовища; 15. дамба

За рішенням наради, в якості робочого проекту реконструкції комплексу з видобутку лікувальних грязей, була прийнята схема на рисунку 4. У майбутньому площа розробки може бути збільшена шляхом переміщення анкерних опор та заміною канатів.

Висновок. Виконаний аналіз комплексу розробки лікувальних грязей фізіотерапевтичної лікарні «Солоний лиман» показав необхідність його реконструкції шляхом розробки перспективної робочої ділянки. Розроблені пропозиції з реконструкції існуючого комплексу, основою яких є використання скреперного ковша для видобування пелоїдів з перспективної ділянки та їх переміщення у зону діючого навантажувача. Для подальшого проектування прийнята раціональна схема виконання обладнання.

Список використаних джерел

1. Шатов С. В., Корольов В. М. Комплекси з розробки лікувальних грязей медичних об'єктів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Дніпро, 2018. № 3. С. 52–58.
2. Технологічна схема розробки ділянки Сонолиманського родовища - лікувальних мулових грязей. Придніпровська гідрогеологічна партія. Павлоград : КЗ «Південукргеологія», 2003. 108 с.
3. ДБН В. 2.2-10-2001. Заклади охорони здоров'я. Київ : Держбуд України, 2002. 14 с.
4. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 24 с.
5. ДБН В. 1.2-2-2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 34 с.

УДК 69.069.7:658.2

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ РОБІТ ІЗ ЗАМІНИ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ ТА ПОКРИТТІВ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Кравчуновська Т. С.¹, д. т. н., проф., Броневицький А. П.², к. т. н.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ kravchunovska.tetiana@pdaba.edu.ua; ² andbron.gm@gmail.com

В умовах ревіталізації промислових будівель доводиться часто виконувати роботи з заміни дерев'яних перекриттів. Це викликано як фізичним зносом конструкцій, так і зміною (збільшенням) навантажень на них. Роботи з розбирання перекриттів в процесі їх заміни пов'язані як з небезпекою виконання робіт, так і небезпекою послаблення просторової жорсткості будівлі або її окремих елементів. Ці особливості вимагають додаткових матеріально-технічних і трудових ресурсів. Заміна дерев'яних перекриттів, виходячи з практики реконструкції, може здійснюватися шляхом влаштування [2]:

- нових монолітних залізобетонних плит по металевих балках;
- нових монолітних залізобетонних плит із використанням існуючих перекриттів як опалубки;
- нових збірних залізобетонних плит (дрібно- і великорозмірних) по металевих балках;
- нових збірно-монолітних залізобетонних балок із вкладишами з ефективних матеріалів та іншими способами.

У таблиці 1 приведені найпоширеніші способи заміни дерев'яних перекриттів і вказані питомі трудомісткості виконання робіт та частота застосування. Дані трудомісткості отримані на основі проведених досліджень на низці об'єктів реконструкції в Києві, Дніпрі, Харкові та інших [1; 3].

Таблиця 1

Способи заміни дерев'яних перекриттів

№ з/п	Найменування способу	Частота використання, %	Трудомісткість, люд. год/м ²
1	Влаштування нових монолітних залізобетонних плит по металевих балках	76	74
2	Влаштування нових монолітних залізобетонних плит із використанням існуючих перекриттів як опалубки	4	46
3	Влаштування нових збірних залізобетонних плит (дрібно- і великорозмірних) по металевих балках	12	53
4	Влаштування нових збірно-монолітних залізобетонних балок із вкладишами з ефективних матеріалів та іншими способами	8	59

Технологія влаштування монолітних залізобетонних перекриттів при реконструкції будівель має свої особливості, що відрізняють її від аналогічної технології нового будівництва. Це пов'язано з різними конфігураціями будівель в плані, великою різноманітністю прольотів і висот. У цілому, характер виконання робіт схожий та включає такі процеси та етапи:

- підготовчі заходи з забезпечення доступу до фронту робіт, створення умов безпечного виконання робіт, обладнання вантажопідйомних механізмів;

- розбирання частини існуючих конструкцій покриттів та несучих елементів;
- влаштування опорних елементів у несучих вертикальних конструкціях, для обпирання нових конструкцій;
- установка несучих балочних конструкцій;
- установка чи влаштування конструкцій плит перекриттів;
- розбирання засобів виконання робіт та засобів підмошування тощо.

В зазначеному комплексі робіт є деякі особливості, що негативно впливають на ефективність робіт. По-перше, роботи з заміни перекриттів виконуються обмеженими ділянками, через необхідність забезпечення просторової жорсткості та стійкості будівлі чи її частини. По-друге, технічний стан будівельних конструкцій призводить до ймовірної необхідності виконання робіт з попереднього підсилення конструкцій та створення безпечних умов виконання робіт. По-третє, виконанню робіт завжди перешкоджає наявність інженерних мереж та комунікацій, які необхідно відключати чи огорожувати. По-четверте, одним із важливих видів робіт є влаштування ніш для обпирання конструкцій. Цей процес потребує руйнування кам'яних конструкцій (цегляних, бетонних), що ускладнено двома складовими:

- роботи з розбирання;
- наявність інженерних комунікацій, які затрудняють установку балок.

На основі даних табл. 1 розроблено гістограми частоти повторюваності варіантів та трудомісткості окремих процесів (рис. 1). Дані гістограми вказують, що найбільшого розповсюдження отримав спосіб улаштування нових перекриттів по металевих балках.

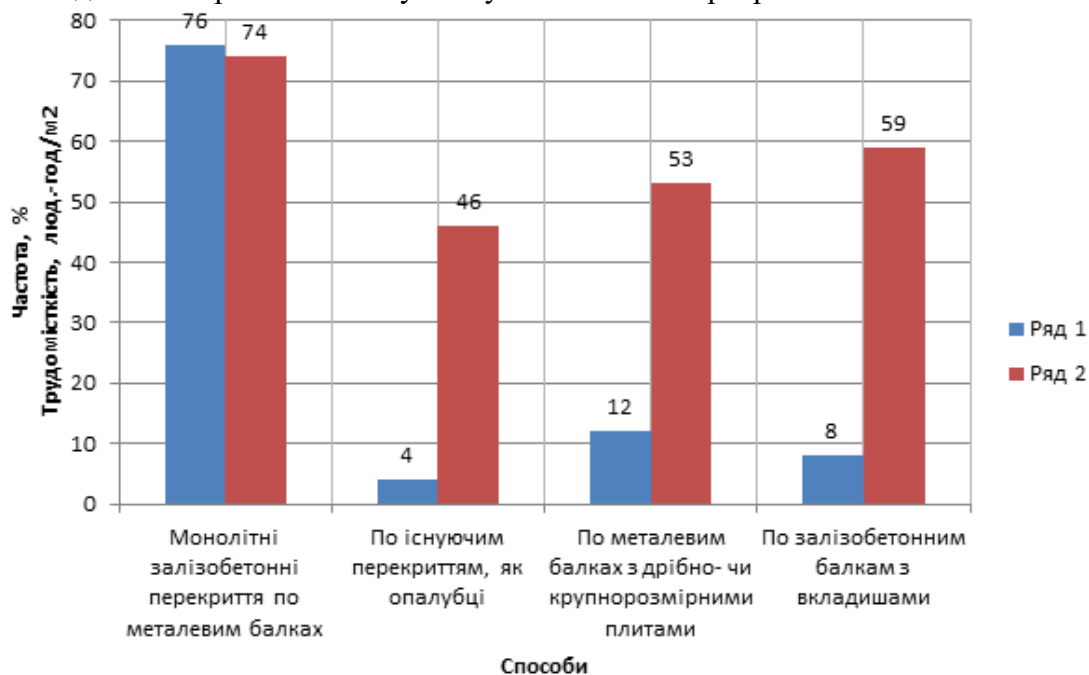


Рис. 1. Гістограми частоти повторюваності способів (ряд 1) заміни дерев'яних перекриттів та їх трудомісткість (ряд 2)

Одним із ефективних варіантів підсилення перекриттів є влаштування нових (додаткових) несучих балок. Ці балки, як правило, обпираються на несучі стіни, за схемою, аналогічною розташуванню існуючих конструкцій.

Це пов'язано з тим, що зміна статичної схеми роботи будівлі може призвести до перерозподілу навантажень та внутрішніх зусиль у будівельних конструкціях. Такі зміни часто призводять до появи на поверхні конструкцій деформацій та пошкоджень.

Окрім конструктивних особливостей дуже важливе значення має й технологія виконання будівельних робіт, яка зумовлена умовами реконструкції. Традиційно роботи з улаштування несучих балок перекриття виконуються кількома способами. В підготовлені заздалегідь ніші заводяться балки. Однак спосіб заведення балок може здійснюватись в залежності від умов: шляхом радіального повороту; шляхом пропуску балок через монтажні отвори в суміжних стінах; поелементний монтаж із наступним укрупненням. Кожний із цих способів має свої обмеження в залежності від умов виконання робіт. Обмеження впливають як на надійність та безпеку виконання робіт, так і на техніко-економічні показники виконання будівельних робіт.

Порівняльний аналіз представлених способів заміни конструкцій покриттів показує їх широку різноманітність. Це пов'язано з особливостями ревіталізації кожного окремого об'єкту. Встановлено, що в номенклатурі робіт значну частку робіт займають додаткові та підготовчі роботи. Їх частка становить від 34 до 75 %. Вони є результатом впливу чинників ревіталізації. Через це необхідно більш детально аналізувати особливості виконання робіт на об'єктах та враховувати вплив дестабілізуючих факторів.

Список використаних джерел

1. Савйовський В. В., Броневицкий А. П., Савйовский А. В. Влияние технического состояния строительных конструкций на технико-экономические показатели реконструкции. *Вестник Инженерной Академии Украины*. 2008. № 1. С. 21–22.
2. Савйовский В. В. Возведение и реконструкция сооружений. Киев : Лира-К, 2015. 268 с.
3. Савйовський В. В., Броневицький А. П., Савйовский А. В. Реконструкція промислових будівель при їх ревіталізації. *Нові технології в будівництві*. 2014. №№ 27–28. С. 33–36.

УДК 678.027.3; 678.742.2; 678.046.5

ВПЛИВ ЗОЛЬНОГО ПИЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ

Криволапов Д. С.¹, аспір., Сухий К. М.², д. т. н., проф.,

Баштаник П. І., к. т. н., доц., Третяков А. О., к. т. н., доц.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

¹ dmipro706@gmail.com; ² ksukhyy@gmail.com

Постановка проблеми. Останнім часом на ринку будівельно-оздоблювальних матеріалів набувають популярність вироби з деревинно-полімерних композитів (ДПК) [1]. ДПК – це композит, який поєднує властивості як деревини (вироби можна обробляти такими ж методами, як і звичайну деревину), так і полімеру (матеріал піддається переробці у вироби, зокрема методом екструзії). ДПК використовуються в умовах дії вологи, температурних впливів, УФ випромінювання, а також механічного навантаження, а отже, оцінка якості продукції та порівняння різних типів виробів повинні проводитися з урахуванням усіх вказаних факторів [2].

Актуальною проблемою різноманітних технологій є використання вторинної сировини та відходів різних галузей виробництва. Так, використовуючи вторинні полімери, які наповнені побічними продуктами різноманітних галузей виробництва, можна отримувати нові композити із заздалегідь заданими властивостями. Одним із таких побічних продуктів є зольний пил, що утворюється в результаті спалення твердого палива на ТЕС, після чого уловлюється електрофільтрами і в сухому стані за допомогою пневмотранспорту надходить у силос-накопичувач [3].

Мета роботи полягала у дослідженні впливу використання у якості дрібнодисперсного наповнювача зольного пилу на фізико-механічні та експлуатаційні властивості ДПК на основі вторинного поліетилену високої густини.

Основна частина. Як об'єкт дослідження використаний композит із наступним складом: вторинний поліетилен високої густини – 30 мас. %; деревинне борошно – 54 мас. %; кальцит – 11 мас. %; поліетилен із вмістом 1–6 % прищепленого малеїнового ангідриду – 0,85 мас. %; поліетиленовий віск – 1,1 мас. %; стеаринова кислота – 1,1 мас. %, УФ стабілізатор та барвники – інше [4]. Для оцінки впливу зольного пилу на властивості даного композиту відбувалась часткова заміна кальциту на зольний пил у наступних пропорціях: зразок № 0 – кальцит – 11 мас. %, зола – 0 мас. %; зразок № 1 – кальцит – 8,25 мас. %, зола – 2,75 мас. %; зразок № 2 – кальцит – 5,5 мас. %, зола 5,5 мас. %; зразок № 3 – кальцит – 2,75 мас. %, зола – 8,25 мас. %; зразок № 4 – кальцит – 0 мас. %, зола – 11 мас. %. Результати дослідження наведено у таблиці.

Аналізуючи дані таблиці, можна констатувати, що заміщення кальциту зольним пилом підвищує міцність при вигині композиту (від 51,3 до 55,8 МПа) та значно знижує водопоглинання, технологічну усадку та коефіцієнт лінійного термічного розширення. Але при цьому дуже знижується ударна в'язкість за Шарпі ДПК. Таку тенденцію можна пояснити наповненням частками зольного пилу внутрішніх порожнин у композиті, про що свідчить зростання його густини. А зниження ударної в'язкості за Шарпі вказує на недостатній зв'язок на межі розподілу фаз «зольний пил – полімер».

Таблиця

Фізико-механічні властивості ДПК в залежності від вмісту зольного пилу

Властивості	Зразок				
	0	1	2	3	4
Густина, кг/м ³	1 234	1 259	1 275	1 287	1 294
Міцність при вигині, МПа	51,3	51,4	53,9	54,6	55,8
Ударна в'язкість за Шарпі (на зразках з надрізом), кДж/м ²	11,9	6,9	5,4	5,1	5,1
Коефіцієнт лінійного термічного розширення, 10 ⁻⁵ 1/С	4,90	2,65	2,55	2,50	2,30
Водопоглинання, %	0,34	0,33	0,31	0,26	0,11
Технологічна усадка, %	0,55	0,4	0,28	0,2	0,17

Висновок. Зниження ж коефіцієнту лінійного термічного розширення у двічі та технологічної усадки в три рази дає можливість зробити висновок, що застосування зольного пилу у якості дрібнодисперсного наповнювача в деревинно-полімерних композитах дозволить отримувати вироби, які мають більш точні розміри в умовах великого розбігу температур експлуатації. А також, оскільки зольний пил є відходом енергетичної галузі, то використання його у якості наповнювача у деревинно-полімерних композитах дає змогу знизити собівартість виробів з них та позитивно впливає на екологію навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Коршун О. А., Романов Н. М., Наназашвили И. Х., Бикбау М. Я. Экологически чистые древеснонаполненные пластмассы. Строительные материалы. 1997. № 5. С. 8–11.
2. Абушенко А. В., Воскобойников И. В., Кондратюк В. А. Производство изделий из древесно-полимерных композитов. *Деловой журнал по деревообработке*. 2008. № 4. С. 88–94.
3. Drozhzhin V. S., Danilin L. D., Pikulin I. V. and etc. Functional Materials on the Basis of Cenospheres. *World of Coal Ash Conference*. (April 11–15, 2005, Lexington, Kentucky, USA). 2015. Pp. 117–118.
4. Криволапов Д. С., Сухий К. М., Баштанник П. І., Третьяков А. О., Безрукавий В. О. Дослідження впливу стеаринової кислоти на властивості деревинно-полімерних композитів. *Питання хімії та хімічної технології*. 2023. № 5. С. 50–54.

УДК 721.01:004.9:624

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З ІНДИВІДУАЛЬНИМ УКРИТТЯМ НА ПОВЕРСІ В REVIT

Мосьпан Євген, аспірант, Сопільняк Артем¹, к. т. н., доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
¹sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Впровадження віртуальних інформаційних моделей (ВІМ) в учбовий процес будівельної академії є стратегічно важливим кроком у сучасній підготовці майбутніх фахівців будівельної галузі. Ця ініціатива спрямована на те, щоб покращити якість освіти, забезпечити студентів необхідними практичними навичками та підготувати їх до вимог сучасного будівельного ринку. Використання ВІМ технологій дозволяє збільшити ефективність навчання, забезпечуючи доступ студентів до сучасних інструментів та методів проектування та будівництва. Крім того, воно сприяє практичній орієнтації навчання, оскільки студенти мають можливість набути практичних навичок у віртуальному середовищі, що допомагає їм краще зрозуміти реальні завдання і виклики будівельної індустрії.

Застосування ВІМ технологій в учбовому процесі також стимулює творчість та інноваційний підхід студентів (рис. 1). Вони надають можливість експериментувати та розвивати нові концепції та рішення у будівництві. Окрім цього, впровадження ВІМ допомагає підвищити якість навчального процесу, створюючи більше можливостей для взаємодії між викладачами та студентами, а також забезпечуючи реалістичні інструменти для оцінки знань та навичок.

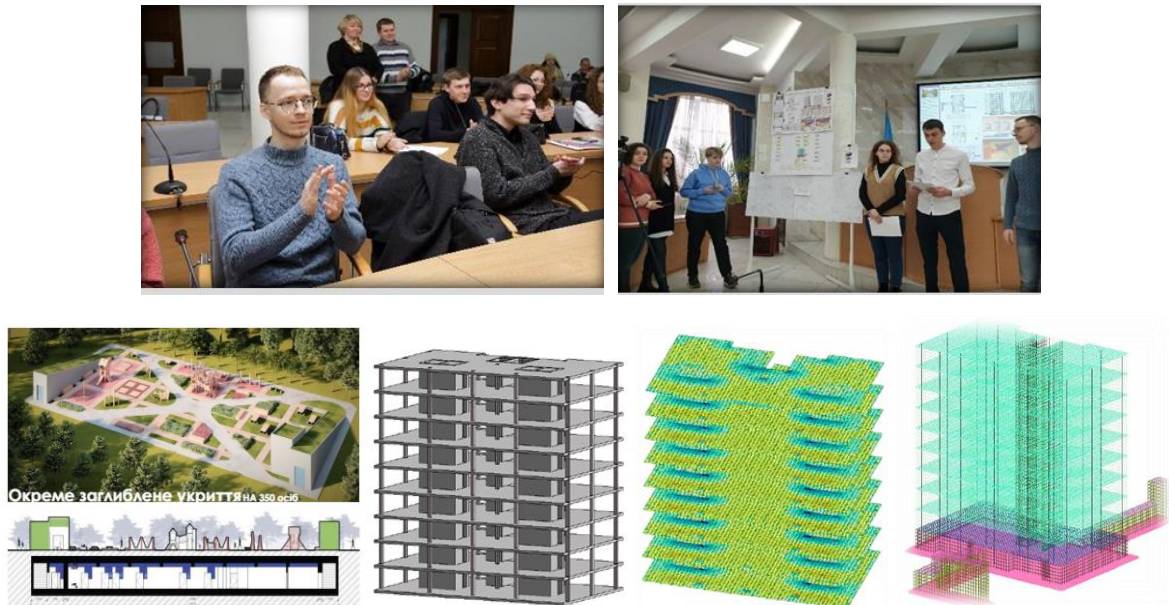


Рис. 1. Участь у конкурсі «Захист, безпека, укриття»

Крім того, використання ВІМ технологій допомагає підготувати студентів до вимог сучасного ринку праці. Вони навчаються працювати з тими інструментами, які використовуються в професійній діяльності, що робить їх більш конкурентоспроможними на ринку праці. Такі випускники мають перевагу при пошуку роботи, оскільки вони вже ознайомлені з сучасними технологіями та процесами в галузі будівництва.



Рис. 2. Реальне проектування міжнародного виставкового центру в м. Києві

Залучення представників приватних організацій до проведення відкритих лекцій на тему актуальності отримання навичок та практичного використання BIM технологій має низку вагомих переваг. По-перше, це дозволяє студентам отримати практичний досвід від фахівців, які активно застосовують BIM у реальних будівельних проектах. Крім того, такі лекції дозволяють студентам ознайомитися з останніми тенденціями та інноваціями у сфері BIM, що допомагає підтримувати актуальність їхніх знань. Залучення приватних компаній також може сприяти встановленню партнерських зв'язків та розвитку спільних проектів між навчальним закладом і бізнесом. Це відкриває нові можливості для стажування, професійного розвитку та подальшого зайняття.



Рис. 3. Залучення до освітнього процесу представників бізнесу

Отже, впровадження BIM технологій в учбовий процес будівельної академії є ключовим чинником у підготовці кваліфікованих та конкурентоспроможних фахівців для будівельної галузі. Ця ініціатива дозволяє підняти якість освіти, забезпечити студентів необхідними навичками та готувати їх до викликів сучасного ринку праці.

УДК 614.876:331.45:539.16.08:699.887.3

ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЛЮДИНУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇЇ ПОЛОЖЕННЯ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Пилипенко О. В.¹, к. т. н., доц., Шаломов В. А.², к. т. н., доц.,
Руденко В. П.³, аспір., Тимченко П. О.⁴, аспір.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua; ² shalomov.volodymyr@pdaba.edu.ua;

³ rudenko.vacheslav@365.pdaba.edu.ua; ⁴ tumchenko.pavlo@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 [1], який має досить зрозумілий інструментарій, але сильно залежить від кількості ітерацій, а також від параметрів та швидкодії обчислювальної техніки.

Мета роботи полягає в удосконаленні підходів щодо визначення впливу певних джерел іонізуючого опромінення на організм людини, в залежності від двох базових чинників: розташування робочого місця людини та параметрів джерел іонізуючого випромінювання.

Основна частина. Після прийняття в Україні Постанови № 62 [2], було визначено напрямок руху щодо встановлення державних (регіональних) радіаційних регламентів, які базувались на рекомендаціях Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ) № 60 [4]. До 2000 року, Україна створила повний комплект нормативно-правових документів у сфері радіаційної безпеки, з часом було видано МКРЗ № 74, 89, 103 та 119 [4], які заповнили певні прогалини в знаннях та затвердили вимоги не тільки до регламентів 1 та 3 групи, але й до регламентів 2 групи. Після підписання низки директив та доопрацювання додаткових розділів в існуючих нормативних документах, наша держава почала гармонійний розвиток медичних та техногенно-підвищених регламентів, з розширенням значень та додатковими поясненнями чи тлумаченнями в ядерній енергетиці. Так, Директива 2013/59/ЄВРАТОМ застосовується до будь-якої ситуації планового, існуючого або аварійного опромінення, що пов'язана з ризиком іонізуючого випромінювання, яким не можна нехтувати з точки зору радіаційного захисту або з огляду на довкілля, зважаючи на довгостроковий захист здоров'я людини [3].

Знання методик, підходів і висока компетентність фахівців медичної галузі, променевої терапії, променевої діагностики, хірургії з використанням джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ), пов'язаних з медичним опроміненням, проведення томографії, рентген-обстежень, стоматологічних та інших радіологічних процедур, дозволило досягти максимально належний захист пацієнтів, які проходять медичні променево-діагностичні і променево-терапевтичні процедури. Одним з чинників у медичній галузі є також реабілітація, додаткові, випадкові та ненавмисні медичні опромінення, нагляд після їх реалізації та запобігання випадковому та ненавмисному медичному опроміненню і ліквідації наслідків у випадках, коли воно відбувається. Зокрема визначення та вивчення ризиків у променевій терапії, для уникнення таких інцидентів, для чого це було введено в практику облікових записів, повідомлень, аналізу та коригувальних протипроменевих заходів.

Можна сказати, що вищезазначені досягнення у медичній сфері та атомній промисловості, не вирішені для працівників та фахівців, які працюють на

хвостосховищах, шламонакопичувачах та відвалах з радіоактивними джерелами випромінювання. Тому надбання та практичні досягнення з цих питань необхідно застосовувати і в цьому сегменті робіт. Для цього було створено базову систему вихідних даних зі знанням та розрахунком часу опромінення та щільності певних органів людини (тіла взагалі як органу). Задача про поведінку такої системи формулюється системою інтегровано-диференціальних рівнянь. Такі рівняння відомі в кінетичній теорії газів як рівняння Больцмана. У теорії ймовірностей дещо схожі ситуації описуються рівняннями Фоккера-Планка. Дуже спрощена версія такої задачі приводить до рівняння [1]:

$$\frac{\partial u(x, y, z)}{\partial t} = a(x, y, z)\Delta u + b(x, y, z)u(x, y, z). \quad (1)$$

Знаючи середнє значення щільності шкіри людини і її органів та час опромінення можна визначити як джерело іонізуючого опромінення впливатиме на організм та які ризики можуть мати місце у майбутньому. Спершу треба визначити в якому статичному чи динамічному стані може перебувати людина. Розглянемо чотири базові положення тіла людини: лежачі, сидячі, стоячі та в стані руху (рис. 1).

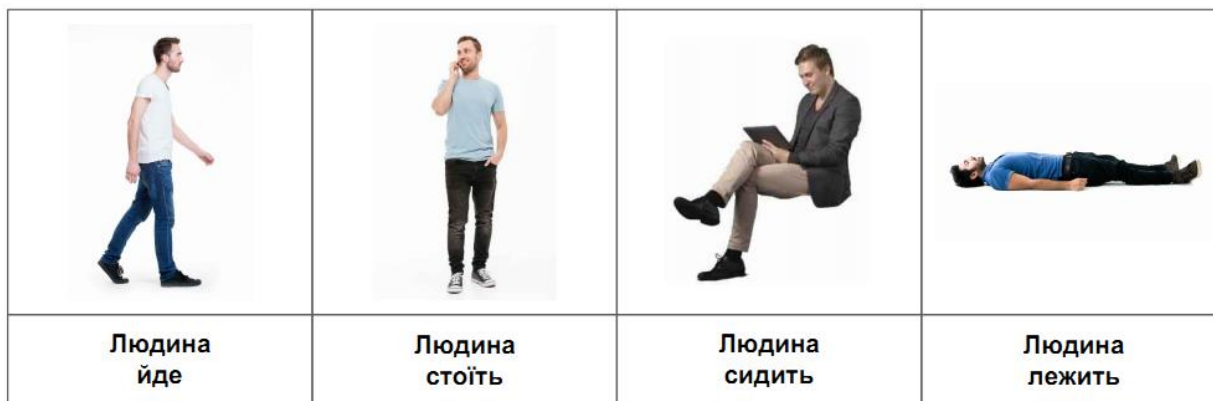


Рис. 1. Розташування тулубу людини

Найбільш доцільним є положення коли фахівець іде з точки А в точку Б, проводячи дослідження чи вимірюючи чисельні значення на об'єкті де зберігаються (за складовані) радіаційні речовини, матеріали або радіонукліди.

Другим базовим питанням є кількість (маса або об'єм) речовини і як вона впливає на персонал що обслуговує хвостосховища та відстійники з радіаційними відходами ядерно-паливного циклу. Дуже спрощена версія такої задачі розглядалась у попередніх роботах [5] і приводиться до умови впливу альфа-випромінювання, бета-випромінювання, а також впливу електромагнітних випромінювань: нейтронного та гамма-випромінювання, які можуть впливати в одній (тільки x, y, z) площині, у двох (пари ху, zx, yz) площинах, з усіх боків одночасно (хуz), в газових, рідких і твердих системах, що відображено на рис. 2 та описане рівнянням 2.

$$H_{\Sigma_{ef}} = f \left[\begin{pmatrix} K\alpha_{газ} \\ K\alpha_{pid} \\ K\alpha_{т.в.т.} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K\beta_{газ} \\ K\beta_{pid} \\ K\beta_{т.в.т.} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K\gamma_{газ} \\ K\gamma_{pid} \\ K\gamma_{т.в.т.} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Kn_{газ} \\ Kn_{pid} \\ Kn_{т.в.т.} \end{pmatrix} \right] dm / dt. \quad (2)$$

Третім базовим питанням є антропометрія тіла людини, її вік та стан фізіологічного здоров'я. Для цього необхідно прийняти три типи людини з діапазоном віку [6] від 18 до 60 років та певною антропометрією [7] представлених нижче (рис. 3, а–в).

Дослідники давно намагалися об'єднати людей за спільними ознаками в окремі групи – типи конституції (від лат. *constitutio* — будова тіла). Класифікації базувалися на різних принципах: морфологічних, функціональних, біохімічних, нейрореактивних, гормональних тощо. Нижче наведено типи конституції за М. В. Чорноручьким, що ґрунтуються головним чином на морфологічних, біохімічних і деяких функціональних ознаках.



Рис. 2. Напрямки впливу джерела іонізуючого опромінення на людину в площині Zr

Астенічний тип – високий (рідше середній) зріст, видовжена грудна клітка з гострим підгрудничним кутом, довга шия, вузькі плечі, відносно довгі кінцівки, ніжна тонка бліда шкіра, слабко розвинута підшкірна клітковина. Серце невеликих розмірів, легені видовжені, кишки короткі, тиск крові знижений; переважають процеси дисиміляції.

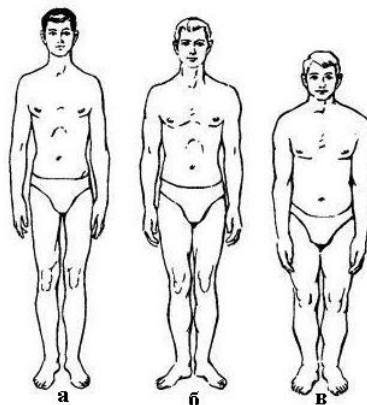


Рис. 3. Три типи конституції людини за антропометричними даними:
а – астеничний, б – нормостенічний, в – гіперстенічний

Гіперстенічний (пикнічний) тип – риси в цілому прямо протилежні попередньому: зріст середній або нижчий за середній, тіло масивне, багате жировідкладення (схильність до повноти), порівняно короткі кінцівки, короткі грудна клітка й шия, великий живіт, велике серце, довгі кишки, схильність до підвищеного тиску; переважають процеси асиміляції.

Нормостенічному типу властива пропорційна гармонійна будова тіла, добре розвинуті у більшості випадків кісткова і м'язова тканини. Вважається, що

нормостенічний тип займає середнє положення між астенічним і гіперстенічним типами.

Висновок. Підвищення рівня зовнішнього опромінення людини залежить від низки основних, базових та специфічних умов знаходження на робочому місці, наявності одного чи більшої кількості джерел опромінення, лінійної/постійної або змінної/імпульсної дії джерела, щільності потоку, виду ізотопу. До вищезазначених показників треба додати також форму тіла, розташування тулубу відносно джерела опромінення та антропометричні данні людини, що збільшить вірогідність визначення індивідуальної ефективної дози опромінення на групи органів та на все тіло людини. Як результат можна більш чітко визначити ризик виникнення стохастичних і детермінованих ефектів які можуть мати місце в залежності від розташування робочого місця та розташування тулубу людини з антропометрією включно.

Для подальших досліджень необхідно використовувати інші типи моделей таких як модель типу «дерево подій» яке використовує початкову подію в якості вихідної (початкової) позиції розвитку сценарію критичної події, або модель типу «SWOT-аналіз», для визначення сильних та слабких факторів, що більше чи менше впливають на систему опромінення, або модель «ризик-орієнтованого» підходу з концепцією нульового ризику опромінення.

Список використаних джерел

1. The Monte Carlo method. *J. Amer. Statistical Assoc.* 1949. URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0162-1459%28194909%2944%3A247%3C335%3AТМСМ%3Е2.0.СО%3В2-3>.
2. Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» : Постанова Головного санітарного лікаря України № 62 від 01.12.97, м. Київ.
3. Директива ради 2013/59/Євратом від 5 грудня 2013 року. Про встановлення основних норм безпеки для захисту від загроз, зумовлених впливом іонізуючого випромінювання, і скасування директив 89/618/Євратом, 90/641/Євратом, 96/29/Євратом, 97/43/Євратом і 2003/122/Євратом. URL: https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/pereklady_direktivy/radi-201359evratom.pdf.
4. Перелік публікацій Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ). URL: <https://www.icrp.org/page.asp?id=5>.
5. Соколов І. А., Запрудін В. Ф., Беліков А. С., Пилипенко О. В., Гупало О. С., Савицький М. В. Радіаційна безпека житлових будівель : підруч. для студ. ВНЗ з грифом МОН (№ 14/18-Г-1583). Дніпропетровськ, 2008. 313 с.
6. Публікація МКРЗ 69. Вік-залежні дози осіб з населення від надходження радіонуклідів.
7. Беліков А. С., Шаломов В. А., Кульбач А. А., Калда Г. С., Коваленко О. В., Бородіна Н. А., Третяков О. В., Данченко Ю. М. Ергономіка в будівництві. Дніпро : Журфонд, 2022. 219 с.

УДК 691.32

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КАРБОНАТНИХ НАПОВНЮВАЧІВ У БЕТОНАХ

Радкевич А. В.¹, д. т. н., проф., Нетеса М. І.², д. т. н., проф., Нетеса А. М.³, к. т. н., доц.
Український державний університет науки і технологій,

Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

[1a.v.radkevich@ust.edu.ua](mailto:a.v.radkevich@ust.edu.ua); [2m.i.netesa@ust.edu.ua](mailto:m.i.netesa@ust.edu.ua); [3 a.m.netesa@ust.edu.ua](mailto:a.m.netesa@ust.edu.ua)

Постановка проблеми. Раціональне комплексне використання природних ресурсів є однією з найважливіших проблем сучасності. Така проблема існує також і при видобутку, і при переробці багатьох копалин. Однією з них є використання дрібнозернистих продуктів, які є вторинними продуктами при видобутку і переробці мармуру. Головною особливістю цих дрібнозернистих вторинних продуктів від аналогічних, наприклад, хвостів збагачення залізних руд, їх хімічний та мінералогічний склад.

Мета роботи полягає у визначенні раціональних складів бетонів із співвідношенням компонентів великих до середніх та дрібнозернистих 52:23:25, дрібнозернисті компоненти в яких представлені цементом та вторинними продуктами виробництва мармуру. За критерій ефективності прийняти коефіцієнт ефективності використання цементу, що виражає відношення досягнутої середньої кубікової міцності бетону (f_{cm}) до витрати цементу на кубометр бетонної суміші. Пошук таких складів необхідно вести для бетонів із середньою кубіковою міцністю на стиск до 20 МПа, коефіцієнт ефективності використання цементу в яких значно менший, ніж у бетонах вищої міцності. Для реалізації поставленої мети необхідно визначити потрібну кількість наповнювача із вторинних продуктів виробництва мармуру у складі бетонної суміші, запровадженням якого можна забезпечити раціональний гранулометричний склад її компонентів. Для таких складів необхідно також визначити необхідну кількість суперпластифікатора, що забезпечує необхідну зручність для таких складів при мінімально необхідній кількості води в суміші. Для вирішення поставленого завдання використали Криворізький портландцемент СЕМ 40,2, великий заповнювач гранітний щебінь із максимальною крупністю зерен 20 мм. Як дрібний заповнювач використаний пісок кварцовий річковою середньою щільністю породи 2 630 кг/м³, насипною щільністю 1 550 кг/м³, пустотністю 41 %, модуль крупності 1,56. Зміст шкідливих домішок у межах норми. Як мінеральну добавку використовувалися дрібнозернисті вторинні продукти виробництва мармуру, зерновий склад яких був приблизно такий самий як цементу – крупність зерен менше 80 мкм (залишок на ситі 008 становив близько 7 %). Для поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші застосовували суперпластифікатор «FLVICEM» італійської фірми «COLMEF», рекомендована витрата якого складала 0,5–1,5 % від маси цементу.

Експериментальні дослідження проводили на сертифікованому обладнанні. Бетонну суміш перемішували в лабораторній бетонозмішувачі примусової дії ємністю 25 л. Компоненти дозували за масою, час перемішування одного замісу об'ємом 7,0 л становив 3 хв. Контрольні зразки-кубики з розміром ребра 10 см ущільнювали на стандартному лабораторному вібротрампаді з частотою вібровпливу 50 Гц, амплітудою 0,35–0,5 мм. Міцність при стисканні визначали за стандартною методикою у 28-добовому віці після твердіння у стандартних умовах на пресі ПСУ-50. За кожним із 15 дослідів ортогонального плану готували заміс на 7 літрів із представлених складів. З кожного такого складу відформовано по шість зразків кубиків з розміром сторони 10 см. Випробування зразків проведено у 28 добовому віці після твердіння в

стандартних умовах. Візуальними спостереженнями встановлено, що у складах 5, 6, 12, у яких сумарний вміст дрібнозернистого компонента, представленого цементом та вторинними продуктами виробництва мармуру, становить $200\text{--}250\text{ кг/м}^3$ бетонної суміші, спостерігалось водовідділення на їх поверхні. А зразки з інших складів добре ущільнювалися з утворенням гладкої гладкої поверхні. Графічні залежності міцності бетону в 28-ми добовому віці від факторів, що варіюються, отримані обробкою полінома третього ступеня і відповідних коефіцієнтів представлені на рис. 1. А графічні залежності коефіцієнта ефективності використання цементу від факторів, що варіюються, отримані обробкою полінома третього ступеня і відповідних представлени на рисунку 2.

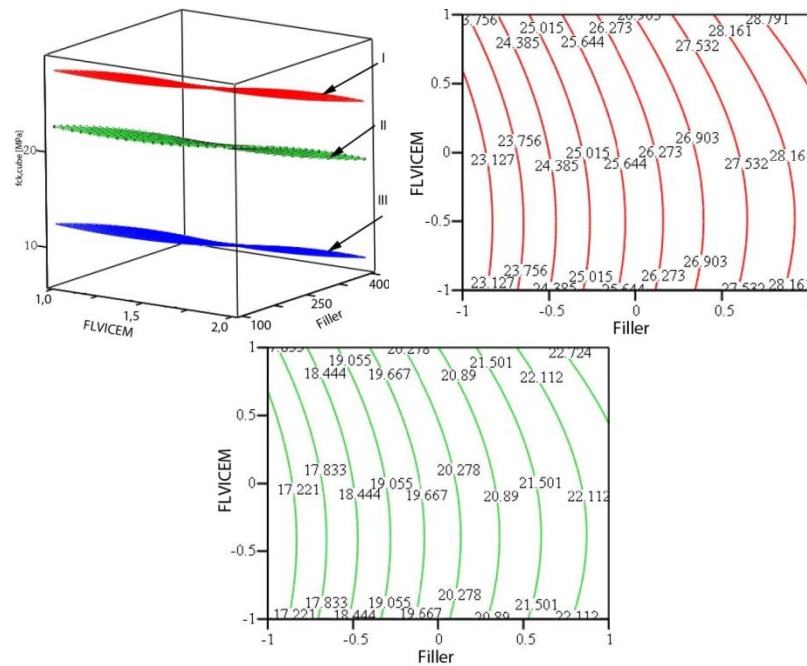


Рис. 1. Залежності міцності бетону від факторів, що варіюються: а – ізополя міцності бетону: I – при витраті цементу 200 кг на кубометр бетонної суміші; II – те саме, 150 кг; III – те саме, 100 кг; б – ізолінії міцності бетону при витраті цементу 200 кг на кубометр бетонної суміші; в – те саме, 150 кг

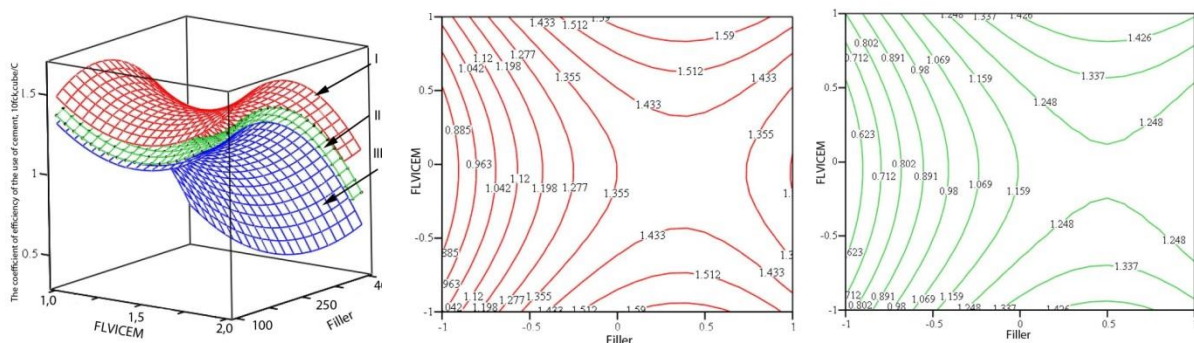


Рис. 2. Залежності коефіцієнта ефективності використання цементу від факторів, що варіюються: а – ізополя коефіцієнта ефективності використання цементу: I – при витраті цементу 200 кг на кубометр бетонної суміші; II – те саме, 150 кг; III – те саме, 100 кг; б – ізолінії коефіцієнта ефективності використання цементу при витраті цементу 200 кг на кубометр бетонної суміші; в – те саме, 150 кг

Висновки. Вторинні дрібнозернисті продукти виробництва мармуру можуть успішно використовуватися як мікронаповнювачі для виготовлення бетонних сумішей. Найбільше ефективно їх застосування для бетонів міцністю до 20 МПа, що застосовуються для неармованих конструкцій. Забезпечуючи раціональний зерновий склад компонентів, можна отримати суттєве підвищення ефективності використання цементу в таких бетонах, отже, його економію.

Список використаних джерел

1. Баженов С. Л. Механіка та технологія композиційних матеріалів. Довгопродний : Інтеллект, 2014. 328 с.
2. Вандоловський А. Г., Чайка В. М. Міцнісні властивості особливо дрібнозернистого бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів у ролі заповнювача. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2016. Вип. 160. С. 17–24. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Znpudazt_2016_160_5
3. Дворкін Л. Й., Житковський В. В., Марчук В. В. та ін. Ефективні технології бетонів із застосуванням техногенної сировини. Рівне : НУВГП, 2017. 424 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/14467/1/%D0%95%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97%20%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2%20%D1%96%D0%B7%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D0%BC%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%81%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8.pdf>
4. Пушкарьова К. К., Дворкін Л. Й., Градобоев О. В. та ін. Енергоресурсозберігаючі мінеральні в'язучі речовини та композиційні будівельні матеріали на їх основі. Київ : Задруга, 2014. 272 с. URL: http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/files/work_files/pb_presentation_0_0.pdf
5. Ляшенко Т. В., Довгань О. Д. Механічні властивості дрібнозернистого бетону з мікрокремнеземом та скляною фіброю. *Вісник ОДАБА*. 2016. Вип. 62. С. 110–114. URL: <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/2170/1/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BC%20%D0%B8%20%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%84%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B9.pdf>
6. Руденко Д. В. Фізико-хімічна модифікація цементної системи монолітного бетону. Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2015. № 6 (60). Рр. 174–182. doi: [10.15802/stp2015/57103](https://doi.org/10.15802/stp2015/57103). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2015_6_19
7. Banthia N., Majdzadeh F., Wu J., Bindiganavile V. Fiber synergy in Hybrid Fiber Reinforced Concrete (HyFRC) in flexure and direct shear. *Cement & Concrete Composites*.

2014. № 48. С. 91–97. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946513001777>

8. Vyrovoy V., Korobko O., Zavoloka M., Kotsiurubenko O. Structural Material Science. Technical University of Moldova and Moldavian Engineering Association. *Journal TUM “MERIDIAN INGIINERESC”*. 2017. № 2. Pp. 26–30.

9. Shishkin A., Netesa N., Scherba V. Influence of the filler which contains the iron on the strength of concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5/6 (89). Pp. 11–16.

10. Shishkin A., Netesa N., Netesa A. Determining the rational compositions of low-strength concretes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1/6 (97). Pp. 47–52. URL: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=14654668754231534098&hl=en&oi=scholar>

11. Тейлор Х. Химия цемента. Москва : Мир, 1996. 560 с.

УДК 711.4.025

ПРИНЦИПИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОГО АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ

Ровенський Г. В.¹, студ., Ковальчук О. П.²,
доц. каф дизайну та реконструкції архітектурного середовища
[1 elizavetalarionova99@gmail.com](mailto:elizavetalarionova99@gmail.com); [2 kovalchuk.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:kovalchuk.oleksandr@pdaba.edu.ua)
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Розглянемо принципи, засоби і прийоми відновлення архітектурного середовища.

Принципи:

- Історизм: максимально можливе збереження автентичних елементів та історичного вигляду архітектурного середовища.
- Реверсивність: всі втручання в історичну забудову повинні бути оборотними, щоб не зашкодити можливості майбутніх реставрацій.
- Функціональність: відновлення архітектурного середовища повинне йти з урахуванням сучасних потреб та норм.
- Комплексність: відновлення повинне охоплювати не лише окремі будівлі, але й весь навколишній простір.
- Екологічність: використання екологічних матеріалів та технологій при відновленні архітектурного середовища.

Засоби:

- Реставрація: відновлення автентичного вигляду історичних будівель та споруд.
- Реконструкція: зміна історичного вигляду будівель з метою покращення їх функціональності або пристосування до нових умов.
- Регенерація: відновлення історичного середовища шляхом нового будівництва, яке відповідає стилю та масштабу історичної забудови.

Прийоми архітектурного 3D-друку. Архітектурний 3D-друк може використовуватися для створення різних об'єктів, будівель або споруд. Ось деякі приклади прийомів, які можуть використовуватися в архітектурному 3D-друку:

- Створення прототипів – архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення прототипів будівель або споруд. Це дозволяє архітекторам тестувати свої проекти та внести необхідні зміни до того, як розпочнеться будівництво.
- Створення моделей – архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення моделей будівель або споруд. Ці моделі можуть використовуватися для рекламних цілей, освіти або просто для естетики.
- Створення готових виробів – архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення готових виробів, таких як меблі, скульптури або навіть будівлі.

Особливості архітектурного 3D-друку. Архітектурний 3D-друк має ряд особливостей, які відрізняють його від інших методів будівництва:

- Зручність – архітектурний 3D-друк дозволяє створювати об'єкти будь-якої форми або розміру. Це робить його ідеальним для створення складних або нестандартних об'єктів.
- Економічність – архітектурний 3D-друк може бути більш економічним способом будівництва, ніж традиційні методи. Це пов'язано з тим, що він вимагає менше матеріалів і робочої сили.
- Швидкість – архітектурний 3D-друк може використовуватися для створення об'єктів за короткий період часу. Це може бути важливо для проектів, які потрібно реалізувати швидко.

Перспективи архітектурного 3D-друку. Архітектурний 3D-друк є відносно новою технологією, але вона швидко розвивається. Очікується, що в майбутньому архітектурний 3D-друк стане більш поширеним методом будівництва. Це пов'язано з тим, що ця технологія має ряд переваг перед традиційними методами будівництва.

- Створення нових типів будівель – архітектурний 3D-друк може використовуватися для створення нових типів будівель, які неможливо побудувати традиційними методами. Наприклад, архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення будівель складних форм або для створення будівель, які виготовлені з незвичайних матеріалів.

- Покращення якості життя – архітектурний 3D-друк може використовуватися для покращення якості життя людей. Наприклад, архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення доступного житла або для створення будівель, які є більш стійкими до стихійних лих.

- Збереження навколишнього середовища – архітектурний 3D-друк може використовуватися для збереження навколишнього середовища. Наприклад, архітектурний 3D-друк можна використовувати для створення будівель, які вимагають менше матеріалів і робочої сили.

Висновки. Загалом, 3D-друку має ряд переваг для використання у відновлення зруйнованого архітектурного середовища. Ці переваги включають:

- Швидкість. 3D-друк може використовуватися для створення будівель та інших споруд за лічені дні або навіть години. Це може бути особливо важливо в районах, які були зруйновані стихійними лихами або конфліктами, де важливо швидко забезпечити людям житло та інші необхідні послуги.

- Ефективність. 3D-друк може використовуватися для створення будівель та інших споруд з меншою кількістю матеріалів та праці, ніж традиційні методи будівництва. Це може допомогти знизити витрати на відновлення та зробити його більш доступним.

- Стійкість. 3D-друк можна використовувати для створення будівель та інших споруд, які є більш стійкими до стихійних лих та інших природних загроз. Це може допомогти захистити людей та майно від подальшого руйнування.

Проте, 3D-друк також має деякі обмеження, які слід враховувати при її використанні для відновлення зруйнованого архітектурного середовища. Ці обмеження включають:

- Масштаб. Поточні технології 3D-друку все ще мають обмеження щодо розміру об'єктів, які вони можуть створювати. Це може обмежити використання технології 3D-друку для створення великих будівель або споруд.

- Екологічність. Деякі матеріали, які використовуються для 3D-друку, можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище. Важливо враховувати екологічні наслідки використання технології 3D-друку при її використанні для відновлення зруйнованого архітектурного середовища.

Незважаючи на ці обмеження, 3D-друку має великий потенціал для використання у відновлення зруйнованого архітектурного середовища. Вона може допомогти зробити процес відновлення більш швидким, ефективним та доступним, а також допомогти створити більш стійкі будівлі та споруди.

Список використаних джерел

1. 3D-printing : a new approach to disaster relief. *World Economic Forum*. 2022.
2. 3D-printing for disaster relief : a review of the state of the art. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2021.
3. 3D-printed houses : a new way to rebuild after disaster. *BBC*. 2022.
4. The potential of 3D printing for post-disaster reconstruction. *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*. 2022.
5. 3D-printed homes : a sustainable solution for disaster relief. *United Nations Environment Programme*. 2021.
6. 3D-printing for resilience : Building back better after disasters. *World Bank*. 2022.

УДК 372.8:721.021.2

ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ

Рудін А. А.¹, аспір., Шатов С. В.², д. т. н., проф., Палій Є. Т.³, аспір.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 aconicus@gmail.com](mailto:aconicus@gmail.com); [2 shatov.sv@ukr.net](mailto:shatov.sv@ukr.net); [3 yegor10paliy@gmail.com](mailto:yegor10paliy@gmail.com)

Постановка проблеми. Процес збагачення вугілля супроводжується утворенням та накопиченням відходів вуглезбагачення у значних об'ємах, що має значний негативний вплив на екологічний стан місць їх зберігання через значні площі, які вони займають і ризик забруднення ще більших площ через можливу інфільтрацію у ґрунт та подальшого забруднення підземних вод. Постає проблема розробки технології використання цих відходів, наприклад у ресурсномісткій галузі виробництва безклінкерних в'язучих з метою зниження енергетичних витрат, викидів при виробництві та подальшого використання матеріалів на основі таких в'язучих при зведенні будівельних об'єктів або конструкцій методом 3D-друку.

Враховуючи, що згідно із статистичними даними вартість будівельних матеріалів та робочої сили у світі постійно зростає, їх ефективне використання у будівництві, а саме зменшення термінів будівництва та зменшення залучення людських ресурсів через автоматизацію будівельних процесів надають значні перспективи для розвитку технології будівництва методом 3D-друку та удосконаленню властивостей будівельних матеріалів при її використанні.

Мета роботи полягає у визначенні принципів підбору матеріалів для будівельного 3D-друку з врахуванням особливостей технології та вимог до їх механічних та реологічних властивостей, а також застосування вторинної сировини у їх виробництві.

Основна частина. Технологія будівництва методом 3D-друку – це один із сучасних методів будівництва, який дозволяє у значній мірі автоматизувати будівельний процес з досягненням високої точності у виготовленні конструкцій складної конфігурації за допомогою обладнання (3D-принтеру), яке працює під управлінням програмного забезпечення для завдання точних координат моделі, що друкується. З екологічної точки зору відходи вугільної промисловості стали серйозною проблемою і потребують їх подальшого використання. Понад 50 % відходів потрапляють на сміттєзвалища, звідки можуть легко вимиватися в навколишнє середовище. Відходи вуглезбагачення мають у своєму складі вугільні включення, внаслідок чого їх теплотворні властивості можуть бути застосовані у технології виробництва з низькотемпературним випалом. Таким чином відходи вуглезбагачення можуть бути використані як паливний компонент та як компонент сировини. За рахунок реалізації теплотворних властивостей вугільних включень можна знизити температуру випалу для отримання вапнякової складової в'язучого, а відповідно і зниження енергетичних витрат та зниження викидів CO₂ у атмосферу [1; 2].

Базуючись на попередніх дослідженнях і досвіді технології 3D-друку в будівництві, можна визначити принципи підбору складу сумішей та їх необхідні властивості (рис.) [3]. Склад суміші підбирається для конкретної моделі будівельного 3D принтеру із врахуванням його технічних особливостей, типу конструкцій або елементів, що друкуються та можуть бути унікальними на будівельному ринку.

Матеріал для застосування в технології будівництва 3D-друком залежить від трьох факторів: сировини, способів застосування та методу будівництва.

Технологічні особливості будівництва методом 3D-друку накладають відповідні вимоги до механічних та реологічних властивостей будівельних матеріалів, що

застосовуються зокрема: висока в'язкість і структурна міцність, подовжені терміни тужавлення і швидке твердіння, значна адгезія між окремими шарами, високі механічні характеристики при забезпеченні необхідних теплофізичних властивостей.

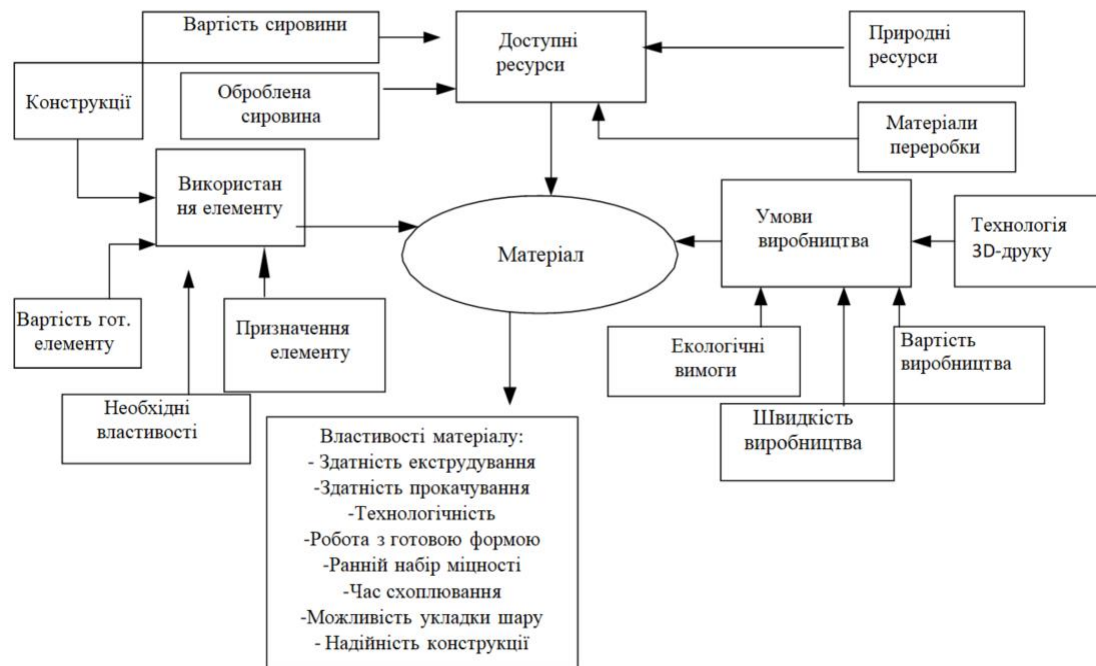


Рис. Принцип підбору будівельного матеріалу для 3D-друку

При розробці матеріалу для технології 3D-друку необхідно звернути увагу на властивості, якими повинна володіти виготовлена конструкція і можливості конкретного принтера. Доцільно звернути увагу на наявну місцеву сировину поблизу будівельного майданчика, щоб витрати на її транспортування були економічно доцільними.

Висновок. Застосування в'язучих матеріалів з використанням продуктів вуглезабагачення у комбінації із сучасною технологією виготовлення конструкцій та зведення будівельних об'єктів за рахунок технології 3D-друку дозволить скоротити терміни будівництва та зменшити вартість завдяки застосуванню матеріалів із вмістом продуктів вуглезабагачення водночас дотримуючись концепції сталого будівництва із дбайливою витратою природних ресурсів та одночасним використанням вторинної сировини.

Список використаних джерел

1. Приходченко В. Л., Слащєва О. Є. [та ін.]. Основні напрямки використання відходів флотації Червоноградської ЦЗФ в будівельній галузі. ІГТМ НАН України. 2013. С. 220–227.
2. Шпирт М. Я. Безвідходна технологія. Утилізація відходів добутку та переробки горючих копалин. Під ред. Б. Н. Ласкоріна. Москва : Надра, 1985. 367 с.
3. Katarzyna Pacewicz, Anna Sobotka. Characteristic of materials for the 3D printed building constructions by additive printing. AGH University of Science and Technology. 2018. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20182220101>.

УДК 621.311

**ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
БУДІВЛЯМИ В ЖК «ПАНОРАМА»**

Савицький О. М.¹, к. т. н., Спиридоненков В. А.², Циганкова С. Г.³, к. т. н.

¹ ПБМП «Строитель-П²», ² ТОВ «Дніпро ЗБК»,

³ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 san.stroitel@gmail.com](mailto:san.stroitel@gmail.com); [2 sva.stroitel@gmail.com](mailto:sva.stroitel@gmail.com); [3 tsygankova.svetlana@pdaba.edu.ua](mailto:tsygankova.svetlana@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. В Європейській директиві з енергоефективності будівель [1] зазначено, що всі нові будівлі, починаючи з 31 грудня 2020 року повинні відповідати стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням або бути «позитивними», всі існуючі будівлі потребують термомодернізації відповідно до сучасних вимог. Слід відмітити, що у переглянутій директиві [1] передбачено посилення вимог до енергоефективності, а також значне скорочення термінів досягнення заявлених показників енергоспоживання. Компанія ПБМП «СТРОІТЕЛЬ–П» отримала фінансування на вдосконалення енергоефективності ЖК «ПАНОРАМА» у рамках міжнародного наукового гранту «A novel decentralized edge-enabled PREsCriptive and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings» – ПРЕСЕРТ – Проактивні розумні будинки з підвищеною енергоефективністю та якістю життя» [2] за програмою досліджень та інновацій Європейського Союзу Horizon 2020.

Мета роботи. Запропонувати заходи щодо впровадження інтелектуальних систем управління будівлями, підвищення енергоефективності будівлі та покращення якості внутрішнього середовища ЖК «ПАНОРАМА» в м. Дніпро (Україна).

Основна частина. За грантовою угодою про фінансування 10 квартир-волонтерів з трьох корпусів житлового комплексу «ПАНОРАМА» міста Дніпро, будуть оснащені за рахунок ЄС бездротовим обладнанням для моніторингу та індивідуального управління споживанням енергією та комфортом у приміщеннях.

Для всіх 10 квартир-учасників передбачено оснащення міні-комп'ютерами, які виконують роль бездротового комутуючого пристрою-хаба. Кожен міні-комп'ютер дає можливість збору інформації за результатами моніторингу споживання енергії у квартирах будівлі та сумарної витрати енергоресурсів кожною квартирою та передачі даних на загальний сервер для аналізу інформації та видачі рекомендацій щодо споживання та управління споживанням енергоресурсів.

Окрім міні-комп'ютерів усі 10 учасників проєкту отримують бездротові смарт датчики-сенсори, які будуть встановлені в кожній квартирі (табл.).

Таблиця

Перелік обладнання з моніторингу та індивідуального управління споживанням енергією та комфортом для кожної квартири – учасниці проєкту

WebNMI	Сервер збору та обробки даних з веб-інтерфейсом	1
Transcend	Картка пам'яті промислова Transcend industrial 1GB	1
Meanwell	Блок живлення 24Vdc	1
7bit AirGate	Бездротовий шлюз для модулів телеметрії, Lora 868MHz, Ethernet, PoE	1
7bit AirPoint	Бездротовий модуль телеметрії Lora 868 MHz (температура, вологість, CO2), ~220В	1
7bit AirPoint	Бездротовий модуль телеметрії Lora 868 MHz (температура, вологість), автономний (3xAAA)	3

Eastron	Лічильник електричної енергії, Modbus	1
	Трансформатор струму (для електролічильників) 50/5А	1
SHARKY 774	Лічильник теплової енергії, Mbus, ДУ-15, 0.6 м3	1
7bit USB-Mbus	Перетворювач інтерфейсу Mbus	1
E.Next	Розподільча шафа пластикова (пласт.) 250x330x130мм, IP65 з прозорими дверцятами, (або аналог за розмірами)	1
	«Смарт»-розетки с функцією моніторингу потужності, WiFi, 16А	3

Спостереження за споживанням всіх видів енергії проходитимуть протягом 18 місяців. Обладнання, яке буде встановлено у квартирах, залишається для подальшого користування мешканцями цих квартир. Це обладнання можна буде використовувати як систему «Інтелектуальна квартира» або підключити до загальної «Інтелектуальної Диспетчерської» ЖК «ПАНОРАМА».

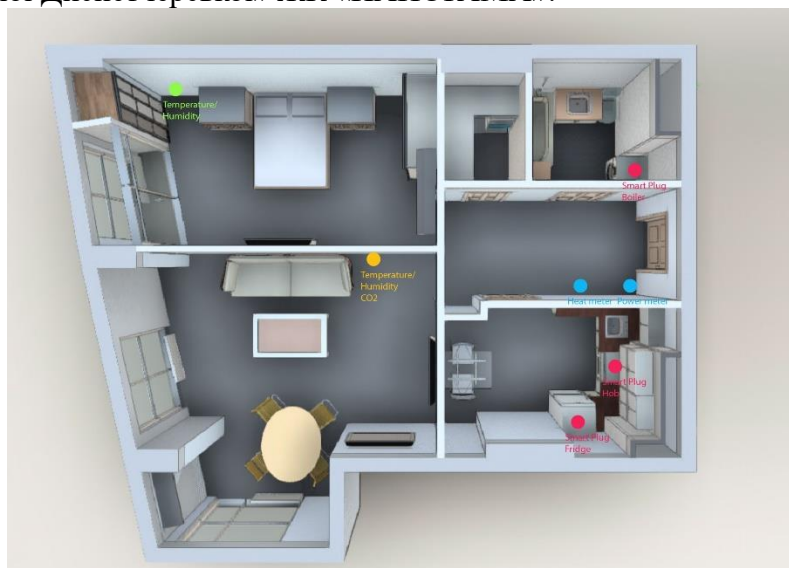


Рис. 1. Приклад установки в квартирі обладнання з моніторингу споживання енергії

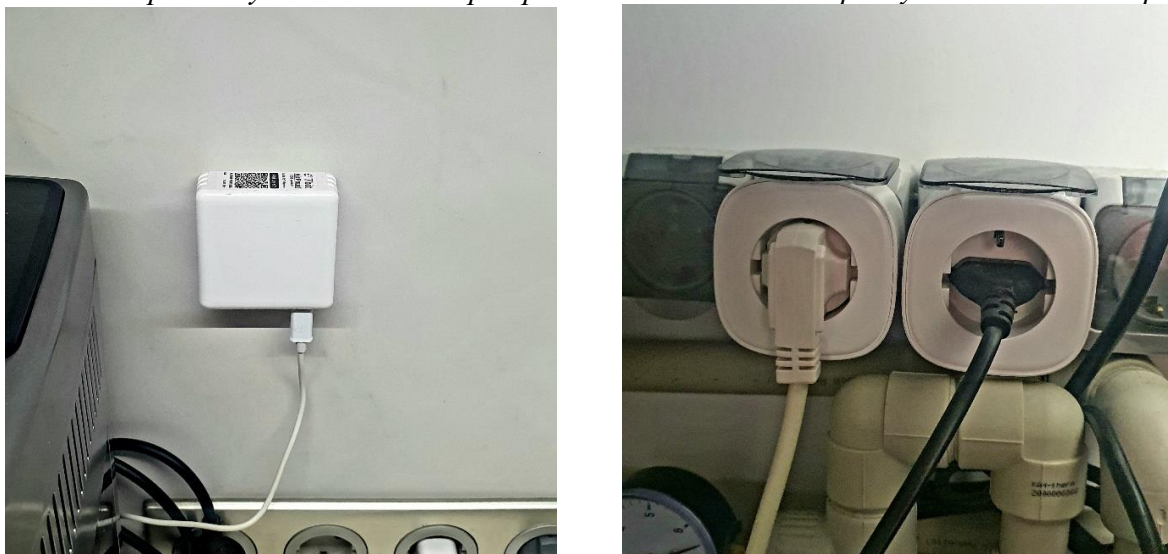


Рис. 2. Фото встановленого обладнання



Рис. 3. Архітектура системи енергоменеджменту ЖК «ПАНОРАМА»

Висновки. Впровадження інтелектуальних систем управління будівлями неодмінно залежить від

1. Проведення тренінгів з кінцевими користувачами. Збір і систематизація відгуків від зацікавлених сторін щодо покращення рішень PRECEPT.
2. Науково-технічного супроводу установки і налаштування смарт-обладнання в пілотних будівлях.
3. Проведення тестування роботи смарт-обладнання в пілотних будівлях в умовах реального часу.
4. Розробки детальних планів і рекомендацій щодо установки обладнання смарт-пристроїв в пілотних будівлях.
5. Здійснення комунікації (листування, участь у робочих онлайн зборах) між міжнародною командою PRECEPT та командою ПБМП «СТРОЇТЕЛЬ-П»;
6. Комунікація з менеджментом ОСББ ПАНОРАМА-ДНІПРО стосовно установки обладнання, передбаченого проєктом, на території комплексу ПАНОРАМА-ДНІПРО.
7. Комунікація з ICT компанією-підрядником (DDS LLC), відповідальною за установку обладнання у квартирах-учасниках проєкту, збір та передачу даних на портал PRECEPT;
8. Координація роботи між DDS LLC та міжнародною командою PRECEPT.

Список використаних джерел

1. Directive EU 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L1791>.
2. A novel decentralized edge-enabled PREsCRIPTivE and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings – PRECEPT. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/958284>.

УДК 711.5: 001.8 + 656.2.9

ПАРАМЕТРИ І РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТЕРИТОРІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ

Савицький М. В.¹, д. т. н., проф., Товбич В. В.², д. арх., проф.,
Куліченко Н. В.³, ст. викл.

^{1,3} Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,

² Київський національний університет будівництва та архітектури

¹ sav15@ukr.net; ² tovbych.vv@knuba.edu.ua; ³ n.kulichenko@ukr.net

Постановка проблеми. Методи формування елементів соціально-планувальної структура населеного пункту — житлової групи, кварталу, мікрорайону, житлового району, планувального району, планувальної зони детально описані в нормативних документах [4; 5]. Щодо зони впливу зупиночних пунктів (зони в межах пішохідної досяжності зупиночних пунктів), то її параметри і ресурси, наскільки відомо авторам, не досліджувалися.

Мета роботи. Автори не ставлять за мету комплексний аналіз всіх аспектів формування і функціонування цих територій. Стаття проблемна, носить постановочний характер. Метою роботи є розрахунок ресурсного потенціалу (кількість населення, житлова площа), параметрів території (ширина зони впливу, площа забудованої території) з використанням нормативних документів [3–7], а також виявлення взаємозв'язків між окремими структурними елементами, які впливають на формування цієї території; визначення важливості цих територій в планувальній структурі і життєдіяльності населених пунктів, виявлення основних напрямків досліджень, направлених на удосконалення формування параметрів і ресурсного потенціалу цих територій.

Всі виявлені публікації [2; 8–12; 17–24] присвячені лише окремим аспектам дослідження зон впливу зупиночних пунктів, при цьому дослідження проводилися в умовах існуючих населених пунктів. Автори поставили за мету дослідити особливості формування зон впливу зупиночних пунктів на базі усереднених показників, приведених в відповідних нормативних документах.

Основна частина. Окрім зони впливу зупиночних пунктів введено нове поняття — **зона впливу транспортної лінії**, що визначається як територія, що розташована вздовж транспортної лінії і дорівнює площі території в км² віднесеної до 1 км транспортної лінії, тобто поняття протилежне щільності транспортних ліній.

Аналіз результатів розрахунків показав таке.

1. Співвідношення ширини зони впливу зупиночних пунктів до ширини зони впливу транспортної лінії коливається, залежно від групи населених пунктів і їх зони, щільності транспортних ліній, відстані між зупиночними пунктами і нормативних пішохідних відстаней до зупиночних пунктів в широких межах: від 2,45 до 0,14.

Велика розбіжність між цими показниками обумовлена відсутністю збалансованості між щільністю транспортних ліній, шириною вулиць, відстанями між зупиночними пунктами і пішохідними відстанями до них, які приводяться в [3–7] як незалежні величини, що приводить до парадоксальних наслідків, коли в центрі крупних і найкрупніших міст за рахунок значного згущення щільності транспортних ліній з одночасним зменшенням відстані між зупиночними пунктами зона впливу зупиночних пунктів (зона пішохідної досяжності) майже в 2,5 рази може перевищувати зону впливу транспортної лінії, що недоцільно і буде негативно впливати на екологічний стан в центрі міста.

В периферійних зонах навпаки, де величина співвідношення ширини зони впливу зупиночних пунктів до ширини зони впливу транспортної лінії мала, нормативної пішохідної відстані може бути недостатньо для досягнення зупиночних пунктів мешканцями цих зон.

Як висновок бачиться необхідність виконання дослідження з метою визначення оптимального співвідношення між щільністю транспортних ліній, шириною вулиць, відстанями між зупиночними пунктами і пішохідними відстанями до них.

Розрахункова ширина забудови в зоні впливу транспортної лінії одного напрямку руху, в залежності від групи і зони населених пунктів та ширини вулиць, коливається від 154 до 335 м, розрахункова ширина забудови зони впливу зупиночних пунктів одного напрямку руху (в межах нормативної пішохідної досяжності) – від 74 до 284 м. Більші величини параметрів відносяться до центральних і середніх зон міст, менші – до периферійних зон. Співвідношення ширини території забудови зони впливу зупиночних пунктів до ширини території забудови зони впливу транспортної лінії для більшості випадків становить $\sim 0,5-0,8$ за виключенням центральної зони найкрупніших і крупних міст, де допускається щільність транспортних ліній $3,5 \text{ км/км}^2$ і відстань між зупинками 250–350 м і де це співвідношення може досягати від 1,0 до 2,4, що ще раз вказує на необхідність збалансування нормативних показників

Розрахункова площа населеного пункту одного перегону зони впливу транспортної лінії становить $\sim 20-50$ га, що можна порівняти з площею мікрорайону (15–60 га) [4, ст. 17]. Виняток становить центральна зона найкрупніших і крупних населених пунктів, де цей показник ~ 10 га.

Що стосується площі земельної ділянки зони впливу транспортної лінії яка залишається для забудови, розрахунок показав, що вона може мати розміри від 3,4 до 25,6 га, а для площі земельної ділянки в межах зони впливу зупиночних пунктів (в межах нормативної пішохідної відстані) – від 4,6 до 11,5 га. Приведені розрахунки також приводять до висновку про незбалансованість нормативних показників.

Аналіз ресурсного потенціалу зони впливу зупиночного пункту одного напрямку руху громадського транспорту свідчить про наступне.

Розрахункова кількість населення на території зони впливу зупиночного пункту одного напрямку руху громадського транспорту, залежно від поверховості забудови, становить від 1 502 до 13 775 осіб, максимальний розрахунковий житловий фонд – від 45 до 398 тис. м^2 .

Розрахункова кількість типових секцій житлових будинків, які можна розмістити на земельній ділянці зони впливу зупиночного пункту одного напрямку руху громадського транспорту становить від 84 до 248, з яких можна сформувати, з урахуванням проміжних і торцевих секцій, від 8 до 24 десяти-секційних будинків, тобто приблизно від 2 до 6 житлових груп.

Висновки. Території населених пунктів в зоні впливу зупиночних пунктів займають вагоме місце в планувальній структурі і життєдіяльності населених пунктів завдяки їх значному ресурсному потенціалу – території, населення, житловому фонду, а також тісному взаємозв'язку їх структурних параметрів із параметрами транспортної інфраструктури, що вказує на необхідність розглядати їх як єдине ціле

Щільність ліній громадського транспорту, відстань між зупинками, пішохідна відстань до зупинок, ширина вулиць і доріг мають бути збалансованими між собою, для чого необхідно провести додаткові теоретичні дослідження, прийнявши за вихідні дані площі забудови, або кількість населення зони впливу зупиночних пунктів. Перераховані параметри в межах $\text{min} - \text{max}$ мають бути розбиті на ряд проміжних значень з метою більш якісного їх збалансування і використання модульного проектування.

Список використаних джерел

1. Біліченко В. В. Проблеми та перспективи розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниця. URL: <https://atm.vntu.edu.ua/articles/2014/65.pdf> (дата звернення :18.07.2023).
2. Горбачов П., Свічинський С. В. Аналіз відстаней між зупинками міського пасажирського транспорту як фактора впливу на розселення населення. *Автомобільний транспорт*. Вип. 26. 2010. С. 101–104. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/284/1/20.pdf> (дата звернення: 17.07.2023).
3. ГБН В.2.3-37641918-550:2018. Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування. URL: https://mtu.gov.ua/files/Dok_NORMATUVKA/%D0%93%D0%91%D0%9D_550.pdf (дата звернення: 18.07.2023).
4. ДБН 2.2-12:219. Будівельні норми України. Планування та забудова територій. Київ : Мінрегіон України, 2019.
5. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. Київ : Мінбудархітектури України, 1993.
6. ДБН В.2.3-4:2015. Державні будівельні норми України. Автомобільні дороги. Споруди транспорту. Ч. I. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-197> (дата звернення: 19.07.2023).
7. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів [Вид. офіц.]. Інформаційний бюлетень Мінрегіону України № 5'2018.
8. Єрмак О. М. Визначення впливу величини пасажиропотоку на оптимальну довжину перегону міського пасажирського транспорту. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/viznachennya-vplivu-velichini-pasazhiropotoku-na-optimalnu-dovzhinu-peregonu-miskogo-pasazhirskogo-transportu> (дата звернення: 19.07.2023).
9. Єрмак О. М. Алгоритм визначення місця розташування зупиночного пункту міського пасажирського транспорту. 2009. doi: 10.15587/1729-4061.2009.3173; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-viznachennya-mistsya-roztashuvannya-zupinochnogo-punktu-miskogo-pasazhirskogo-transportu/viewer> (дата звернення: 19.07.2023).
10. Єрмак М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту: автореф. дис. канд. техн. наук. Харків : Харк. нац. акад. міськ. госп-ва, 2010. 22 с. URL : http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.ex.
11. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособ. для вузов. 1980. 535 с.
12. Колій О. С. Рациональне розташування зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів відносно регульованих перехресть : дис. ... канд. техн. наук. Харків : Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2017. [Електронний ресурс]. URL : <http://old-www.khadi.kharkov.ua/uploads/>.
13. Кузькін О. Ф. Аналіз розвитку та рівня якості послуг громадського транспорту Запоріжжя. *Транспорт*. Т. 29 (68), № 2. 2018. С. 307–313. URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/2_2018/54.pdf (дата звернення: 18.07.2023).
14. Правила розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. Наказ № 21 від 15.05.95. Київ.
15. Семесенко В. М., Гіценко М. П., Горбачов П. Ф., Свічинський С. В. Аналіз маршрутної мережі міста Суми. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-sumy-route-network> (дата звернення: 18.07.2023).

16. Україна. Одеська обласна рада. Додаток до рішення обласної ради від 6 червня 2008 року № 527-V. Концепція розвитку пасажирських автоперевезень в Одеській області на період до 2015 року. URL: [https://oblrada.od.gov.ua/wp-content/uploads/527-V.pdf\(lfnf](https://oblrada.od.gov.ua/wp-content/uploads/527-V.pdf(lfnf) (дата звернення: 18.07.2023).

17. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. № 2 (10). 2019. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>; URL: <https://www.academia.edu/41285478/> (дата звернення: 21.07.2023).

18. Шутенко Л. М., Єрмак Є. М. До моделювання оптимальної довжини перегону на маршрутах міського пасажирського транспорту з урахуванням фактору людини. *Наука і прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2008. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-modelirovaniyu-optimalnoy-dlinny-peregona-na-marshrutah-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-s-uchetom-chelovecheskogo-faktora> (дата звернення: 19.07.2023).

19. Aud Tennøy, Marianne Knapskog, Fitwi Wolday. Walking distances to public transport in smaller and larger Norwegian cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 103. February 2022. Pp. 103169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103169>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920922000013?via%3Dihub> (дата звернення: 22.07.2023).

20. García-Palomares J. C., Sousa Ribeiro J., Gutiérrez J., Sá Marques T. Analysing proximity to public transport : the role of Street network design. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2018. Vol. 76. Pp. 102–130. URL: [doi: 10.21138/bage.251](https://doi.org/10.21138/bage.251).

21. Manyu Jiang. Long walking distance prevents people from using transit. Here's how to change. 2022. Via Resources Editor. URL: <https://ridewithvia.com/resources/articles/long-walking-distance-prevents-people-from-using-transit-heres-how-to-change-that/#:~:text=%D0%BE%D0%B1%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%3A%20%D1%87%D0%B5%D0%BC,%D0%B2%D1%81%D0%B5%D0%B9%20%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B5%D0%B9%20%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8> (дата звернення: 26.07.2023).

22. Rhonda Daniels, Corinne Mulley. The University of Sydney. Explaining walking distance to public transport : the dominance of public transport supply. January 2011. *Journal of Transport and Land Use*. Vol. 6 (2). URL: [doi: 10.5198/jtlu.v6i2.308](https://doi.org/10.5198/jtlu.v6i2.308); URL: https://www.researchgate.net/publication/254609622_Explaining_walking_distance_to_public_transport_The_dominance_of_public_transport_supply.

23. Sarker R. I., Mailer M., Sikder S. K. Walking to a public transport station : Empirical evidence on willingness and acceptance in Munich, Germany. *Home/ Journals/ Smart and Sustainable Built Environment*. 2018. Vol. 9, iss. 1. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-07-2017-0031/full/html> (дата звернення: 27.07.2023).

24. Zhengdong Huang, Xuejun Liu. A Hierarchical Approach to Optimizing Bus Stop Distribution in Large and Fast Developing Cities. *International Journal of Geo-Information*. Vol. 3 (2). Pp. 554–564. June 2014. DOI: [10.3390/ijgi3020554](https://doi.org/10.3390/ijgi3020554); URL: https://www.researchgate.net/publication/272645539_A_Hierarchical_Approach_to_Optimizing_Bus_Stop_Distribution_in_Large_and_Fast_Developing_Cities (дата звернення: 23.07.2023).

УДК 681.5:711.4:167

**ДОПРАЦЮВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ МІСТ
НА ПРЕДМЕТ ВІДПОВІДНОСТІ ВИМОГАМ SMART CITY**

Саньков П. М.¹, к. т. н., проф., **Дікарев К. Б.²**, к. т. н., доц., **Долотій М. А.³** ст. викл.,
Ткач Н.О.⁴, к. т. н., доц.,

Дікарева Л. К.⁵, учениця КЗО «Науковий медичний ліцей «Дніпро»

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 *petsrankov5581@gmail.com*](mailto:petsrankov5581@gmail.com); [2 *Kdikarev@ukr.net*](mailto:Kdikarev@ukr.net); [3 *dolotij.marina@pdaba.edu.ua*](mailto:dolotij.marina@pdaba.edu.ua);

[4 *tkachnati3@gmail.com*](mailto:tkachnati3@gmail.com); [5 *ldikareva09@gmail.com*](mailto:ldikareva09@gmail.com)

Постановка проблеми. Фахівцями ПДАБА розроблена інноваційна методика на предмет відповідності міст вимогам SMART CITY. Ця методика обговорювалась в рамках кількох міжнародних конференцій, а її складові і результати оцінки кількох міст різних держав світу опубліковані в наукових виданнях, які індексовані в науково метричних базах від Google Scholar до Scopus [1–4]. В монографії [5] зібрані основні результати по розробленим в ПДАБА методикам оцінки стану елементів довкілля, досліджено та проаналізовано на прикладах закономірності впливу архітектурних, містобудівних, екологічних і організаційно-технологічних факторів, що відображають специфічні особливості всіх напрямків підвищення якості і безпеки життєдіяльності людини в сучасному місті і здійснюють суттєвий вплив на тривалість, вартість і якість перед проєктних досліджень. В згаданій монографії 5 розділ присвячений темі: Методика оцінки містобудівних факторів сучасних міст в умовах реконструкції і .нового будівництва на предмет відповідності вимогам SMART CITY. Стосовно цієї методики слід зауважити, що оцінка проводиться по чотирьох групам факторів (показників), кількість яких дорівнює 31. Враховуючі великий об’єм досліджень, які потрібно провести для визначення такої кількості показників, у нас виникла ідея доопрацювання згаданої методики оцінки, шляхом зменшення цієї кількості до мінімально можливого переліку.

Мета роботи полягає в удосконаленні методики оцінки міст на предмет відповідності вимогам Smart City.

Основна частина. Система якості та безпеки життєдіяльності населення (ЯБЖДН) складалася з семи областей благополуччя , а в роботі [4] нами визначено восьму область – 80-00 «Територія господарської активності людини» (рис. 1). Для досягнення поставленої мети ми використали класифікацію екологічних чинників, яку запропоновано в матеріалі презентації до уроку [6].

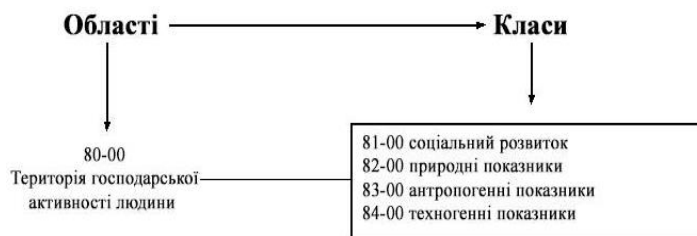


Рис. 1. Область благополуччя 80-00 «Територія господарської активності людини» і чотири класи цієї області з загальної системи ЯБЖДН

На рисунку 2 ми надаємо слайд з згаданої презентації уроку. Це один з основних варіантів класифікації екологічних чинників за різними критеріями. Далі з чотирьох груп показників (загальна кількість 31) ми відібрали тільки ті, які підпадають під наведену на рисунку 2 класифікацію. Таких показників виявилось 5. Додатково

з'ясовано, що крім екологічної спрямованості відібрані показники одночасно є і містобудівними.

Таким чином, ми запропонували новий клас (85-00) в області благополуччя 80-00, якому надали назву «Зведені екологічні показники» (рис. 3). Відомим шляхом «експертне оцінювання» ми визначили вагу кожного з 5-ти відібраних показника в новому класі (85-00), яку представлено в таблиці (рис. 3).



Рис. 2. Класифікація екологічних чинників за різними критеріями

№	Номерний показник класу/фактора	Техногенні показники	Вага фактора в групі, ω_i
	85-00		
1	85-01	«Природний рух населення»	0,5
2	85-02	«Несприятливі природно-антропогенні процеси»	2,5
3	85-03	«Стійкість природного середовища»	3,5
4	85-04	«Урбанізованість території»	1,0
5	85-05	«Техногенно-екологічна небезпека»	2,5

Рис. 3. Зведені екологічні показники (85-00)

Висновки. 1. Сформовано новий клас області благополуччя 80-00 «Територія господарської активності людини» – «Зведені екологічні показники» (85-00). Шляхом експертних оцінок визначено вагу кожного з відібраних показників.

2. За допомогою сформованого нового класу з п'яти екологічних показників, проведено оцінку (отримана нова експрес методика, яка і є доопрацюванням методики оцінки по 31 показнику) досліджених нами раніше 13 міст на предмет відповідності вимогам Smart City. Критерієм відповідності прийнято зведений інтегральний показник якості (Кз), яуйй може змінюватись від 0 до 4.

3. Розраховано середнє арифметичне відхилення Кз, отриманого за допомогою методики, яка враховує 31 показник і нової експрес методики (-1,9 %).

Список використаних джерел

1. Саньков П. М., Запорожець В. І., Турчанинова Ю. О. Перспективи впровадження технологій Smart City в світовій практиці. *Actual Problems of Science and Practice : The 14 th International scientific and practical conference (27-28 April, 2020)*. Stockholm, Sweden, 2020. 673 p. Pp. 569-573.

2. Саньков П. М., Запорожець В. І., Бенхамму М. М. Розробка методики оцінки містобудівних властивостей міст за різними факторами з метою виявлення їх відповідності вимогам SMART CITY (SS). *Actual Problems of Science and Practice : The 14 th International scientific and practical conference (27-28 April, 2020)*. Stockholm, Sweden, 2020. 673 p. Pp. 574-578.

3. Sankov P., Dikarev K., Kushnir Y., Tkach N. Modern Smart City Concept Considering Population Safety Issues. *Lecture Notes in Civil Engineering*. Vol. 73. 2020. Pp. 225-234. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_24

4. 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. URL: https://doi:10.1007/978-3-031-17385-1_41.

5. Саньков П. М., Гільов В. В., Ткач Н. О. та ін. Методики оцінки якості життєдіяльності людини сучасного міста. Дніпро : ПДАБА, 2023. 245 с. ISBN 978-966-323-241-6.

6. Презентація до уроку «Екологічні фактори»: веб-сайт. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-do-uroku-ekologichni-faktori-178148.html/> (дата звернення: 27.11.2023).

7. Саньков П. М., Дікарев К. Б., Ткач Н. О., Палагіна Л. П., Дікарева Л. К. Розгляд впливу екологічних складових інноваційної методики, розробленої у ПДАБА, на предмет відповідності міст вимогам SMART SITI. *Integration of Science as a Mechanism of Effective Development : The 11th International scientific and practical conf.* (November 28 – December 01, 2023). Helsinki, Finland, International Science Group, 2023. 475 p. Pp. 454–459.

УДК 69.069.7:658.2

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Сєдін В. Л.¹, д. т. н., проф., Ковальов В. В.², д. т. н., доц., Ковальов М. В.³, асп.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ geotecprof@gmail.com; ² kovvyach12@gmail.com; ³ covamax1979@gmail.com

Проблемі розроблення та обґрунтування проєктних і організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель присвячено наукові праці А. І. Білоконя, Д. Ф. Гончаренка, О. Ф. Осипова та інших учених.

Завданням прогнозування та оптимізації параметрів технологічних процесів і систем організації будівництва, підвищення організаційно-технологічної надійності будівництва присвячено роботи В. О. Галушко, П. Є. Григоровського, А. Д. Єсипенко, О. І. Менейлюка, А. В. Радкевича, Г. М. Тонкачєєва, І. В. Шумакова та інших дослідників.

Розробленню та оптимізації форм управління будівельним виробництвом, обґрунтуванню і вибору раціональних організаційних структур і методів управління в будівництві, розвитку інформаційних технологій організації та управління будівництвом, удосконаленню методів створення та експлуатації нерухомості присвячено дослідження Є. Ю. Антипенка, І. А. Арутюнян, В. І. Доненка, Є. І. Зайця, В. О. Поколенка, О. А. Тугая, Д. О. Чернишева та інших.

Результати виконаного аналізу наукових праць провідних учених і фахівців у галузі проєктування, реконструкції та експлуатації промислових будівель дозволили зробити висновок про відсутність єдиного підходу як до розроблення та обґрунтування організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення, так і до врахування факторів впливу та вибору критерію ефективності управління, а також відсутність вичерпного наукового обґрунтування прогнозованих показників ефективності організаційно-технологічних рішень, які забезпечують підвищення якості реконструкції будівель і споруд при ефективному використанні ресурсів та зниженні несприятливих впливів на довкілля.

Особливу увагу при оцінюванні умов реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення і обґрунтуванні ефективності варіантів організаційно-технологічних рішень із виробництва будівельних робіт при заданих ресурсних обмеженнях доцільно приділити забезпеченню умов стійкості схилів та стійкості будівель, розташованих на схилах.

Список використаних джерел

1. Ковальов В. В., Кравчуновська Т. С., Данилова Т. В., Єпіфанцева С. В. Формування вимог до об'єктів будівництва протягом їх повного життєвого циклу. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ : КНУБА, 2019. Вип. 39, ч. 1. С. 179–186.

2. Ковальов В. В. Розроблення програмного комплексу розрахунку стійкості розташованих поруч зі схилами промислових будівель для їх реконструкції. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 1. С. 49–58. URL: [doi: https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260220.49.610](https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.260220.49.610).

3. Тугай О. А., Осипова А. О. Передумови вдосконалення організаційно-технологічних рішень ревіталізації технологічних процесів будівельного виробництва. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 30. С. 200–204.

4. Чернишев Д. О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва. Київ : КНУБА, 2017. 294 с.

УДК 72.02

ПРИНЦИПИ ЗЕЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПДАБА

Славінська Г. М., ст. викл.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

slavinska.hanna@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Концепція сталого розвитку почала розвиватися ще у 70-х роках минулого сторіччя. У цей час вийшла низка наукових статей що піднімали питання обмеженості природних ресурсів Землі та забруднення навколишнього середовища. Вперше поняття «стійкий розвиток» було ужито у 1987 році у доповіді Світової комісії ООН з навколишнього середовища та розвитку. Сьогодні концепція сталого розвитку – це модель розвитку цивілізації, що базується на балансі екологічного, соціального та економічного аспектів. Найбільш поширена розшифровка цього поняття – розвиток, що не суперечить подальшому існуванню людства та інтересам майбутніх поколінь.

Зелена архітектура – це підхід до будівництва, який зводить до мінімуму шкідливий вплив будівельних проектів на здоров'я людини та довкілля. Відомі послідовники «зеленої архітектури» – Річард Роджерс, Норман Фостер, Ян Каплікі, Томас Херцог, та Кен Янг. Ще два десятиліття тому ці автори наголошували в своїх роботах на актуальність питань впливу архітектури на довкілля. Сьогодні ці проблеми стали ще більш актуальними. Архітектори акцентують увагу, що будівлі проектується відповідно до вимог будівельних норм, – у той час коли при проектуванні екологічних будівель існує нагальна необхідність вийти за рамки норм, аби покращити загальні характеристики будівлі та мінімізувати вплив на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу.

Новий європейський Баугауз (NEB) – це міждисциплінарна ініціатива, започаткована у 2020 році Урсулою фон дер Ляєн. Він виражає прагнення ЄС створювати красиві, стійкі та інклюзивні місця, продукти та способи життя. Це викликало низку проектів та ініціатив, які тестують і демонструють ідеї та дії NEB. У 2024 році на додаток до держав-членів ЄС вперше на конкурс прийматимуть заявки на проекти та концепції в Україні. Номінантам буде присуджено премію «Спеціальне визнання зусиль з відновлення та відновлення України» [1].

На основі вище наведених тенденцій сучасного світогляду зрозуміло необхідність застосовувати зелені технології у всіх сферах будівельної галузі України, а для цього потрібно підготувати кваліфікованих фахівців.

Мета роботи полягає в удосконаленні навчального процесу ПДАБА шляхом впровадження програмних комплексів з врахуванням вимог зеленої архітектури для актуалізації навичок та умінь студентів та отримання сучасного досвіду в будівельній галузі.

Основна частина. Урядами демократичних країн використовується «Зелена книга» – документ для декларування та обговорення головних напрямів та змісту державної політики у тій чи іншій сфері, узгодження їх з громадськістю та бізнесом. Одним із засобів вирішення низки екологічних проблем може стати «зелена архітектура», яка набуває поширення в усьому світі. У ній втілюється новий спосіб життя і мислення, а впровадження її принципів знижує енергоспоживання в експлуатації будівлі мінімум на 25 % (можливо, до 50–80 %), споживання води – на 30 %. У Німеччині вже будують будинки з нульовими енерговитратами, викидами CO₂, відходами – це так звані будинки трьох нулів (3 «0» homes) [2]. У Зеленій книзі «Взаємодія учасників ринку будівництва в розрізі життєвого циклу будівель та

споруд», створеної в 2022 за ініціативи Комітету Верховної Ради України з питань організації державної влади, місцевого самоврядування, регіонального розвитку та містобудування, проаналізовано пріоритетні напрямки розвитку галузі будівництва [3]. Оскільки під час будівництва використовується багато невідновлюваних ресурсів, план зосереджений на сприянні використанню енергоефективних методів будівництва, таких як кліматичні будівлі, посилення цифровізації та дотримання правил щодо енергетичної ефективності будівель. Серед інших аспектів зазначено важливість запровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM-технології), перш за все завдяки значним перевагам: заощадження, краща співпраця між залученими сторонами й, загалом, покращення ефективності проєкту.

Технології BIM передбачають побудову тривимірної віртуальної моделі будівлі в цифровому вигляді, що має повну інформацію про майбутній об’єкт. Застосування BIM-технології в проєктуванні будинків передбачає збір та комплексну обробку технологічної, архітектурно-конструкторської, економічної інформації про будівлю, завдяки чому будівельний об’єкт і все, що є його складовими, розглядаються як єдине ціле. Такий масив даних допомагає аналізувати ефективність існування майбутнього об’єкту з урахуванням всього життєвого циклу будівлі [4].

Починаючи з 2018 року викладачі кафедри основ архітектури запрошують на зустрічі із студентами провідних спеціалістів з різних напрямків. Одним з таких корисних досвідів стала бесіда із засновником Active House Academy Олександром Кучерявим (рис. 1), в якій він поділився власним досвідом та наголосив на важливості дотримання вимог зеленої архітектури вже на початку опанування студентами основ проєктної діяльності.



Рис. 1. Онлайн зустріч студентів з засновником Active House Academy

Багато студентів вже на початку навчання розуміють важливість володіння саме інструментами BIM-проєктування, тому активно залучають знання, отримані зокрема на кафедрі нарисної геометрії, в курсовому проєктуванні (рис. 2).



Рис. 2. Моделі будинків, створені студентами

Висновок. Відповідність рівня підготовки випускників ПДАБА сучасним вимогам залежить від щорічного вдосконалення навчального процесу академії шляхом впровадження програмних комплексів з використанням новітніх технологій, організації зустрічей студентів з фахівцями-практиками для формування сучасних умінь і навичок майбутніх висококласних професіоналів.

Список використаних джерел

8. New European Bauhaus Awards 2024. URL: <https://prizes.new-european-bauhaus.europa.eu/about?etrans=uk#section-127>.

9. Катола Х. О. Сучасні тенденції проектування «Зеленої архітектури». Актуальні питання сучасної науки: матер. конф. (м. Київ, 24–25 жовтня 2014 р.). Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2014.

10. Зелена книга «Взаємодія учасників ринку будівництва в розрізі життєвого циклу будівель та споруд». URL: <https://regulation.gov.ua/book/182-zelena-kniga-vzaemodia-ucasnikiv-rinku-budivnictva-v-rozrizi-zittevogo-ciklu-budivel-ta-sporud>.

11. Проект закону України про запровадження будівельного інформаційного моделювання BIM-технологій на всіх етапах життєвого циклу об'єктів та науково-технічного супроводу URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/reg-politics/proekti-regulyatornih-aktiv-dlya-obgovorennya-ta-analizi-regulyatornogo-vplivu/proyekt-zakonu-ukrayiny-pro-zaprovadzhennya-budivelnogo-informacijnogo-modelyuvannya-bim-tehnologiyi-na-vsih-etapah-zhyttyevogo-czyklu-obyektiv-ta-naukovo-tehnichnogo-sprovodu-ob/>.

УДК 339.1

ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ТРАНСПОРТНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ В УМОВАХ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ

Смерічевський С.Ф.¹, проф., Побережна З.М.², проф., Кривов'язюк І.В.³, проф.,
Мальнов Д.В.⁴, аспірант PhD, Смілянець В.В.⁵, аспірант PhD

^{1, 2, 4, 5} Національний авіаційний університет,

² Луцький національний технічний університет

¹ serhii.smerichevskiy@npp.nau.edu.ua; ² zarina.poberezhna@npp.nau.edu.ua;

³ krivovyazukigor@gmail.com; ⁴ 8258810@stud.nau.edu.ua; ⁵ 7772637@stud.nau.edu.ua

Постановка проблеми. У зв'язку з дедалі більшою значимістю управління, яке орієнтовано на потреби клієнта, транспортні підприємства все частіше стали виділяти орієнтацію на клієнта як критичний чинник успіху своєї діяльності. Транспортні підприємства прагнуть запропонувати свої послуги, які точно відповідають вподобанням і потребам замовника, пропонуючи клієнтам велику індивідуалізацію та гнучкість. Так, формування принципів, які можуть підтримувати клієнтоорієнтованість послуг та їх вплив на існуючі операції та процеси має велике значення. Орієнтація на клієнта є ступенем фокусу постачальника транспортних послуг на потреби замовника, визнання їхніх інтересів, передбачення очікувань від контрагента, що дозволяє якісно виділитись на ринку серед конкурентів. Сучасна ситуація у світовій економіці ще більше актуалізує проблеми забезпечення стійкого розвитку, дотримання цієї концепції та формування принципів клієнтоорієнтованого підходу є основою його забезпечення. У сучасній економіці клієнти не розмежовують послугу (транспортування) та обслуговування, сприймаючи обслуговування як невід'ємну частину загальних послуг. Таким чином, завдання щодо задоволення клієнтів має першорядне значення для транспортних підприємств та є засобом досягнення його бізнес-цілей. Саме тому актуальності набуває питання формування принципів клієнтоорієнтованого підходу транспортними підприємствами в умовах стійкого розвитку.

Мета роботи полягає у формуванні принципів клієнтоорієнтованого підходу транспортними підприємствами в умовах стійкого розвитку.

Основна частина. У сучасному висококонкурентному середовищі здатність транспортних підприємств до тривалого функціонування залежить від того, наскільки продуманими є їх бізнес-моделі з погляду створення споживачів. Проте висока мінливість клієнтських потреб вимагає від підприємств постійного вдосконалення моделі ведення бізнесу для утримання лояльності споживачів [1].

Таким чином можна виділити ряд факторів, які є ключовими у розвитку транспортних підприємств та є основою для розвитку сучасного обслуговування клієнтів (рис.).

Факторами щодо розвитку транспортних підприємств в умовах стійкого розвитку є:

- укрупнення бізнесу, створення холдингів, вертикальна та горизонтальна інтеграція підприємств;
- домінування ролі інформаційних технологій;
- формування принципів клієнтоорієнтованих підходів та їх впровадження на ринку;
- висока якість послуг та обслуговування клієнтів;
- фокус на продуктивність, оптимізацію використання ресурсів;
- приділення особливої уваги до управління відходами та їх впливом на екологічне середовище.

Боротьба за лідерство у галузі веде до формування наступних принципів клієнтоорієнтованого підходу транспортними підприємствами:

- забезпечення вимог клієнтів до обслуговування (час доставки, зручність розміщення/управління замовленням);
- оптимізації організаційно-функціональної структури підприємства;
- відповідність високим очікуванням ринку;
- ефективна координації діяльності окремих підрозділів підприємства, що реалізують наскрізні бізнес-процеси;
- прогнозування та адаптація бізнес-моделей транспортних підприємств;
- інформаційна мобільність клієнтів [2].

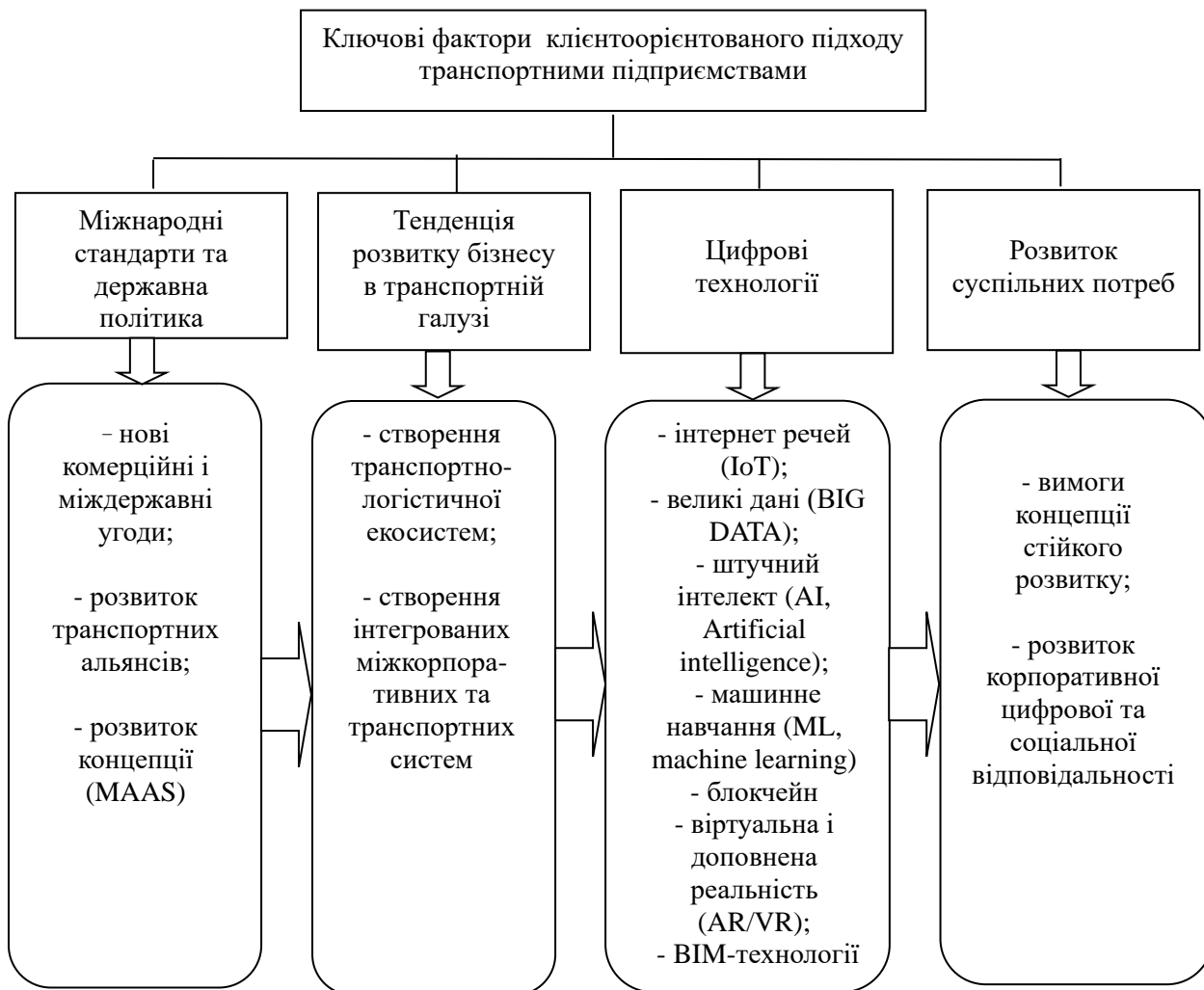


Рис. Ключові фактори клієнтоорієнтованого підходу транспортними підприємствами

Всі ці принципи неможливі без впровадження та постійного розвитку цифрових технологій. Концепція впровадження цифрових технологій у клієнтоорієнтований підхід визначається вже не як тенденція, а як даність поточного та майбутнього функціонування.

Основними засадами впровадження цифрових технологій транспортними підприємствами при формуванні клієнтоорієнтованого підходу є:

- розвиток сучасних технологій (інтернету речей (IoT), хмарних сервісів, віртуального моделювання, штучний інтелект (AI, artificial intelligence), машинне

навчання (ML, machine learning), блокчейн, віртуальна та доповнена реальність (AR/VR), BIM-технології та технологій захисту даних та ін;

- розвиток транспортних альянсів використання цифрових технологій (трансфер технологій);

- розвиток концепції системи управління якістю послуг (Total Quality Management (TQM));

- вимоги концепції стійкого розвитку;

- розширення клієнтської аудиторії;

- розвиток систем управління з клієнтами, індивідуальний підхід, система лояльності клієнтів.

Таким чином, можна відзначити переваги від впровадження цифрових технологій та взаємодії з клієнтами з метою розвитку клієнтоорієнтованого підходу транспортними підприємствами, а також з метою забезпечення стійкого розвитку: створення переваг для утримання клієнтів; ізоляція від впливу конкурентів; зниження витрат на розміщення/обробку замовлення, персонал; зростання рекомендацій та зниження витрат на залучення нових клієнтів; розвиток лояльності клієнтів [3].

Також важливо відзначити деструктивні фактори, що перешкоджають формуванню клієнтоорієнтованого підходу: висока вартість послуг у порівнянні з конкурентами в такому ж ринковому сегменті; тривалий термін перевезення та недотримання термінів надання послуг; складнощі з документообігом (у тому числі тривалий термін оформлення та погодження документів); простоті та затримки в доставці; складнощі у плануванні перевезень, з підготовкою до перевезення та ін.

Висновки. Аналіз діяльності транспортних підприємств дає можливість виявити ознаки конкурентного функціонування на ринку та в окремих функціональних галузях між конкуруючими підприємствами. Формування принципів клієнтоорієнтованого підходу та позиціонування на ринку є ефективним інструментом управління та інтеграції транспортних підприємств, що дозволяє їм забезпечувати стійкий розвиток, сприяє підвищенню ефективності діяльності та формування конкурентних переваг. У сучасних умовах кожне транспортне підприємство має рухатися до стійкого розвитку з метою досягнення конкурентоспроможності. Для досягнення стійкого розвитку дуже важливо одночасно оптимізувати всі сильні та слабкі сторони підприємства, вимірюючи як матеріальну, так і фінансову сторони. Для цього першочерговим є формування концепції стійкого розвитку та основних принципів, що ґрунтуються на клієнтоорієнтованому підході та з орієнтацією на принципи Індустрії 4.0.

Список використаних джерел

1. Побережна З. М. Методичні засади формування клієнтоорієнтованої бізнес-моделі авіакомпанії. *Економіка та держава*. 2019. № 9. С. 64–68.
2. Reshetko N., Safronova A., Vakulenko S., Kurenkov P., Sokolova A. Quality Assessment of Management Decisions in the System of Marketing and Public Relations of a Transport Enterprise. *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 54. Pp. 380–387.
3. Продан І. О., Різник Ю. І. Клієнтоорієнтований підхід як передумова конкурентоспроможності підприємства. *Бізнес Інформ*. 2017. № 1. С. 308–313.

УДК 696:681.007.5

НАДІЙНІСТЬ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПОБУТОВИХ СИСТЕМАХ БЕЗПЕКИ

Сухий К. М.¹, д. т. н., проф., Суха І. В., к. т. н., доц., Чуприна Н. М., д. е. н., проф.,
Володимиров В. В.², аспір.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

¹ksukhyy@gmail.com; ²vasyas@ua.fm

Постановка проблеми. Інтернет технології почали значно впливати на індустрію безпеки. Застаріле обладнання, таке як зчитувачі – кодові клавіатури та дотові панелі, швидко замінюється сучасними рішеннями, які можуть бути розміщені у будь-якому місці будівлі. Наприклад, новітні універсальні панелі можуть бути інтегровані з цифровими помічниками, такими як Amazon Alexa, та оснащені вбудованими камерами відеоспостереження для розпізнавання облич, а також покращеними динаміками, які можуть відтворювати музику або використовуватися як сирена для сигналізації.

Згідно з останнім дослідженням компанії Omdia, у 2020 році у всьому світі було впроваджено понад 44,5 мільйонів професійно контрольованих систем безпеки, а до кінця 2024 року їх кількість збільшиться до 54 мільйонів. Далі буде описано чотири основні тенденції у сфері систем безпеки для житлових приміщень, які будуть мати тенденцію до розвитку протягом наступних років.

Мета роботи полягає в систематизації існуючих систем охорони приміщень та визначенні шляхів їх подальшого розвитку з метою полегшення їх інтеграції до новобудівель та заміни морально застарілих систем охорони на більш сучасні.

Основна частина. Сучасні охоронні системи повинні відповідати певним вимогам, які ґрунтуються на зміні технологій охорони і спостереження та тенденцій дизайну тощо. Нижче буде представлено чотири основні тенденції у сфері систем безпеки для житлових приміщень, на які варто звернути увагу у наступному році.

1. Обладнання, яке ідеально вписується в інтер'єр будинку. Хоча захисні панелі з дисплеєм не є новими, нові технології, інтегровані в ці панелі, дозволяють розмістити обладнання в будь-якому місці будинку. Деякі бренди навіть наполягають взяти під контроль домашній Wi-Fi для додаткової безпеки. Ці тенденції стимулюють інновації для традиційних брендів безпеки та повністю демонструються такими брендами розумного будинку [1], як IKEA та Sonos, які об'єдналися для розробки ламп та настінного мистецтва із вбудованою технологією динаміків. Так само новий Echo Show 15 прагне вписатися в інтер'єр будинку, коли він не використовується, виступаючи як рамка для зображення, подібно до телевізора Samsung Frame.

2. Штучний інтелект зменшення хибних спрацьовувань. У 2022 році такі бренди як Alarm.com анонсували технологію Ambient Insights, яка включає штучний інтелект для постачання більшої кількості інформації на центральні станції моніторингу. Ця додаткова інформація може допомогти станціям моніторингу визначити пріоритети сигналізації та надіслати відповідні служби екстреної допомоги. В подальшому ШІ гратиме вагомий роль у скороченні кількості помилкових спрацьовувань сигналізації та забезпеченні додаткової інформації для екстрених служб.

3. Відеоаналітика матиме вагоме значення. IP камери відеоспостереження — одне з найпопулярніших доповнень для систем безпеки житлових та розумних будинків, і бренди починають користуватися цим. Наприклад, деякі бренди пропонують служби екстреної допомоги безпосередньо в мобільному додатку, дозволяючи користувачеві вибрати пожежну, поліцейську або медичну службу, виходячи з записів відеокамери.

4. Зондування Wi-Fi та радары можуть поглинути ринок аналогових датчиків.

Вже зараз багато виробників пристроїв використовують комбінації радара, Wi-Fi та ультразвуку для датчиків руху та відстеження присутності людей у будинках. Так, компанія Amazon оголосила, що в останніх моделях інтелектуальних динаміків Echo буде застосовуватися ультразвук для визначення присутності людей, також одна з новітніх тенденцій це. використання радарів для повідомлення про затоплення будинку, виявлення руху або присутності людей може спричинити стрімкий зріст виробництва та попиту на датчики відкриття та датчики руху.

Слід зазначити що вітчизняні виробники вже адаптуються до сучасних вимог, наприклад такий виробник систем сигналізації як АЯКС [2] вже пропонує цілу низку бездротових рішень для систем охорони приміщень та протипожежної сигналізації. Не в останню чергу виробник подбав про дизайн та зручність встановлення за допомогою бездротової технології **Jeweller**, який являє собою бездротовий протокол для швидкого та надійного двостороннього зв'язку між хабом та приєднаними пристроями. Протокол підтримує блокове шифрування з плаваючим ключем та розпізнавання пристроїв у кожному сеансі зв'язку для запобігання саботажу та підміні. Для контролю зв'язку з пристроями системи та зазначення їх статусів у застосунках Ajax передбачено систему опитувань «хаб—пристрій». Періодичність опитувань: може бути встановлена від 12 до 300 секунд. Також додатковими елементами захисту можуть виступати не тільки системи сповіщення, а й елементи системи розумний дім. Одним з прикладів якої може бути запірний клапан подачі води. Як тільки система розпізнає витік води то окрім видачі сповіщення додатково, за попередньо запрограмованим сценарієм, може бути здійснено перекриття подачі води на підконтрольному об'єкті.

Висновок. Підвищення та утримання параметрів безпеки є однією з сучасних вимог при будівництві та реновації об'єктів як житлових так і нежитлових приміщень. Вдосконалення та адаптація систем сигналізації та протипожежних систем до сучасних вимог є запорукою безпекової та комфортної їх експлуатації.

Список використаних джерел

1. Войтович О. П., Вишньовський В. В., Савченко К. В. Дослідження безпеки системи розумного будинку [Електронний ресурс]. URL: <https://epsi.vntu.edu.ua/uploads/2017/67-3wbzu2z9oou8vv4oeo00yr4n7ve8fqpq.pdf>
2. Автоматизовані екосистеми AJAX. URL: <https://ajax.systems/ua/>.

УДК 624.00

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО : ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Тиранська В. Р.¹, студ., Волкова В. Є.², проф.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

[1 valery.ty.01@gmail.com](mailto:valery.ty.01@gmail.com); [2 drvev09@gmail.com](mailto:drvev09@gmail.com)

Постановка проблеми. Сучасна архітектура керується принципами сталого розвитку, основною ідеєю яких є баланс між людиною і природою. Серед найскладніших проблем сучасного суспільства є зменшення забруднення навколишнього середовища та енергоспоживання в будівельному секторі.

Сталий розвиток все частіше стає ключовим фактором для будівництва з метою підвищення економічної ефективності, захисту та відновлення екологічних систем і покращення добробуту людей. Основні показники сталого розвитку: морально-етичні; психологічні; описові; організаційні; показники якості життя; соціального забезпечення; показники фізичних ресурсів; економічні та фінансові; показники залежності та екологічної витривалості [1].

Для досягнення сталості необхідно: мінімізувати споживання енергії, мати можливість повторного використання та переробки матеріалів, задовольняти потреби людини за умови мінімального впливу на навколишнє середовище [2].

Згідно з визначенням Агентства з охорони навколишнього середовища (According to Environmental Protection Agency (EPA)), «зелене будівництво» – це практика створення конструкцій і використання екологічно відповідальних процесів, ресурсозберігаючих, протягом усього життєвого циклу будівель: у експлуатації, обслуговуванні, реконструкції та деконструкції [3].

Багато ресурсів споживаються людьми в будівлях і спорудах. Будівельний сектор є однією з найбільш традиційних і економічно орієнтованих галузей, тому доцільно впроваджувати інновації, які є екологічними та економічно стійкими. Зелена архітектура прагне мінімізувати кількість ресурсів, споживаних під час будівництва, використання та експлуатації будівель та споруд, а також зменшити шкоду, завдану навколишньому середовищу через відходи, викиди та забруднення її компонентів. Аналогічно, сталий розвиток зосереджується на послідовному соціально-економічному та екологічному зростанні. Він розглядається як нове розуміння сучасних взаємовідносин між людиною і природою.

Мета роботи полягає у розповсюдженні ідей «зеленого», тобто екологічного будівництва, яке б мінімізувало негативний вплив на природне середовище, водночас підвищуючи рівень комфорту не тільки людей, а й інших живих істот.

Основна частина. Серед тенденцій, які постійно будуть розвиватись в зеленому будівництві, можна виділити: створення та застосування екологічно безпечних будівельних матеріалів, регенеративний дизайн в інтер'єрі та екстер'єрі, цифровізацію та автоматизацію.

Так, при зеленому будівництві, надають перевагу відновлювальним, безпечним будівельним і рослинним матеріалам, такі як бамбук, солома, сертифіковані пиломатеріали з лісів, перероблений камінь, перероблений метал. Також, нетоксичними і багаторазовими, як: трас, лінолеум, овеча шерсть, панелі з паперових пластівців, спресовані земляні блоки, саман, глина, вермикуліт, ляне полотно, керамзит, кокос, деревоволокнисті плити, кальцієвий піщаний камінь.

Агентство з охорони навколишнього середовища пропонує використовувати перероблені промислові товари в будівельних проєктах: продукти спалювання вугілля,

ливарний пісок, будівельне сміття. Використання такого матеріалу, як поліуретан дозволить значно скоротити викиди вуглецю [3].

При проектуванні будівель часто вживають заходи зі зниження енергоспоживання. Високоєфективна ізоляція вікон, стін, стелі та підлоги може підвищити енергоефективність огорожувальних конструкцій. Існує й інша методика щодо зменшення енергоспоживання – пасивне використання сонячної енергії, тобто через спеціальні будівельні технології, що дозволяють акумулювати сонячну енергію.

Крім того, правильне розміщення вікон при проектуванні будівель може збільшити потрапляння природного світла, що дозволить заощадити споживання штучного освітлення. Якщо розглядати в глобальному масштабі, використання сонячної, вітрової або гідроенергії дозволить мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Щодо енергоефективності вентиляції, то переважає природня у зелених будівлях, оскільки не вимагає єдиних механічних систем для циркуляції повітря (рис. 1). У деяких випадках природня вентиляція може не забезпечити належного оновлення потоку повітря, тоді доцільно комбінувати її з механічною.

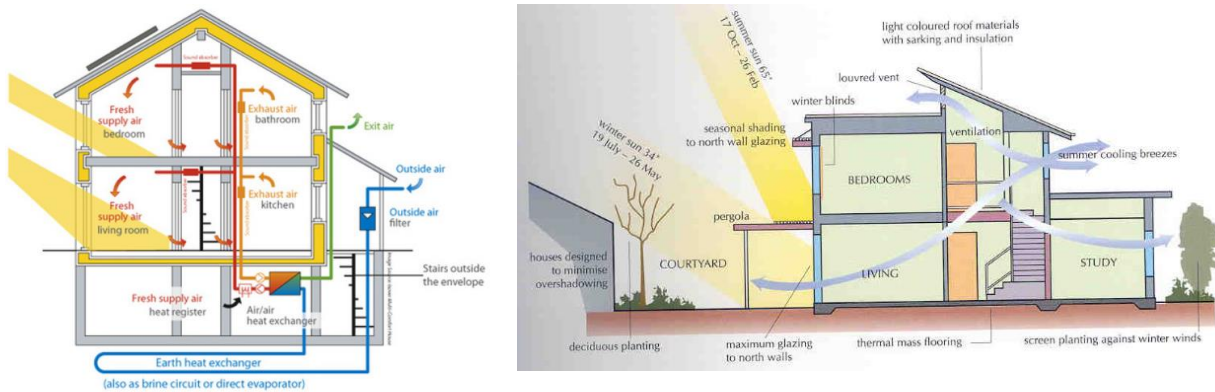


Рис. 1. Приклад циркуляції повітря в будинку

Проектуючи будівлю на перших етапах доречно враховувати можливість природної вентиляції з правильною циркуляцією потоку повітря. Завдяки цьому організації можуть зменшити свою залежність від механічних систем, що призведе до значної економії витрат на технічне обслуговування обладнання, ремонт і рахунки за електроенергію.

Слід зазначити, що різні кліматичні умови висувають певні вимоги до освітлення, сонячної енергії, вентиляції та контролю температури. Інженери повинні враховувати багато факторів, пов'язаних з об'єктом будівництва, такі як макроклімат, топографію, розміри та орієнтацію ділянки, існуючі навколишні забудови, будівельні норми й правила тощо.

Висновок. Таким чином, концепція зеленого будівництва враховує технології, які підвищують рівень життя мешканців у сприятливій для навколишнього середовища атмосфері з мінімальною шкодою для довкілля. Зелені будівлі використовують оптимальну кількість енергії, споживають менше води, зберігають природні ресурси, зменшують відходи, створюють простір для здорового та комфортного життя.

Список використаних джерел

1. Shona L. Russell, Ian Thomson. Analysing the role of sustainable development indicators in accounting for and constructing a Sustainable Scotland. 2009. Martí Puig.

Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development. April 15, 2014.

2. Arijit Sinha, Rakesh Gupta, Andreja Kutnar. Sustainable Development and Green Building. 2013.

3. Environmental Protection Agency (EPA). Green Buildings. May 15, 2023. URL: <https://www.epa.gov/land-revitalization/green-buildings>.

4. Environmental Protection Agency (EPA). Green Building Basic Information. December 10, 2009. URL: <http://environment-ecology.com/environment-and-architecture/80-green-building.html>.

УДК 669.017:519.21

АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Фісуненко Д. П.¹, бак., Шепелевич О. О.², бак., Котов М. А.³, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ fisunenkode@gmail.com; ² stone1raccoon@gmail.com; ³ 38kotokoto38@gmail.com

Постановка проблеми З початку застосування теорії фракталів для моделювання структури та властивостей матеріалів минуло вже понад 40 років. За цей час у багатьох публікаціях підтверджено зв'язок між фрактальною (дробною) розмірністю елементів структури різних матеріалів і їх фізико-механічними властивостями. Але наразі не існує єдиного підходу в питаннях організації фрактального моделювання. Тому в наведеній статті виконано аналіз деяких етапів фрактального моделювання з метою оцінення їх застосування для конкретних випадків прогнозу критеріїв якості металів та бетонів.

Основна частина. Розглянуто один з алгоритмів фрактального моделювання, що застосовується в матеріалознавстві: обчислення фрактальної розмірності D об'єкта дослідження за формулою Ф. Хаусдорфа; визначення самоподібності об'єкта (інваріантність відносно масштабу уявлення); дослідження моделі на відповідність умовам, що відповідають показнику чутливості; вибір функції мети (критерію якості), змінних (фрактальних розмірностей елементів будови) та реперних точок; формалізація отриманих результатів (вибір адекватної моделі, що описує зв'язок між фрактальною структурою матеріалу та його властивостями); оцінювання ступеня неоднорідності фрактального об'єкта за формулою Реньї на належність до мультифракталів; інтерпретація отриманих результатів. Наведено приклади реалізації кожного з пунктів алгоритму фрактального моделювання. З'ясовано доцільність доповнення розглянутого алгоритму за рахунок можливості застосування фрактального формалізму у ранжуванні критеріїв якості на прикладі металу та бетону [2–4]. Застосування подібного системного підходу у фрактальному моделюванні дозволяє поліпшити результати прогнозу досліджуваних властивостей матеріалів на основі аналізу їх структури та макроструктури. У свою чергу, це сприяє встановленню нових закономірностей структура-властивості.

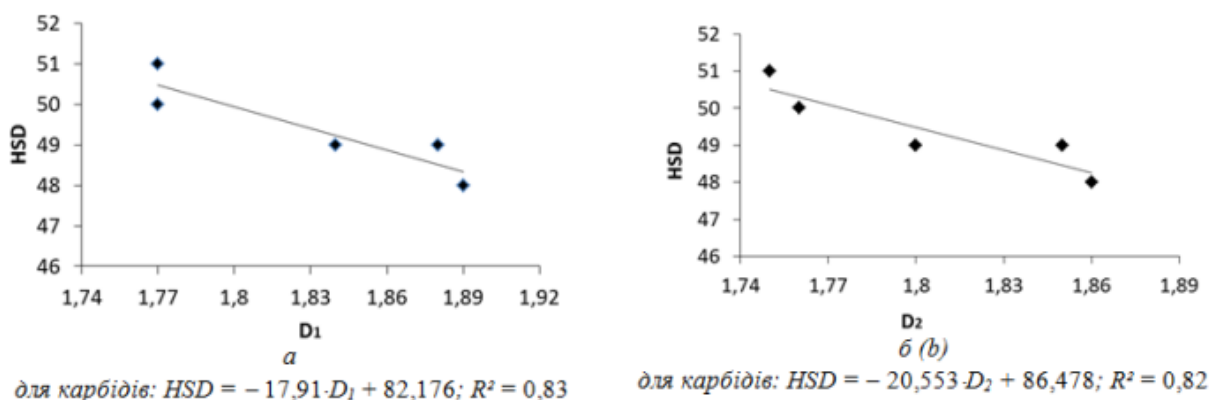


Рис. 1. Зв'язок розмірності карбідів (цементиту ледебуритної матриці) (а, б), і твердості валків СПХН-43 [1]

Висновки. Запропоновано варіанти доповнення алгоритму фрактального моделювання структури та властивостей металів (сталі і чавуну) й бетонів. Застосування цих алгоритмів дозволяє не тільки встановлювати співвідношення, а й

оцінювати чутливість між фрактальною розмірністю структури і властивостями, а також проводити ранжування критеріїв якості матеріалів на основі аналізу робочої області їх значень.

Список використаних джерел

1. Волчук В. М. Модель оцінювання твердості чавунних валків СПХН-43 та СШХНФ-47. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2019. № 4. С. 22–35. URL: <https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.241219.22.597>.
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>.

УДК 728–026.26(477)

ТИПОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МОБІЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Цимбалова Т. А., к. арх., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

zimbalovat@gmail.com

Постановка проблеми. Практика використання конструктивно-функціональних особливостей мобільних житлових технологій пов'язана, насамперед, із міграційними процесами: трудовими, туристично-рекреаційними, освітніми, а також, вимушеними, (що спричинені військово-політичними та природно-техногенними лихами).

У багатьох провідних та економічно розвинених країнах існує значний досвід впровадження пересувних житлових технологій наземного та акваторіального базування при створенні соціально доступного житла (у тому числі, у рамках альтернативного підходу до вирішення проблем перенаселення).

В сучасних умовах в архітектурно-будівельну діяльність у всьому світі впроваджуються нові методи проєктування на основі вимог екологічності та збереження природних ресурсів.

В Українській державі, у зв'язку із існуючою політично-економічною ситуацією, практичне освоєння мобільних житлових технологій становить особливу соціальну значимість, враховуючи рівень забезпечення населення житлом різного типу та якості.

Застосування мобільних житлових технологій може бути, зокрема, тимчасовим рішенням житлової проблеми, завдяки певним перевагам в питаннях екологічності та енергозбереження, у порівнянні із капітальними житловими будівлями.

Використання мобільного житла в Україні нині відрізняється обмеженістю функціонально-типологічного складу. Розвиток виробництва індустриальних пересувних житлових технологій має перспективу їх практичного застосування у широкому експлуатаційному спектрі.

Мета роботи полягає в проведенні типологічного дослідження сучасних мобільних житлових технологій, виявленні оптимальних функціональних типів, з позиції використання поновлювальних джерел енергії і збереження природного довкілля.

Основна частина. Конструктивно-типологічний діапазон сучасного мобільного житла є достатньо розвинутим.

Іноземний досвід використання пересувних житлових технологій свідчить, що найбільшого поширення отримали конструкції житлових модулів повної заводської готовності у вигляді блоків-контейнерів [4].

Насамперед, є характерним використання колишніх транспортно-вантажних контейнерів, перш за все, морських (поява нового архітектурного стилю – Cargotecture) (рис. 1).



Рис. 1. Комплекс студентських гуртожитків із морських контейнерів «Keetwonen» (м. Амстердам, Нідерланди)

Особливим різновидом сучасних житлових будівельно-контейнерних технологій виділяються так звані житла-капсули (споруди з мінімізованими функціонально-планувальними параметрами, які отримали найбільш широке поширення в мегаполісах і промислово-міських агломераціях Східної та Південно-Східної Азії) [7].

До перспективного конструктивного напрямку сучасного мобільного житла відносяться розробки мобільних трансформерів (модульно-збірні об'ємно-планувальні рішення, отримані в результаті трансформації конструктивних заготовок).

Окремий функціонально-типологічним різновид представляють мобільні житлові технології акваторіального базування (на формування якого визначальний вплив мають природно-гідрологічні передумови, а також, пошук альтернативних місць для проживання в умовах наземної перенаселеності). Будинки на понтонній основі знайшли широке розповсюдження у країнах Європи (Нідерланди, Данія та ін.) та південноазійського регіону (Китай, В'єтнам, Камбоджі та ін.) [6] (рис. 2).



Рис. 2. Плавучі будинки на понтонах (м. Амстердам, Нідерланди)

Широку популярність набули житлові конструкції, розміщені на базі автомобільного шасі – автобудинки у вигляді самохідних кемперів та автопричепів (трейлерів або караванів). Країною із найбільш значним досвідом використання серійного автомобільного житла залишаються США (на початку XXI ст., більше 20 млн. жителів США проживали у мобільних житлових комплексах – трейлерних парках, що становить близько 8 % всього населення країни) [5].

Сучасною провідною тенденцією є впровадження в архітектурно-будівельну діяльність концепції інтегрованої еколого та енергоефективної оцінки (на рівні містобудівного

ландшафтно-просторового підходу, будівельних матеріалів, прогнозованої експлуатації будівель тощо) [2].

Аналіз функціональних особливостей мобільних житлових технологій у контексті проблеми енергозбереження свідчить про певні переваги у порівнянні із капітальними житловими будівлями, зокрема використання можливостей автономної експлуатації та швидкої адаптивності до зміни умов експлуатації.

У сучасних умовах, автономність мобільних житлових технологій може бути досягнута завдяки використанню відновлювальних джерел енергії; найбільш технологічно доступним є енергообладнання на основі сонячної радіації і сили вітру [1].

В умовах сучасної України, що приєдналася у 2015 р. до стратегічної планетарної програми «Стійкого розвитку», принципи енергоактивності стали пріоритетними експлуатаційними характеристиками будівництва на законодавчому рівні; на жаль, поки що в нашій країні, ефективність використання енергоресурсів, у тому числі в житловому будівництві, у кілька разів нижча за середні показники, порівняно з іншими регіонами світу зі схожими кліматичними умовами [3].

На території Української держави в існуючих соціально-політичних обставинах значну актуальність набула проблема розселення людей, постраждалих від воєнних дій.

Доцільним вважається використання архітектурно-будівельних рішень, здатних до найшвидшої реакції на дію фактору обмеження часом, а саме – пересувного тимчасового житла.

Насамперед, виділяються два основних конструктивно-планувальних типи:

а) *Експрес-житло* під час необхідних екстрених переселень. Для початкового житлового укриття характерним є використання різних типів модульних тентових конструкцій; також, впроваджується практика застосування різних конструктивних трансформацій, у тому числі, створених за принципом «самоупаковки».

б) *Об'єкти швидкого зведення* (всесезонного типу, на основі використання технологій із високим ступенем заводської готовності). Конструктивно-планувальні рішення передбачають функціональне зонування внутрішнього простору із можливістю розподілу на окремі приміщення. Серед найбільш поширених мобільних технологій швидкого зведення є модульно-контейнерні та збірно-розбірні будинки.

Мобільна житлова індустрія в Україні на даний час знаходиться на рівні становлення. Зважаючи на перспективу політичної стабілізації та відновлення економічного розвитку, мобільні пересувні технології можна використовувати як:

- орендне житло, яке значною мірою сприяє свободі працевлаштування;
- тимчасове на період проведення реконструктивних робіт;
- готельне у вигляді хостелів (у тому числі під час для проведення культурно-спортивних заходів);
- рекреаційне та рекреаційно-туристичне.

Висновок. Конструктивно-функціональні можливості мобільного житла дозволяють використовувати його типологічний асортимент із застосуванням енергоефективних технологій, найбільш доступними з яких є енергосистеми на основі енергії сонця та вітру. Також пересувне житло може відігравати значну роль в екологічній оптимізації умов проживання населення.

Список використаних джерел

1. Марушевський Г. Б. Глобальні екологічні проблеми та їхня актуальність в Україні. *Екологічний вісник*. 2014. № 4. С. 29–31.

2. Суходоля А. Модель аналізу енергоспоживання та визначення рівня енергоефективності національної економіки споживання. *Економіка України*. 2007. № 5. С. 31–37.
3. Указ про стратегію сталого розвитку України. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>.
4. Anforderungen an Ausstattung und Struktur von Mobilheim- und Freizeitparks. Bonn, 2018. URL: <http://www.southernnevadahealthdistrict.org/de/permits-and>.
5. Manufactured Home Construction and Safety Standards Act, U.S. HUD. URL: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2001-title24-vol1/content-detail.html>.
6. Myronenko V. P., Tsymbalova T. A. The typological analysis of the development of mobile housing in post-industrial Europe. *Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie. Seria: Kulturowe i cywilizacyjne postawy polaków*. Lublin : Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 2018. Pp. 112–119.
7. Snoozebox. Portable Hotel. 2017. URL: <https://snoozeboxhotel.co.uk/accommodation-solutions-delivered>.

УДК 624.01: 691.1

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ БІОПОЗИТИВНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬ

Шехоркіна С. Є.¹, д. т. н., проф., Мерилова І. О.², к. арх., доц., Бабенко М. М.³, к. т. н.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua; ² irina.merilova@gmail.com;

³ interscience.psacea@gmail.com

Постановка проблеми. Гібридна війна росії проти України, що тривала з 2014 р., в лютому 2022 р. переросла у відкритий широкомасштабний військовий напад, який продовжується і дотепер. Наслідками цієї агресії є руйнування житла та інфраструктури, поява внутрішньо переміщених осіб, біженців, травмованих та інвалідів як серед військових, так і серед цивільних. Не менш значущими є ті, що стосуються порушень психіки та поведінки – сильні реакції на незначні стимули, психічні порушення різного ступеня, серед яких посттравматичні стресові розлади (ПТСР), як крайня реакція на загрозу життю людини. Зазвичай ПТСР починає проявлятися приблизно через шість місяців після травмуючої події. Вважається, що середні показники поширеності ПТСР серед населення в умовах військового часу становить від 15 до 30%. Отже, Україна невдовзі може зіткнутися з хвилею ПТСР, що спричинить істотний вплив на соціально-економічну сферу та галузь охорони здоров'я. Особливої уваги, безсумнівно, потребує питання реабілітації тисяч військових, які щодня ризикують своїм здоров'ям та життям заради суверенітету нашої держави. Поряд з традиційними медичними підходами, засобами та препаратами, сьогодні критично необхідна розробка інноваційних рішень в суміжних галузях, які за рахунок синергетичного ефекту дозволять ефективно реабілітувати ветеранів та цивільних з ПТСР, які спричинені військовими діями.

Відомо, що ПТСР проявляється постійним відчуттям страху та небезпеки, панічними атаками, нав'язливими думками про травматичні події тощо. Виникнення симптомів може бути викликано будь-чим, що хоча б віддалено нагадує травмуючу подію; «тригер» буде автоматично (на рівні умовного рефлексу) викликати негайну захисну реакцію всього організму. Оскільки травма живе та діє через тіло, а тіло реагує на фізичний простір до того, як людина його когнітивно обробить (осмислить, усвідомить), будівля як штучне середовище є невід'ємною частиною того, як людина переживає травму, і потенційно здатна заспокоїти реакцію організму на сприйняті стресори, модулюючи та нівелюючи навколишні подразники. Внеском у вирішення проблеми реабілітації населення та військовослужбовців, що постраждали від військової агресії та бойових дій, може бути проектування біопозитивних будівель на основі еко-орієнтованих «зелених» та енергоефективних рішень.

Мета роботи – аналіз сучасного стану науково-прикладної проблеми та розробка методологічних підходів до проектування біопозитивних реабілітаційних будівель для ветеранів та цивільних, постраждалих внаслідок російсько-української війни.

Основна частина. Загалом лікарняні установи вважаються одним із найстресовіших середовищ. Сучасні дослідження з формування архітектурно-планувальних рішень медичних установ ставлять в основу потреби та комфорт пацієнтів. Травма-інформований дизайн став новою областю архітектурно-будівельної практики, спрямованої на створення штучного середовища для пом'якшення фізичних, психологічних та емоційних наслідків важких хвороб та пов'язаних з ними патологій [1]. З початком широкомасштабного вторгнення росії в Україну вітчизняними

науковцями досліджуються шляхи покращення медичного обслуговування у населених пунктах нашої держави, які б сприяли розвитку інновацій у медицині та будівельній галузі [2]. Закордонні автори [3] відзначають позитивний ефект від впровадження проектних рішень, що відповідають принципами «зеленого» будівництва, на зниження рівня стресу та тривожності. В онкологічних лікарнях відзначено суттєвий вплив на покращення психологічного стану пацієнтів впровадження біофільної архітектури, як прямого візуального зв'язку з аспектами природи [4]. Наведені дослідження підтверджують перспективність застосування еко-орієнтованих «зелених» рішень у будівлях реабілітаційного призначення для створення здорового та комфортного простору, що сприятиме відновленню фізичного та психологічного здоров'я ветеранів російсько-української війни та цивільних, що постраждали внаслідок військової агресії РФ проти України.

На сьогоднішній день положення архітектурного проектування за критеріями травма-інформованості, біофільного дизайну зосереджені на подоланні наслідків довготривалої ізоляції під час пандемії Covid-19, покращення стану онкохворих тощо. Посттравматичні стресові розлади, пов'язані із подіями воєнного характеру, мають свою специфіку та істотно відрізняються тригерами та реакцією на них травмованої людини. Практичні рекомендації щодо проектування біопозитивних будівель реабілітаційного призначення повинні враховувати особливості антропометрії людей з інвалідністю (ампутації, наявність анатомічних дефектів, вади зору, слуху, необоротні порушення функцій органів і систем організму) та психофізичного сприйняття пацієнта, що пройшов через бойові дії. При розробці архітектурно-планувальних, ландшафтних та конструктивних рішень особливий фокус має бути на місцеву автентичність та культуру, аспекти природного ландшафту, локальної ресурсної бази, що допоможе створити відчуття домівки, безпеки та комфорту, значно сприяючи процесу одужання та повернення пацієнта до нормального життя.

Всі запропоновані рішення біопозитивної будівлі повинні відповідати вимогам Європейського зеленого курсу щодо вирішення кліматичних та екологічних проблем. Що стосується конструктивних рішень несучих та огорожувальних конструкцій, то вони мають відповідати вимогам несучої здатності та експлуатаційної придатності і при цьому створювати мінімальний обсяг шкідливих викидів протягом всього життєвого циклу, максимально ефективно використовувати матеріальні та енергетичні ресурси, бути придатними до переробки у вторинні матеріали або до повторного використання, не мати шкідливого впливу на здоров'я людини.

Існуючі дослідження в галузі екологічно безпечних будівельних матеріалів здебільшого присвячені вивченню теплоізоляційних властивостей, оскільки тепловий режим у приміщенні, як правило, вважається ключовим аспектом проектування будівлі. При проектуванні будівель медичної сфери не менш важливим параметром комфорту є ізоляція від сторонніх шумів. Тому необхідно виконання досліджень звукоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій із екологічних матеріалів.

Для створення здорових умов у приміщеннях потрібно враховувати критерії вибору екоматеріалів для біопозитивних будівель на основі екологічних та санітарно-гігієнічних характеристик (теплотехніка, шкідливі емісії, токсичність, горючість, мікрофлора). Підтримання необхідних показників мікроклімату окремих кімнат та реабілітаційної будівлі в цілому доцільно виконувати шляхом розробки та впровадження інженерно-технічних рішень систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення з використанням відновлюваних джерел енергії та смарт-технологій контролю. Таргетними показниками систем мають бути мінімізація

споживання енергії, автономніть від централізованих мереж та індивідуальний підхід до потреб конкретного пацієнта.

Висновок. Виходячи з проведеного попереднього аналізу існуючих за проблематикою проекту досліджень та розробок, можна зробити висновок, що розробка проектних рішень та рекомендацій з проектування біопозитивних реабілітаційних будівель як «першої лінії» підтримки терапевтичних підходів в системі медико-соціальної реабілітації та лікування ПТСР, фізичного та психологічного відновлення є надзвичайно актуальною і, водночас, комплексною задачею.

Для її вирішення необхідне проведення комплексних теоретико-експериментальних досліджень, що спрямовані на розробку та обґрунтування інноваційних інклюзивних травма-інформованих архітектурно-планувальних та ландшафтних рішень, еко-орієнтованих ресурсоефективних конструктивних рішень. Застосування екологічних та «зелених» будівельних матеріалів, енергозберігаючих смарт-систем, контрольовано-оптимального мікроклімату на основі відновлюваних джерел енергії дозволить вперше в Україні запропонувати науково-практичні засади проектування біопозитивних будівель як штучного середовища «першої лінії» підтримки терапевтичних підходів в системі медико-соціальної реабілітації та лікування ПТСР, фізичного та психологічного відновлення ветеранів та цивільних.

Список використаних джерел

1. Owen C, Crane J. Trauma-Informed Design of Supported Housing : A Scoping Review through the Lens of Neuroscience. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19 (21). Pp. 14279. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph192114279>.
2. Bulakh I. Sustainable Development in the Context of the Architecture of Environmental Friendly Medical Centers in Rural Areas (Case for Ukraine). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2022. Vol. 1111. Pp. 012066. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1111/1/012066>.
3. Brambilla A., Del Pio M., Ravegnani Morosini R., Capolongo S. Green space in hospital built environment. A literature review about therapeutic gardens in acute care healthcare settings before Covid-19. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*. 2023. Vol. 94 (S3). Pp. e2023137. URL: <https://doi.org/10.23750/abm.v94iS3.14286>.
4. Ebaid M. A. A Framework for implementing biophilic design in cancer healthcare spaces to enhance patients' experience. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. 2023. Vol. 14, № 2. Pp. 239–256. URL: <https://doi.org/10.22712/susb.20230019>.

УДК 614.841.415

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛООВОГО ВПЛИВУ НА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОЛОНИ

Шляхов К. В.¹, к. т. н., доц., Шаломов В. А.², к. т. н., доц., Шаломов О. В.³, магістр
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ shliakhov.kostiantyn@365.pgasa.dp.ua; ² shalomov.volodymyr@365.pgasa.dp.ua;

³ 18054.shalomov@365.pgasa.dp.ua

Постановка проблеми. Сучасний стан із пожежною небезпекою в Україні зумовлює важливість задач, які спрямовані на забезпечення відповідних нормативних вимог щодо пожежної безпеки будинків і споруд у т.ч. щодо вогнестійкості будівельних несучих залізобетонних конструкцій, зокрема залізобетонних колон, адже за їх відмови будинки та споруди зазнають найбільших руйнувань й відповідно найбільших соціально-економічних збитків.

На сьогоднішній день залізобетон і конструкції з нього, є одним із найбільш використовуваних будівельних матеріалів у будівельній галузі. Конструкції із залізобетону вирізняються високою міцністю й підходять практично під будь-які проєктні рішення. Будівельні елементи будинків і споруд із залізобетону, порівняно зі сталевими конструкціями, мають більш високу пожежну стійкість. Наявна зараз нормативна документація та роботи багатьох вчених, які вивчають поведінку залізобетонних конструкцій за умов високотемпературного впливу під час пожежі, представили безліч методів, що описують роботу цих будівельних конструкцій за цих умов [1–3]. Найбільш надійним і достовірним методом визначення температури у перерізах будівельних елементів – є проведення вогневих натурних випробувань. А альтернативою цього способу є застосування різних розрахункових методів. На сьогодні теоретична й методична база, таких підходів є у серії нормативних документів, що діють в Україні.

Мета роботи. Провести дослідження з визначення несучої здатності конструкцій та умов теплового впливу з урахуванням змін механічних властивостей теплового впливу враховуючи зміну механічних властивостей матеріалів залежно від температури, додаткові зусилля і зміни розрахункової схеми конструкцій, що виникають унаслідок температурних деформацій і зміни властивостей елементів залізобетонних конструкцій.

Основна частина. Залізобетонні колони відносяться до стиснутих елементів будівельних залізобетонних конструкцій які сприймають через це найбільші навантаження і є найбільш відповідальними елементами будинків й споруд, саме тому порушення загальної стійкості усїєї будівлі під час пожежі завжди відбувається як результат повної відмови цих елементів. При обваленні несучих залізобетонних конструкцій внаслідок руйнації колон, збиток може досягати максимальних значень, а це пов'язано із можливими жертвами серед цивільного населення, пошкодженням дороговартісного обладнання, знищенням огорожувальних й несучих конструкцій будинків і споруд. Отже, надійність залізобетонних несучих колон при їх аварійній роботі під час пожеж дозволяє здійснити безпечну евакуацію людей та роботу аварійно-рятувальних підрозділів, саме через це до залізобетонних колон висуваються важливі вимоги щодо їхньої вогнестійкості.

Випробування несучих залізобетонних колон щодо вогнестійкості відбувається у відповідності до стандартів. Згідно з ними колона повинна бути піддана вогневій дії ще й в умовах навантаження силовими факторами, які повністю відповідають діючому навантаженню у залізобетонній колоні згідно з розрахунковою схемою конструкції споруди. Такі чинники створюються за рахунок відповідних вузлів випробувальних

установок, які й поєднують вогневу піч з опорно-навантажувальним пристроєм. На рис. 1 показана схема-прототип такої установки, що наведена у відповідному стандарті.

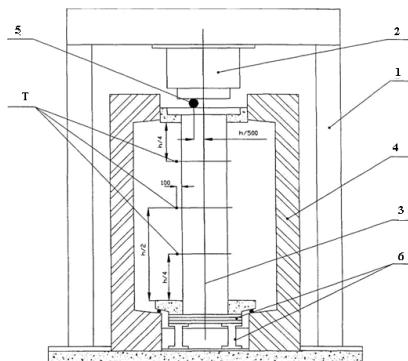


Рис. 1. Установка для випробування залізобетонних колон на вогнестійкість:
 1 – стійки; 2 – гідроциліндр; 3 – зразок для випробуван; 4 – огороження печі;
 5 – шарнірна опора; 6 – опорна система; T – термомпари

Система вказаних стандартів у повній мірі визначає комплекс вимог щодо конструктивних особливостей для компонентів установок для випробувань, особливостей щодо зразків, контрольно-вимірювальної арматури, окрім того, порядку проведення процедур випробувань й обробки їхніх результатів.

Температурний режим випробування пов'язаний також із температурними режимами пожеж – зміни середньооб'ємної температури осередку пожежі, в залежності від часу її тривалості. Температурні режими реальних пожеж у приміщеннях різних будинків та споруд можуть дуже суттєво відрізнятися один від одного [4–6].

Ці режими залежать від кількості та складу пожежного навантаження; поверхневої площі горючих матеріалів; площі та висоти віконних прорізів; будівельних характеристик таких приміщень. Окрім того слід зазначити що пожежі мають щонайменше 3 характерні стадії, а саме: початкова стадія, стадія повного розвитку пожежі та стадія згасання її. Температурний режим випробування повинен усереджувати результати досліджень пожежі у той же самий час створювати й достатньо жорсткі умови, щоб ці досліджувані конструкції мали певний запас щодо міцності за усіх можливих сценаріїв пожежі. На рисунку 2 показані температурні режими, що можуть використовуватися під час вогневих випробувань будівельних залізобетонних конструкцій у залежності від специфіки безпосередньо будівельних об'єктів, де вони будуть використовуватися.

На випадок відсутності особливих умов, за якими працюють досліджувані залізобетонні конструкції, для випробувань на вогнестійкість використовується температурна крива пожежі стандартна (рис. 2, крива № 2). Саме ця крива усереджує температурні режими пожежі, що отримані дослідним шляхом й створює достатньо жорсткі умови щодо випробувань завдяки відсутності початкової стадії і стадії згасання пожежі. Окрім цього, використання саме такої уніфікованої кривої дозволяє забезпечити відтворюваність цілісності експерименту, сформулювати єдині вимоги щодо випробувального обладнання. Ця температурна крива описується такою формулою:

$$T_p(\tau) = 345 \cdot \lg(8\tau + 1) + T_0, \tag{1}$$

де τ – час стандартного вогневого випробування, хв; T_0 – початкова температура середовища, °C; $T_0 \approx 20$ °C; $T_p(\tau)$ – температура вогневої камери в установці щодо

визначення меж вогнестійкості залізобетонних конструкцій у залежності від часу стандартного випробування.

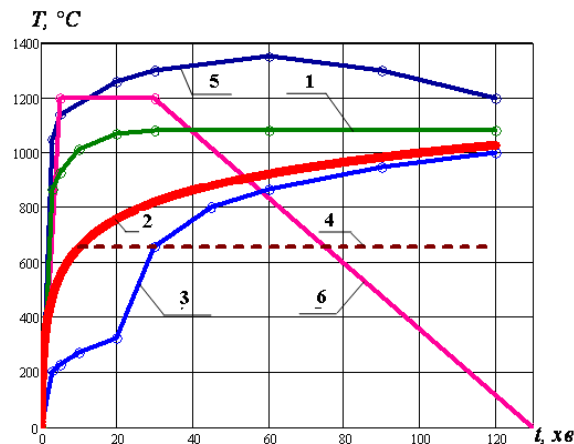


Рис. 2. Температурні режими випробувань конструкцій:

- 1 – вуглеводнева крива за EN 1363-2:1999; 2 – єдина стандартна температурна крива пожежі за ISO 834 та ДСТУ Б.В 1.1.4-98; 3 – крива тліючої пожежі за EN 1363-2:1999; 4 – мінімізована стандартна крива за ISO 834; 5 – тунельна крива за стандартами Нідерландів (RWS); 6 – тунельна крива за стандартами Німеччини (RABT)

Висновок. Для створення зазначених умов для реальних установок існують дуже серйозні технічні труднощі, серед яких треба зазначити можливість реалізовувати тільки центральний стиск залізобетонних колон, лише один тип їхнього закріплення, нажаль, багато реальних установок взагалі не передбачають прикладання таких силових навантажень. Окрім цього вимоги стандартів зовсім не регламентують щодо способу й послідовності навантаження, допустимої похибки під час центрування.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
2. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. ДСТУ Б В.1.1-14:2007. Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість.
4. Беліков А. С., Шаломов В. А., Шiba О. В., Махінко А. О. Теоретичний аналіз процесу горіння. *Український журнал будівництва та архітектури*. Дніпро : ПДАБА, 2022. № 4 (010). С. 26–30.
5. Б. Г. Демчина, В. С. Фіцик, А. П. Половко, А. Б. Пелех. Піч для теплофізичних випробувань малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій та окремих вузлів їх стикових з'єднань. Пат. 17160 Україна, МПК. 2006. F23M5/00. Заявл. 20.03.2006 р.; опубл. 15.09.2006 р. Бюл. № 9.
6. Nuianzin, O., Kryshal, D., Zemlianskyi, O., Nesterenko, A., Samchenko, T. Study of the Heat and Mass Transfer in Special Furnaces During Fire Resistance Tests of Building Construction. In: *International Scientific Conference on Woods & Fire Safety*. 2020. Pp. 179–184. Springer, Cham.

УДК 621.311:697.3(047)

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ЗА РАХУНОК ВЛАШТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Юрченко Є. Л.¹, к. т. н., доц., Коваль О. О.², к. т. н., доц.,
Ляховецька-Токарєва М. М.³, к. т. н., доц., Однобурцев Р. О.⁴, магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 yel@pdaba.edu.ua](mailto:yel@pdaba.edu.ua); [2 koval.olena@pdaba.edu.ua](mailto:koval.olena@pdaba.edu.ua); [3 lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua](mailto:lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua);

[4 rostyslav.odnoburtsev@gmail.com](mailto:rostyslav.odnoburtsev@gmail.com)

Постановка проблеми. Покращення енергоефективності та зменшення витрат електроенергії в наші роки стало ще більш актуальним після виникнення проблем зі зменшенням кількості енерговидобування та доставкою електроенергії користувачам, дедалі складніша ситуація є взимку де з настанням повномасштабного вторгнення з'явилися такі проблеми як «Блекаут» та, відповідно, масові відключення світла.

Саме тому зменшення енерговитрат за рахунок використання альтернативної енергетики є найбільш економічно вигідним та правильним рішенням [1].

Такими кроками не тільки окремі користувачі електроенергії але і сама Україна загалом буде поступово виходити на новий рівень енергетичної незалежності в цілому, та дедалі менше отримувати збитки від енергетичного терору.

Проблема підвищення енергоефективності не тільки не втратила своєї актуальності сьогодні але й набула ще більшого попиту та навіть необхідного характеру у протистоянні України до повної енергонезалежності.

Перераховуючи все вище перелічене тема роботи як підвищення енергоефективності житлової будівлі за рахунок влаштування сонячної електростанції є та буде актуальною.

Мета роботи полягає в розробці всіх можливих варіантів для зменшення енерговитрат шляхом влаштування сонячної енергетичної станції для житлового будинку на підставі даних енерговитрат будівлі та показників енергоефективності [2].

Основна частина. Основним джерелом енергії, яке дозволяє сонячним панелям генерувати електричну енергію, є сонце. Технологія, що використовується при перетворенні сонячного світла в електричну енергію, не виділяє вуглекислий газ та інші шкідливі речовини у повітря, тому вироблення сонячної енергії є екологічно чистою практикою. Відповідно, використання сонячної енергії та створення її елементів не завдає шкоди довкіллю.

Сонячна електрична станція (СЕС) – це система, яка для виробництва електроенергії отримує у якості основного ресурсу – сонячну енергію. До основних елементів конструкції СЕС входять:

1 – сонячні панелі, головний компонент фотоелектричної системи яка складається з багатьох сонячних елементів з'єднаних разом в єдине ціле;

2 – інвертор, пристрій який перетворює постійний струм на змінний. Змінний струм потрібен для використання більшості електричних приладів будинку;

3 – акумулятор сонячної енергії. Сонячна панель виробляє електроенергію вдень, та не може її накопичувати для використання електроенергії вночі. Застосування акумуляторних батарей для сонячних панелей дозволяє зберігати надлишки електричної енергії, що виробляються фотоелектричною установкою в денний час, дозволяючи використовувати її в вечірній та/або нічний час;

4 – контролер заряду, пристрій який контролює вихідну потужність сонячної панелі, якою заряджаються акумулятори. Це відбувається шляхом керуванням напругою, що подається масивом сонячних панелей на батарею;

- 5 – електрозахисні прилади;
- 6 – заземлення;
- 7 – система моніторингу.

Усі ці компоненти фотоелектричної системи можуть працювати окремо або об'єднуватися з іншими компонентами для створення повної сонячної електричної системи.

Дніпропетровська область має досить великий рівень інсоляції протягом переважної більшості року. Середньорічна сума інсоляції в цьому регіоні складає 3 360 Вт·год/м². У літку ці данні значно більші, з червня по липень, і мають загальну суму 5 700 Вт·год/м², що свідчить про дуже сприятливі умови для створення сонячних електричних станцій. Взимку ці показники дещо гірші і мають максимальний рівень 1 210 Вт·год/м².

Параметри які істотно впливають на генерацію електричної енергії:

- інтенсивність сонячної радіації;
- кут нахилу сонячних панелей;
- орієнтація сонячних масивів;
- температура поверхні сонячних панелей;
- забруднення поверхонь сонячних панелей;
- тіні.

Встановлення та проектування сонячних панелей в Україні регулюється чинним законодавством та закріплюється нормативними документами. До основних вимог які враховуються при проектуванні та встановленні сонячних панелей відносять:

- сонячні панелі повинні відповідати всім міжнародним стандартам встановленими законодавством України;
- встановлення сонячних панелей повинно відбуватися на конструкціях, які забезпечать їм повну стійкість та надійність під час різних погодних умов;
- сонячні панелі можуть бути підключеними до електричної мережі з дотриманням вимог енергобезпеки;
- встановлення сонячних панелей відбувається з дотриманням екологічних та санітарних норм, з урахуванням можливого впливу на природне середовище;
- заборонено встановлювати сонячні панелі на будівлях, які мають нестійку конструкцію та не мають певного класу енергоефективності;
- перед встановленням сонячних панелей заздалегідь прораховується їх номінальна потужність, необхідна кількість, тип інвертора та кількість акумулятивних батарей згідно проектного рішення;
- враховується питання зберігання сонячних панелей та їх обслуговування та профілактика з ремонтом у разі необхідності.

Згідно цієї інформації, ми бачимо, що сам процес розрахунку, проектування, монтажу сонячних панелей є непростим, але є досить гарною перспективною інвестицією, тому варто прораховувати всі фактори ризику при влаштування сонячних панелей та всіх процесів що з ними пов'язані.

В роботі розглядалась будівля житлового будинку, яка знаходиться в м Дніпро. Будівля, являє собою 2-поверховий житловий будинок типу «Таунхаус» з теплим підвалом. Основні об'ємно-планувальні показники:

1. загальна площа будівлі – 463,7235 м²;
2. загальний об'єм будівлі – 2 789,7 м³;
3. опалювана площа – 1 003,5 м²;
4. опалюваний об'єм – 2 268,96 м³;
5. загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – $A_{\Sigma} = 676,9$ м².

За результатами розрахунків будівля має клас Енергоефективності В, що є досить непоганими показниками, тому додаткових рішень щодо реконструкції або модернізації будівлі для підвищення класу енергоефективності не потребується.

Згідно результатів енергоспоживання та за результатами розрахунків енергоефективності максимальне значення енергоспоживання дорівнює: 136 КВт/добу у зимовий період року, де будуть значні енергоспоживання при опаленні. Ці значення фактично є посереднім від цілодобового споживання електроенергії в 163 КВт/добу та енерговитрат на випадок «Блекауту» у 105 КВт/добу, тому точні розрахунки енергоспоживання є достовірними та співпадають з енергопотребами повсякденного електроспоживання та періоду «Блекауту».

Згідно результатів обчислення кількості сонячних панелей ми повністю даємо висновок що саме влаштування 75 панелей номінальною потужністю в 600 Вт кожна, задовольняють всі потреби комфортного проживання у будинку.

При порівнянні сонячних панелей з іншими джерелами отримання електроенергії, то та першим для порівняння можна взяти генератор, працюючий на дизельному або бензиновому пальному. Враховуючи можливість довготривалих відключень світла на період «Блекауту», то саме генератори почали набувати великого попиту як для комерційного використання, так і для житлового.

Розглянемо варіант встановлення дизельних генераторів, необхідне навантаження на випадок «Блекауту» для будинку буде сягати 105 КВт/добу. Для цього обирається наблизений із запропонованих на ринку дизельних генераторів є генератор фірми АуPower AYR125 на 100 КВт номінальної потужності.

Вартість такого генератора становить 645 000 грн, також для його ефективної роботи потрібен інший ресурс, це дизельне пальне, яке з кожним разом дорожчає. Витрата пального для такого генератора на всю потужність становить 24 л/год. на добу, це 576 л. Отже, це вкрай не вигідне рішення, в тому числі такий ресурс як дизельне пальне може скінчитися особливо в умовах війни, а для сонячних панелей ресурс у вигляді сонячних променів є невичерпаним.

Висновок. Отже, на підставі всіх прийнятих рішень та порівнянь з іншими доступними альтернативними джерелами вироблення електроенергії, дійшли до висновку що для підвищення енергоефективності будівлі та найближчий шлях зменшення енерговитрат є саме влаштування сонячних панелей. Це дає змогу, насамперед, знизити енерговитрати та зрозуміти, що навіть при екстрених ситуаціях, як повне або часткове відключення електроенергії, сонячні панелі є найоптимальнішим рішенням для отримання електроенергії.

Сонячні електростанції є екологічно чистим та довгостроковим рішенням для забезпечення енергією житлових будівель.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T030555?an=1166>.

2. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ : Мінрегіон України, 2022. 21 с. URL: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/2846641320083064610/2022-05-26/801284d7-82d6-434a9cfa-4f5a153e5325.pdf.

3. Савицький М. В., Швець М. А., Юрченко Є. Л., Шляхов К. В. Основні принципи методики раціонального проектування житлових будівель. *Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : Міжнародний науково-технічний збірник*. Вип. 62, кн. 2. Київ: НДІБК, 2005. С. 292–295.

4. Основи розробки проектів підвищення енергоефективності будівель : методичні вказівки до практичних занять з дисципліни для студентів ступеня магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної, заочної та дистанційної форм навчання. Укладачі : Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Нікіфорова Т. Д., Пригорницька К. В. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. 36 с. URL: <https://pgasa.dp.ua/literatures/zhbk/#book-1978633>.

5. Сайт Фонду енергетичної ефективності України [Електронний ресурс]. URL: <https://eefund.org.ua/>.

6. Варіанти схем підключення сонячних панелей [Електронний ресурс]. URL: <https://vashumnyidom.ru/elektropitanie/alternativnaya-energiya/skhema-podklyucheniya-solnechnyx-batarej.html>.

**PROCEEDINGS
OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**

**“INNOVATIONS IN CONSTRUCTION AND SMART
BUILDING TECHNOLOGIES FOR COMFORTABLE,
ENERGY EFFICIENT AND SUSTAINABLE LIFESTYLE”**

(20–21 February 2024): conference proceedings (electronic edition)

Conference proceedings in Ukrainian and English.

The authors are fully responsible for the quality of content, facts, citations, proper names and other information.

DOI 10.30838/978-966-3232-49-2

ISBN 978-966-323-249-2

УДК 658.589:620.9:72:681.5

M 34

Conference abstracts of the International Scientific and Practical Conference “Innovations in construction and smart building technologies for comfortable, energy efficient and sustainable lifestyle” (20–21 February 2024): proceeding papers edited by Mykola Savytskyi, Kostiantyn Sukhyi, Vladyslav Danishevskyy, Analolii Radkevych, Ivan Nazarenko, Yurii Proidak. Dnipro: PSACEA, 2024, 189 p. (e-edition)

Conference abstracts provide the findings of research and practical application in the field of innovations in construction and smart building technologies for comfortable, energy efficient and sustainable lifestyle by scholars, representatives of education, business, government to be used for reconstruction of Ukraine (in terms of the project ‘A novel decentralized edge-enabled prescriptive and proactive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings’, sponsored by HORIZON 2020 EU programme (grant № 958284 – PRECEPT).

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: Rector’s Advisor on Editorial Activity of PSACEA, Cand. Sc., Assoc. Prof. **Olena Tymoshenko.**

Design and layout by Olena Tymoshenko.

**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 (електронне видання)

Збірник тез українською та англійською мовами.

За зміст і достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей відповідають автори.

DOI 10.30838/978-966-3232-49-2

ISBN 978-966-323-249-2

УДК 658.589:620.9:72:681.5

М 34

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 Проїдака. Дніпро: ПДАБА, 2024. 189 с. (електронне видання)

У збірнику тез розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду в сфері інноваційних технологій забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності та екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій серед представників освіти, науки, бізнесу і влади для використання таких технологій при відбудові України (в рамках проекту «A novel decentralized edge-enabled prescriptive and proactive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings», що фінансується Європейським Союзом за програмою HORIZON 2020 (номер гранту 958284 – PRECEPT).

Для викладачів, вчених, аспірантів, магістрів, бакалаврів, студентів технічних та гуманітарних факультетів, а також для широкого кола читачів.

Упорядник, випускаючий редактор, відповідальний за випуск : радник ректора з видавничо-наукової роботи ПДАБА, к. т. н., доц. *Олена Тимошенко*.

Комп'ютерна верстка : Олена Тимошенко