

УДК 69.032.22:658.512.4

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

ЗАЯЦЬ Є. І.^{1*}, к.т.н., доц.

^{1*} Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Анотація. Мета. При виборі раціонального варіанту зведення висотного багатофункціонального комплексу перевага має бути надана такому варіанту, який дозволяв би при мінімальних капітальних вкладеннях одержати максимальну загальну площу і мінімальні експлуатаційні витрати об'єкта. Для цього потрібні відповідні математичні моделі і методи визначення раціональних варіантів зведення висотних багатофункціональних комплексів із урахуванням чинної нормативної бази і визначальних факторів, що характеризують прилеглу забудову. **Методика.** Морфологічні методи є потужним апаратом дослідження, сутність яких полягає в наступному: спочатку в результаті морфологічного аналізу визначається простір пошуку, так звана морфологічна множина, яка обов'язково повинна включати в себе шукане рішення, а потім звужуємо цей простір, здійснюючи пошук цього рішення, яке є елементом морфологічної множини. Проте морфологічні методи оперують лише частиною знань предметної області, що стосується морфології. Тому вони мають бути доповнені методами математичного моделювання досліджуваних процесів (об'єктів). **Результати.** При вирішенні завдання формування множини всіх можливих варіантів організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів – від вибору проектних рішень та відпрацювання їх на технологічність до обґрунтування прийнятих організаційно-технологічних рішень за критерієм відповідності заданим конкретним умовам виробництва робіт – доцільно застосувати методи комбінаторно-морфологічного аналізу і синтезу. **Наукова новизна.** Вирішення завдання вибору раціонального варіанту зведення висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови потребує формування множини способів висотного будівництва для різних умов та формалізації опису загальної вартості будівництва, загальних експлуатаційних витрат протягом нормативного періоду експлуатації і одержуваної загальної площі за кожним із варіантів. **Практична значимість.** Запропоновано математичні моделі та методику вибору раціонального способу зведення висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови, які дозволяють визначити раціональний варіант висотного будівництва відповідно до заданих критеріїв та обмежень.

Ключові слова: висотне будівництво; висотний багатофункціональний комплекс; проектні рішення; організаційно-технологічні рішення; ресурси; тривалість; вартість

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

ЗАЯЦЬ Е. И.^{1*}, к.т.н., доц.

^{1*} Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Аннотация. Цель. При выборе рационального варианта возведения высотного многофункционального комплекса преимущество должно быть предоставлено такому варианту, который позволял бы при минимальных капитальных вложениях получить максимальную общую площадь и минимальные эксплуатационные расходы объекта. Для этого нужны соответствующие математические модели и методы определения рациональных вариантов возведения высотных многофункциональных комплексов с учетом действующей нормативной базы и определяющих факторов, характеризующих прилегающую застройку. **Методика.** Морфологические методы являются мощным аппаратом исследования, сущность которых заключается в следующем: сначала в результате морфологического анализа определяется пространство поиска, так называемое морфологическое множество, которое обязательно должно включать в себя искомое решение, а потом сужаем это пространство, осуществляя поиск этого решения, которое является элементом морфологического множества. Однако морфологические методы оперируют лишь частью знаний предметной области, что касается морфологии. Поэтому они должны быть дополнены методами математического моделирования исследуемых процессов (объектов). **Результаты.** При решении задачи формирования множества всех возможных вариантов организационно-технологических решений возведения высотных многофункциональных комплексов – от выбора проектных решений и отработки их на технологичность до обоснования принятых организационно-технологических решений по критерию соответствия заданным конкретным условиям производства работ – целесообразно применять методы комбінаторно-морфологического анализа и синтеза. **Научная новизна.** Решение задачи выбора рационального варианта возведения высотных многофункциональных комплексов в условиях плотной городской застройки требует формирования множества способов высотного строительства

для различных условий и формализации описания общей стоимости строительства, общих эксплуатационных расходов в течение нормативного периода эксплуатации и получаемой общей площади по каждому из вариантов. **Практическая значимость.** Предложены математические модели и методика выбора рационального способа возведения высотных многофункциональных комплексов в условиях плотной городской застройки, которые позволяют определить рациональный вариант высотного строительства согласно заданных критериев и ограничений.

Ключевые слова: высотное строительство; высотный многофункциональный комплекс; проектные решения; организационно-технологические решения; ресурсы; продолжительность; стоимость

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF ORGANIZING THE CONSTRUCTION OF HIGH-RISE MULTIFUNCTIONAL COMPLEXES

ZAIATS I. I.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*

^{1*} Department of planning and organization of production, State Higher Educational Establishment «Pridneprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-33-66, e-mail: zei83dici@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

Abstract. Purpose. When choosing a rational variant of the construction of high-rise multifunctional complex, the advantage must be granted such an option, that with minimal capital investment to get the maximum total area and minimum operating costs of the facility. This requires appropriate mathematical models and methods of determining the rational variants of construction of high-rise multifunctional complexes including the current regulatory framework and the determining factors surrounding buildings. **Methodology.** Morphological methods are powerful tools of research, the essence of which is as follows: first, as a result of the morphological analysis determines the search space, the so-called morphological variety, which must necessarily include the desired solution, and then reducing this space, searching the decision, which is a morphological element of the set. However, morphological methods operate on only part of the domain knowledge, with regard to morphology. Therefore, they should be supplemented by methods of mathematical modeling of the investigated processes (objects). **Findings.** In solving the problem of forming the set of all possible variants of the organizational and technological decisions of construction of high-rise multifunctional complexes – from choosing the design solutions and testing their adaptability to the justification of the adopted organizational and technological solutions by matching the given specific conditions of production work – it is advisable to apply combinatorial and morphological methods of analysis and synthesis. **Originality.** The selection of the rational variant of construction of high-rise multifunctional complexes in the conditions of dense urban development requires the formation of many ways the high-rise construction for a variety of conditions and formalizes the description of the total construction cost, the total operating expenditure during the regulatory period of operation and resulting total area for each of the options. **Practical value.** The proposed mathematical model and method of choice of rational method of construction of high-rise multifunctional complexes in dense urban areas that allow to define the rational variant of high-rise building according to specified criteria and constraints.

Key words: high-rise construction; high-rise building; high-rise multifunctional complex; organizational and technological decisions; resources; duration; cost

Постановка проблеми

Оскільки завдання обґрунтування складу заходів із зведення висотних багатофункціональних комплексів вирішується на ранній стадії формування концепції висотного будівництва, тобто на самій ранній фазі життєвого циклу інвестиційно-будівельного проекту, приймається попереднє допущення про незалежність результатів рішення від складу виконавців, організації інвестиційного процесу [11–13].

Аналіз досліджень та публікацій

Методам визначення тривалості реалізації будівельних проектів та вартості готової будівельної продукції приділяється особлива увага, як при формуванні договірної ціни, так і на різних етапах організаційно-технологічного проектування, оскільки врахування ймовірнісного характеру впливу визначальних організаційно-технологічних та інших факторів при обґрунтуванні техніко-економічних

показників проектів дозволяє підвищити достовірність, надійність прийнятих рішень і забезпечити їх фізичну та фінансову реалізованість. Актуальність таких досліджень обумовлена наявністю суттєвих відхилень фактичних значень техніко-економічних показників будівельних проектів від їх запланованих значень. Наявність таких відхилень пов'язана з неадекватними, необґрунтовано оптимістичними оцінками тривалості та вартості через неправильне визначення об'ємів робіт; застосуванням переважно детермінованих, статичних моделей виконання робіт, що не враховують можливість їх коригування у випадку зміни умов виробництва робіт; традиційно ізольованим розглядом таких показників, як час, ресурси і вартість, що не дозволяє забезпечити необхідний ступінь відповідності фактичних значень запланованим.

До основоположних праць у галузі дослідження, вдосконалення, теоретичного, експериментального та техніко-економічного обґрунтування технологічних процесів, методів і форм організації будівництва та

його виробничій базі належать роботи Д.Ф. Гончаренка [4], В.І. Торкатюка [7] та інших [2; 3; 5; 6; 8–10].

В останні десятиліття одержали розвиток дослідження, присвячені науковим основам створення та вдосконалення технології й організації будівельно-монтажних процесів, пов'язаних із зведенням, реконструкцією, реставрацією, ремонтом будинків, споруд і комплексів, зокрема в особливих умовах; організаційним структурам, формам й методам управління підприємствами будівельного комплексу та його матеріально-технічної бази; розробленню наукових, теоретичних основ комплексної механізації та автоматизації будівельних процесів. Видається можливим поширення запропонованих концепцій і на дослідження показників ефективності організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів протягом їх життєвого циклу.

Мета статті

При виборі раціонального варіанту зведення висотного багатофункціонального комплексу перевага має бути надана такому варіанту, який дозволяє би при мінімальних капітальних вкладеннях одержати максимальну загальну площу і мінімальні експлуатаційні витрати об'єкта. Для цього потрібні відповідні математичні моделі і методи визначення раціональних варіантів зведення висотних багатофункціональних комплексів із урахуванням чинної нормативної бази і визначальних факторів, що характеризують прилеглу забудову.

Виклад матеріалу

Позначимо через S множину вільних земельних ділянок міських територій, які потенційно можуть бути використані для нової висотної забудови.

Впорядкуємо об'єкти з множини S та позначимо їх через s_1, s_2, \dots, s_v .

Тоді множина S буде мати вигляд:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_a, \dots, s_v\} = \{s_a\},$$

де $a = \overline{1, v}$; a – змінний індекс, що пробігає всі значення з інтервалу цілих чисел $[1, v]$, при цьому $v \geq 1$.

Позначимо через N множину всіх способів зведення висотних багатофункціональних комплексів. Упорядкуємо всі ці способи та позначимо їх через n_1, n_2, \dots, n_w .

Тоді

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_b, \dots, n_w\} = \{n_b\},$$

де $b = \overline{1, w}$.

Для кожного об'єкта s_a з множини S можна визначити підмножину N_a^* шляхом прив'язки до

об'єкту деякої підмножини N . Підмножина N_a^* складається з допустимих для цього об'єкту способів його забудови. Тоді для об'єкта s_1 такою допустимою підмножиною буде N_1^* , для об'єкта s_2 допустимою підмножиною буде N_2^* , для об'єкта s_a допустимою підмножиною буде N_a^* , а для об'єкта s_v допустимою підмножиною буде N_v^* (множина N_a^* включається в множину N ($N_a^* \subset N$), тобто всі елементи множини N_a^* є елементами множини N), при цьому:

$$w_a \leq w,$$

де w_a – кількість допустимих способів забудови об'єкта s_a . Питання допустимості того або іншого способу з N для кожного об'єкта з S повинне вирішуватись на етапі розробки загальної концепції зведення висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови.

Позначимо через n_a^* ($a = \overline{1, v}$) змінну, що приймає свої значення з множини N_a^* . Тоді $(n_1^*, n_2^*, \dots, n_a^*, \dots, n_v^*)$ при кожному конкретному значенні змінних $n_1^* \in N_1^*, n_2^* \in N_2^*, \dots, n_a^* \in N_a^*, \dots, n_v^* \in N_v^*$ буде представляти собою варіант забудови вільних земельних ділянок міських територій висотними багатофункціональними комплексами.

Загальна кількість варіантів забудови вільних земельних ділянок міських територій із v об'єктів (N^*) дорівнює добутку кількості допустимих способів зведення висотних багатофункціональних комплексів по кожному об'єкту, тобто:

$$N^* = \prod_{a=1}^v w_a.$$

Висотні багатофункціональні комплекси, що належать до споруд із першим (підвищеним) рівнем відповідальності, протягом усього періоду експлуатації, який згідно з [1] має становити 150 років, повинні відповідати вимогам нормативних документів щодо:

- забезпечення міцності і стійкості несучих конструкцій та елементів висотного будинку під дією розрахункових навантажень та впливів, а також опір прогресуючому обваленню при виникненні надзвичайних ситуацій;
- санітарно-епідеміологічної та екологічної безпеки;
- пожежної безпеки;
- інсоляції будинків і приміщень;
- запобіжних заходів щодо захисту систем опалення, вентиляції і кондиціонування існуючих будинків, що знаходяться в зоні впливу висотного будинку;

- захисту від шуму та вібрації;
- енергетичної ефективності будинку;
- ефективного сміттєвидалення;
- реалізації функцій життєзабезпечення та безпеки в області зв'язку, телекомунікацій та інформатизації;
- інфраструктури і щільності населення житлового кварталу з повним комплексом установ і підприємств місцевого значення;
- забезпечення безпечної експлуатації висотного будинку шляхом оснащення автоматизованою системою моніторингу і управління.

Позначимо через α підмножину варіантів з N^* , яка не суперечить вимогам пожежної безпеки при їх застосуванні до висотних багатофункціональних комплексів, тобто $\alpha \subset N^*$.

Позначимо через γ підмножину варіантів з N^* , яка не суперечить вимогам інсоляції будинків і приміщень при їх застосуванні до висотних багатофункціональних комплексів, тобто $\gamma \subset N^*$.

Позначимо через β підмножину варіантів з N^* , яка не суперечить вимогам захисту від шуму і вібрації при їх застосуванні до висотних багатофункціональних комплексів, тобто $\beta \subset N^*$.

Позначимо через λ підмножину варіантів з N^* , яка не суперечить вимогам енергетичної ефективності при їх застосуванні до висотних багатофункціональних комплексів, тобто $\lambda \subset N^*$.

Позначимо через δ підмножину варіантів з N^* , яка не суперечить вимогам інфраструктури і щільності населення житлового кварталу з повним комплексом установ і підприємств місцевого значення при їх застосуванні до висотних багатофункціональних комплексів, тобто $\delta \subset N^*$.

Їх перетин $(\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta) \subset N^*$ означає перелік можливих варіантів, при яких одночасно виконуються вимоги пожежної безпеки, інсоляції будинків і приміщень, захисту від шуму і вібрації, енергетичної ефективності, інфраструктури і щільності населення житлового кварталу з повним комплексом установ і підприємств місцевого значення.

Вільні земельні ділянки міських територій можна розглядати з точки зору вирішення завдання пошуку раціонального варіанту їх забудови висотними багатофункціональними комплексами за одним із критеріїв і встановлених обмежень.

При цьому можуть прийматись наступні критерії:

- максимум загальної площі;
- мінімум загальної площі;
- максимум капітальних вкладень;
- мінімум капітальних вкладень;
- максимум експлуатаційних витрат;
- мінімум експлуатаційних витрат;

- максимум загальної вартості висотного будівництва;
- мінімум загальної вартості висотного будівництва.

Залежно від поставлених цілей при вирішенні завдання визначення раціонального варіанту зведення висотних багатофункціональних комплексів можуть прийматись такі обмеження, як:

- загальна площа ($S_{\text{буд}}^{\text{заг}}$):

$$S_{\text{буд}}^{\text{заг}} \geq S_{\text{буд}}^{\text{обм}},$$

де $S_{\text{буд}}^{\text{обм}}$ – мінімально допустима (обмежена) величина загальної площі, що має бути одержана в результаті зведення висотного багатофункціонального комплексу;

- загальний обсяг капітальних вкладень ($IC_{\text{буд}}^{\text{заг}}$):

$$IC_{\text{буд}}^{\text{заг}} \leq IC_{\text{буд}}^{\text{обм}},$$

де $IC_{\text{буд}}^{\text{обм}}$ – максимально допустима (обмежена) величина капітальних інвестицій, що залежить від стратегічних планів міст і підлягає коректуванню. Обмеження щодо розміру інвестицій ($IC_{\text{буд}}^{\text{обм}}$)

розповсюджується тільки на кошти державного чи місцевого бюджетів. Це обмеження може розповсюджуватись не на весь обсяг інвестицій, а лише на деяку його частину;

- загальна вартість висотного будівництва ($C_{\text{буд}}^{\text{заг}}$):

$$C_{\text{буд}}^{\text{заг}} \leq C_{\text{буд}}^{\text{обм}},$$

де $C_{\text{буд}}^{\text{обм}}$ – максимально допустима (обмежена) величина загальної вартості будівництва висотних багатофункціональних комплексів;

- загальна тривалість висотного будівництва ($T_{\text{буд}}^{\text{заг}}$):

$$T_{\text{буд}}^{\text{заг}} \leq T_{\text{буд}}^{\text{обм}},$$

де $T_{\text{буд}}^{\text{обм}}$ – максимально допустима (обмежена) величина тривалості будівництва висотних багатофункціональних комплексів, яка в загальному випадку може варіюватися розробником із урахуванням конкретної ситуації і стратегічних міркувань основного споживача.

Пропонується вибір раціонального варіанту зведення висотних багатофункціональних комплексів здійснювати за такими критеріями:

- мінімізація витрат ресурсів з обов'язковою умовою досягнення заданого корисного ефекту, тобто мінімум загальної вартості зведення висотних багатофункціональних комплексів (або загальних експлуатаційних витрат протягом нормативного періоду експлуатації) за умови, що одержувана загальна площа буде не менше заданої величини;

– максимізація корисного ефекту за заданих витрат ресурсів, тобто максимум загальної площі, що буде отримана в результаті реалізації проекту зведення висотних багатофункціональних комплексів, за умови, що загальна вартість висотного будівництва буде не більше заданої величини.

Згідно з першим критерієм раціональним варіантом зведення висотних багатофункціональних комплексів з множини $\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta$ буде варіант, при якому загальна вартість висотного будівництва буде мінімальною за умови, що загальна площа, яка буде одержана в результаті реалізації проекту, буде не менше заданої величини.

В формалізованому вигляді це завдання можна представити наступною математичною моделлю:

$$\begin{cases} C(n_a^*) \rightarrow \min \\ n_a^* \in (\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta), \\ S_+^* \geq S_{\min} \\ S_{\min} > 0 \end{cases}$$

де $C(n_a^*)$ – загальна вартість забудови вільної земельної ділянки s_a висотним багатофункціональним комплексом допустимим способом $n_a^* \in N_a^*$, грн.;

S_{\min} – задана мінімальна величина загальної площі, встановлена експертно, що має бути одержана в результаті реалізації проекту зведення висотного багатофункціонального комплексу, м²;

S_+^* – максимальна величина загальної площі, яка може бути одержана в результаті реалізації проекту зведення висотного багатофункціонального комплексу, м².

Згідно з першим критерієм раціональним варіантом зведення висотних багатофункціональних комплексів з множини $\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta$ може бути варіант, при якому загальні експлуатаційні витрати протягом нормативного періоду експлуатації будуть мінімальними за умови, що загальна площа, яка буде одержана в результаті реалізації проекту, буде не менше заданої величини.

В формалізованому вигляді це завдання можна представити наступною математичною моделлю:

$$\begin{cases} Z(n_a^*) \rightarrow \min \\ n_a^* \in (\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta), \\ S_+^* \geq S_{\min} \\ S_{\min} > 0 \end{cases}$$

де $Z(n_a^*)$ – загальні експлуатаційні витрати протягом нормативного періоду експлуатації висотного багатофункціонального комплексу, зведеного допустимим способом $n_a^* \in N_a^*$ на вільній земельній ділянці міських територій s_a , грн.

Згідно з другим критерієм раціональним варіантом зведення висотних багатофункціональних комплексів з множини $\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta$ буде варіант, при якому загальна площа, що має бути

одержана в результаті реалізації проекту зведення висотних багатофункціональних комплексів, буде максимальною за умови, що загальна вартість висотного будівництва буде не більше заданої величини.

В формалізованому вигляді це завдання можна представити наступною математичною моделлю:

$$\begin{cases} S_+(n_a^*) \rightarrow \max \\ n_a^* \in (\alpha \cap \gamma \cap \beta \cap \lambda \cap \delta), \\ C(n_a^*) \leq C_{\max} \\ C_{\max} > 0 \end{cases}$$

де $S_+(n_a^*)$ – загальна площа висотного багатофункціонального комплексу, зведеного на території вільної земельної ділянки s_a допустимим способом $n_a^* \in N_a^*$, м²;

C_{\max} – задана максимальна величина загальної вартості зведення висотних багатофункціональних комплексів, встановлена експертно, що може бути досягнута в результаті реалізації проекту висотного будівництва, грн.

Завдання, представлені формулами, належать до класу задач нелінійного програмування в дискретній області.

Висновки

При вирішенні завдання формування множини всіх можливих варіантів організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів – від вибору проектних рішень та відпрацювання їх на технологічність до обґрунтування прийнятих організаційно-технологічних рішень за критерієм відповідності заданим конкретним умовам виробництва робіт – доцільно застосувати методи комбінаторно-морфологічного аналізу і синтезу.

Морфологічні методи є потужним апаратом дослідження, сутність яких полягає в наступному: спочатку в результаті морфологічного аналізу визначається простір пошуку, так звана морфологічна множина, яка обов'язково повинна включати в себе шукане рішення, а потім звуємо цей простір, здійснюючи пошук цього рішення, яке є елементом морфологічної множини. Проте морфологічні методи оперують лише частиною знань предметної області, що стосується морфології. Тому вони мають бути доповнені методами математичного моделювання досліджуваних процесів (об'єктів), а також методами інженерії знань.

Сформовано множину альтернативних варіантів життєвого циклу висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови.

Вирішення завдання вибору раціонального варіанту зведення висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови потребує формування множини способів висотного будівництва для різних умов та формалізації опису загальної вартості будівництва, загальних

експлуатаційних витрат протягом нормативного періоду експлуатації і одержуваної загальної площі за кожним із варіантів.

Запропоновано математичні моделі та методику вибору раціонального способу зведення висотних

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 103 с.

Budynky i sporudy. Proektuvannia vysotnykh zhytlovykh i hromadskykh budynkiv: DBN V.2.2-24:2009 [Houses and buildings. Designing of high-rise residential and public buildings: State building codes V.2.2-24:2009]. Kyiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2009. 103 p.

2. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки: ДБН В.1.2-12-2008. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 34 с.

Budivnytstvo v umovakh ushchilненої zabudovy. Vymogy bezpeky: DBN V.1.2-12-2008 [Building in the compacted area. Safety requirements: State building codes V.1.2-12-2008]. Kyiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2008. 34 p.

3. Генералов, В. П. Особенности проектирования высотных зданий: учеб. пособие / В. П. Генералов. – Самара: Самарск. гос. арх.-строит. ун-т, 2009. – 296 с.

Generalov V. P. *Osobennosti proektirovaniya vysotnykh zdaniy* [Features of design of tall buildings]. Samara, Samarsk. state architect.-builds. university Publ., 2009. 296 p.

4. Гончаренко, Д. Ф. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий / Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. – К.: А+С, 2013. – 128 с.

Goncharenko D. F., Karpenko Yu. V., Meersdorf E. I. *Vozvedenie mnogoetazhnykh karkasno-monolitnykh zdaniy* [The construction of multi-storey frame-monolithic buildings]. Kyiv, A+S Publ., 2013. 128 p.

5. Маклакова, Т. Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография / Т. Г. Маклакова. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 160 с.

Maklakova T. G. *Vysotnye zdaniya. Gradostroitelnye i arkhitekturno-konstruktivnye problemy proektirovaniya: monografiya* [High-rise buildings. Urban planning and architectural design issues]. Moscow, ASV Publ., 2008. 160 p.

6. Проектирование современных высотных зданий / [Сюй Пэйфу, Фу Сюси, Ван Цуйкунь, Сяо Цунчжэнь]. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 469 с.

Syuy P., Fu S., Van T., Syao T. *Proektirovanie sovremennykh vysotnykh zdaniy* [The design of modern high-rise buildings]. Moscow, ASV Publ., 2008. 469 p.

7. Торкатюк, В. И. Строительство многоэтажных каркасных зданий / Торкатюк В. И., Соколовский С. Н., Покрасенко Л. Н. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.

Torkatyuk V. I., Sokolovskiy S. N., Pokrasenko L. N. *Stroitelstvo mnogoetazhnykh karkasnykh zdaniy* [Construction

багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови, які дозволяють визначити раціональний варіант висотного будівництва відповідно до заданих критеріїв та обмежень.

of multistoried frame buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989. 368 p.

8. Mir, M. A. Evolution of concrete skyscrapers: from Ingalls to Jinmao / V.A. Mir // *Electronic Journal of Structural Engineering*. – 2001. – Vol. 1. – № 1. – P. 2-14.

Mir M. A. Evolution of concrete skyscrapers: from Ingalls to Jinmao. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 2001, vol. 1, no. 1, pp. 2-14.

9. Richard, L. Urban construction project management / L. Richard, J. Eschemuller. – N.Y.: McGraw-Hill, 2008. – 480 p.

Richard L., Eschemuller J. *Urban construction project management*. N.Y., McGraw-Hill Publ., 2008. 480 p.

10. System of project multicriteria decision synthesis in construction / V. Sarka, E.K. Zavadskas, L. Ustinovicus, E. Sarkiene, C. Ignatavicius // *Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability*. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 546-565.

Sarka V., Zavadskas E.K., Ustinovicus L., Sarkiene E., Ignatavicius C. System of project multicriteria decision synthesis in construction. *Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability*, 2008, vol. 14, no. 4, pp. 546-565.

11. Zaiats I. Estimation of the manufacturability of the design decisions in the construction of high-rise multifunctional complexes / I. Zaiats // *News of science and education*. – Sheffield: Science and education Ltd, 2015. – NR 7 (31) 2015. – P. 52-55.

Zaiats I. Estimation of the manufacturability of the design decisions in the construction of high-rise multifunctional complexes. *News of science and education*. Sheffield: Science and education Ltd, 2015. NR 7 (31) 2015, pp. 52-55.

12. Zaiats I.I. Tendencies of formation and development of the construction of high-rise multifunctional complexes and urban planning practice / I.I. Zaiats // *Materials of the XI international scientific and practical conference «Prospects of world science - 2015»*, July 30 – August 7, 2015. – Sheffield: Science and education Ltd, 2015. – Vol. 8. – P. 85-88.

Zaiats I.I. Tendencies of formation and development of the construction of high-rise multifunctional complexes and urban planning practice. *Materials of the XI international scientific and practical conference «Prospects of world science - 2015»*, July 30 – August 7, 2015. Sheffield: Science and education Ltd, 2015. Vol. 8, pp. 85-88.

13. Zaiats I. The system approach to the design of high-rise construction of multifunctional complexes / I. Zaiats // *Nauka i studia*. – Przemysl: Sp. z o.o. «Nauka i studia», 2015. – NR 10 (141) 2015. – P. 12-17.

Zaiats I. The system approach to the design of high-rise construction of multifunctional complexes. *Nauka i studia*. Przemysl: Sp. z o.o. «Nauka i studia», 2015. NR 10 (141) 2015, pp. 12-17.

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. В. І. Большаковим; д-ром техн. наук, проф. Т. С. Кравчуновською.

Надійшла до редколегії: 30.10.2015.