

Міністерство освіти і науки України
Міністерство відновлення України
Національне Агентство Кваліфікацій
Український державний університет науки і технологій
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
Німецьке товариство міжнародного співробітництва GIZ
Національний Еразмус-Офіс в Україні
ГО «Енерго-інноваційний ДніпроХаб»

МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ПРОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ ДЛЯ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ



Захід під егідою Європейського року навичок

13 березня 2024 року
Енерго-інноваційний хаб ПДАБА, м. Дніпро, Україна



Co-funded by
the European Union

Програма ЄС ERASMUS+ KA2

Project ID number: 101082898
ERASMUS-EDU-2022-CBHE



Проект UKRENERGY

«Innovative Master Courses Supporting the Improvement of the Energy and Carbon Footprint of the Ukrainian Building Stock»

The Bridge
IM architecture
engineering
construction

The Bridge
IM architecture
engineering
construction



Co-funded by
the European Union

DniproHub

DOI 10.30838/PSACEA.978-966-3232-50-8

ISBN 978-966-323-250-8

УДК 711.168:620.9:378 (477)

Під редакцією проректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф. **Миколи Савицького**; в. о. ректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф. **Костянтина Сухого**; Голови Комісії

реорганізації ПДАБА, проректора з наукової роботи ПДАБА, докт. техн. наук, проф. **Владислава Данішевського**; першого проректора УДУНТ, докт. техн. наук, проф.

Анатолія Радкевича; керівника Енерго-інноваційного хабу ПДАБА, к. т. н., доц.

Євгенія Юрченка; менеджера Енерго-інноваційного хабу ПДАБА, к. т. н., с. н. с. **Олени**

Коваль; менеджера Енерго-інноваційного хабу ПДАБА, к. т. н., доц. **Марини**

Ляховецької-Токарєвої.

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 науково-практичної конференції «Просування енергоефективності та підготовка фахівців для відбудови України» (13 березня 2024 р.): збірник тез під редакцією практичних співредакторів **Костянтина Сухого**, **Владислава Данішевського**, **Анатолія Радкевича**, **Євгенія Юрченка**, **Орестика Коваль**, **Марини Ляховецької-Токарєвої** (ПЕЕР); Енерго-інноваційний хаб Гудрайт, 2024. 128 с. (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням уряду Німеччини Захід проведено під егідою Європейського року навичок.

Науково-практична конференція реалізована в рамках проєкту 101082898 – UKRENERGY, що співфінансується Європейським Союзом: «Інноваційні магістерські курси на підтримку покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України».

Науково-практична конференція реалізована в рамках проєкту 101127884 – The BRIDGE. Подолання розриву між університетом і промисловістю: інноваційна магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі

У збірнику тез розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду в сфері енергоефективності та інноваційних технологій при відбудові України.

Робочі мови конференції – українська, англійська.

Для представників бізнесу і влади, вчених, аспірантів, викладачів, 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

ЗМІСТ

Nikiforova Tetiana, Fedin Vladyslav ENVIRONMENTAL CONCRETE FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION.....	7
Merylova Iryna, Nevhomonnyi Hryhorii, Rechyts Olexandr THE PRINCIPLES OF METABOLISM IN ARCHITECTURE FOR THE RECONSTRUCTION OF WAR-RAVAGED CITIES.....	9
Smyrnov A.S., Savytskyi M.V., Myslytska A.O. PROPERTIES OF RECYCLED COARSE AGGREGATES MADE OF CONCRETE WASTE.....	12
Адегов О. В., Ляховецька-Токарєва М. М., Ткачова В. В., Прокоф'єва Г. Я. НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ КЛІМАТИЧНІ ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ.....	16
Бейнер Н. В., Бейнер П. С., Кулік М. В., Іваненко Д. С. РОЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ У ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	21
Беліков А. С., Колесник І. О., Смирнов Є. Д. ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ.....	24
Воробйов В. В., Шило О. С. КОНЦЕПЦІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОЗЕЛЕНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ДНІПРО НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ ЙОГО ЕКОЛОГІЗАЦІЇ.....	28
Гільов В. В., Саньков П. М., Тимошенко О. А., Полторацька В. М., Прокоф'єв І. Б. ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ ТЕРИТОРІЇ УРБООКΟΣИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКОМ «КЛІМАТИЧНІ УМОВИ».....	32
Гудзь С. А., Сергієнко Ю. В., Гришко О. О., Семенов І. Г. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИКРИВЛЕНЬ СТАЛЕВИХ БАЛОК ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОШКОДЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ.....	34
Давидов І. І., Чабан В. П., Ковтун-Горбачова Т. А., Голубєва-Судакіна В. А. ПРОГНОЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА НАВАНТАЖЕНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗІ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ ЗА АНАЛІЗОМ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	39
Даниленко І. О., Шатов С. В., Голубченко О. І., Ландо Є. О. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ СТІНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	43

Демидов О. Л., Коваль О. О., Юрченко Є. Л., Столяр Ю. С., Чернишенко В. М. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАЗХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ (SAM від NREL).....	47
Дехта Т. М., Бондаренко С. В., Василенко С. В. ВАКУУМНІ БЕТОНИ ТА РОЗЧИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ.....	49
Євсєєв В. О., Трегуб О. В. ВІДНОВЛЕННЯ АВТОДОРИГ В УКРАЇНІ: ОСНОВНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗАВДАННЯ.....	54
Євсєєв Є. О., Юрченко Є. Л., Грищин С. В. ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: СПОСОБИ І ЗАСОБИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ – НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ.....	58
Євсєєва Г. П., Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Коваль А. С. ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ЗВО: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	62
Журавель А. О., Кислиця Л. В. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДВІЙНИКІВ БУДІВЛІ З ВІМ.....	67
Журба І. А., Дьяченко О. С., Дьяченко Л. Ю. РОЗУМНИЙ БУДИНОК.....	69
Кашура С., Сопільняк А., Голощук І. В. ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З ІНДИВІДУАЛЬНИМ УКРИТТЯМ НА ПОВЕРСІ В REVIT.....	73
Ключник В. М. МОЖЛИВОСТІ ПРОФТЕХОСВІТИ У ПІДГОТОВЦІ КВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ДЛЯ ВІДБУДОВИ.....	75
Ковальчук С., Вершкова Ю. ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ З МАНСАРДНИМ ПОВЕРХОМ.....	77
Конін А., Титюк А. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ В М. ДНІПРО.....	79
Конін М., Ярова Т. РЕКОНСТРУКЦІЯ ДВОПОВЕРХОВОЇ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ З ПРИБУДОВОЮ ПОВЕРХУ.....	81

Корольов В. М., Шатов С. В., Юрченко. Є. Л., Євсєєв Є. В. РЕКОНСТРУКЦІЯ КОМПЛЕКСУ РОЗРОБКИ ЛІКУВАЛЬНИХ ГРЯЗЕЙ.....	83
Кушнір І. А., Волкова В. Є. ОПТИМАЛЬНИЙ НАБІР ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОБІЛЬНОГО АВТОНОМНОГО БУДИНКУ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ.....	87
Левада Є., Сопільняк А. ПРОЕКТУВАННЯ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ З БУДОВАНИМИ НЕЖИТЛОВИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ У М. ДНІПРО З ВИКОРИСТАННЯМ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ REVIT.....	90
Лінченко В. В., Жук Д. О., Жук І. Ю. РОЛЬ РОЗПОДІЛЕНОЇ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З МІКРОМЕРЕЖАМИ.....	92
Мазур Г. Є., Дьяченко О. С., Дьяченко Л. Ю. ПРИНЦИПИ ТА НАПРЯМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА ТА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ МІСТ.....	96
Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. СПІРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВІ ЄМНОСТІ – НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	100
Савицький М. В., Нікіфорова Т. Д., Шехоркіна С. Є. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ РЕЦИКЛІНГУ І РОЗПОДІЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	103
Савицький О. М., Спиридоненков В. А., Циганкова С. Г. ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЯМИ НА ПРИКЛАДІ ЖК «ПАНОРАМА».....	106
Самойленко А., Серета С. ПРОЕКТУВАННЯ РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ В М. ЖИТОМИР З ВИКОРИСТАННЯМ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ.....	110
Солод Л. В., Адегов О. В., Березюк Г. Г., Ткачова В. В., Прокоф’єва Г. Я. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	113
Сопільняк Ф., Вершкова Ю. РОЗВИТОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В REVIT ТА MY INSIGHT ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ НА ЕНЕРГІЮ В БУДІВЛЯХ.....	117

Стрижак С. О., Дьяченко О. С., Дьяченко Л. Ю. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ «ТЕРМОДИМ» ПРИ ЗВЕДЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	119
Толчева В. О., Ковальчук О. П. ПРИНЦИПИ УКРАЇНСЬКОГО ЕТНОСТИЛЮ У ДИЗАЙНІ СУЧАСНИХ ІНТЕР'ЄРІВ (НА ПРИКЛАДІ ПРИДНІПРОВ'Я).....	122
Юрченко Є. Л., Шапа Н. М., Шапа Б. А. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОМПЛЕКСУ	125

UDC 691.32

ENVIRONMENTAL CONCRETE FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Nikiforova Tetiana¹, Doctor of Technical Science, Prof.,

Fedin Vladyslav², Postgraduate Student

Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture

nikiforova.tetiana@pdaba.edu.ua; fedin.vladyslav@pdaba.edu.ua

Problem statement. Concrete is a durable and adaptable building material capable of creating long-lasting structures, making it the world's second most utilized substance, only surpassed by water. In 2021, the production of cement reached approximately 4.1 billion tons, with concrete consumption being about 7 times that amount. The construction sector's considerable environmental footprint, particularly through concrete use, underscores the need for sustainable practices in concrete construction. The manufacture of Portland cement, a key ingredient in concrete, accounts for about 7–8 % of the world's CO₂ emissions. Such a substantial environmental impact, along with the exhaustion of resources like aggregates and water, has sparked concerns over the sustainability of using concrete and prompted a shift towards achieving climate neutrality globally.

In addressing these environmental challenges, the construction sector is adopting more eco-friendly practices and materials for concrete construction. This evolution focuses on lessening the environmental effects of concrete production, prolonging building lifespans, and reducing the use of resources. Collaborative efforts among researchers, industry experts, and policy makers are underway to introduce and advocate for new technologies, materials, and methods that significantly cut down the carbon footprint, energy consumption, and waste produced by concrete construction. For instance, the Swedish concrete industry unveiled a climate-neutral roadmap in 2018, created by The Concrete Initiative, involving stakeholders from the entire concrete production and construction value chain. Key objectives include halving the climate impact of concrete used in house construction by 2023 (from 1990 levels), introducing climate-neutral concrete to the Swedish market by 2030, and achieving climate neutrality within the concrete industry by 2045. Similarly, the Swedish construction and civil engineering sector has set goals for a 50 % reduction in greenhouse gas emissions by 2030 (from 2015 levels) and achieving net-zero emissions by 2045 [1].

Rapid urbanization and population growth are factors increasing the demand for new infrastructure and housing, further exacerbating the environmental impact of the construction industry. As climate change and resource scarcity continue to pose major challenges, there is an urgent need for more sustainable solutions in concrete construction.

Today, Ukraine is taking significant steps towards sustainable construction in anticipation of the country's future reconstruction. These efforts encompass both the legislative sector, through ensuring the construction industry's compliance with EU standards, and industrial capabilities, aiming for a more environmentally-conscious approach to rebuilding.

The purpose of the work consists in the analysis and systematization of local and modern foreign literature, information about the characteristics of materials on which the results of empirical research depend, such as: chemical composition, physical characteristics and properties of potential materials for testing.

Main part. The building sector is progressively emphasizing sustainable practices and the use of eco-friendly materials, driven by escalating worries about climate change, the exhaustion of resources, and the creation of waste. A key component of this transformation is the integration of sustainable materials into concrete construction. As a result, a range of innovative materials and

technologies has surfaced, seeking to lessen the ecological impact of concrete construction, improve its longevity and efficiency, and support the sustainability of the constructed environment.

Green concrete refers to various concrete mixes that include recycled content, by-products, and eco-friendly ingredients. These mixes are designed to diminish the use of finite natural resources, cut down on the carbon emissions from cement production, and lessen the ecological footprint of concrete construction. Incorporating recycled aggregates, alternative cementitious materials, and industrial leftovers like fly ash and slag exemplifies how green concrete can lead to a more eco-conscious concrete blend. Another eco-friendly strategy is utilizing materials found locally for concrete construction, helping to decrease the environmental repercussions. Local sourcing reduces emissions and energy use tied to transport significantly. Additionally, local substances can offer distinctive qualities that improve the strength and longevity of concrete structures. For instance, limestone calcined clay cement, which can substitute for traditional cement to a certain extent, and natural fibers or aggregates, which can forge more environmentally gentle and economically viable concrete mixes, are notable examples of such materials [2; 3].

Ultra High Performance Concrete (UHPC) is an advanced cement-based composite characterized by outstanding mechanical properties, high durability, improved fire resistance, and superior strength. UHPC's exceptional qualities enable using less material for construction projects, thus lowering the environmental impact associated with concrete structures. Moreover, the enhanced durability of UHPC contributes to prolonging the lifespan of structures, diminishing the frequency of maintenance, repair, and eventual replacement. Additionally, this material may enhance the energy efficiency and thermal management in buildings, attributed to its robust strength and minimal permeability [4].

Conclusion. the construction industry is actively transitioning towards sustainability by embracing green concrete and Ultra High Performance Concrete (UHPC) to address environmental concerns associated with traditional concrete use. These advancements aim to reduce the industry's carbon footprint and resource depletion, enhancing the durability and efficiency of structures. Efforts such as the adoption of recycled materials and the development of materials with lower environmental impacts signify a significant shift towards reducing the ecological footprint of construction. Initiatives like Sweden's climate-neutral roadmap further underscore the industry's commitment to sustainability, setting a precedent for reducing greenhouse gas emissions and achieving climate neutrality. This shift not only confronts the challenges posed by climate change and resource scarcity but also fosters a more sustainable, efficient, and resilient built environment for the future.

References

1. En klimatneutral värdekedja i bygg- och anläggningssektorn 2045. En färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Fossil Free Sweden. 2018, pp 1–42. URL: https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2021/10/Fardplan_for_fossilfri_bygg_och_anlaggningssektor_20181228-1.pdf (in German).
2. Agwa et al. A comprehensive review on the use of sugarcane bagasse ash as a supplementary cementitious material to produce eco-friendly concretes. *Materialstoday: PROCEEDINGS*. 2022, vol. 62, part 2, pp. 688–696.
3. Zunino F. and Scrivener K. Microstructural developments of limestone calcined clay cement (LC³) pastes after long-term (3 years) hydration. *Cement and Concrete Research*. 2022, vol. 153, pp. 1–13. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884621003422>
4. Qaidi S.M. et al. Ultra-high-performance geopolymer concrete : a review. *Construction and Building Materials*. 2022, vol. 346, pp. 1–25.

UDC 711.1., 721.001.

THE PRINCIPLES OF METABOLISM IN ARCHITECTURE FOR THE RECONSTRUCTION OF WAR-RAVAGED CITIES

Merylova Iryna¹, Ph. D., Assoc. Prof., Nevhomonnyi Hryhorii², Ph. D., Assoc. Prof.,
Rechts Olexandr³, Senior Lecturer

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

[1 merylova.iryana@pdaba.edu.ua](mailto:merylova.iryana@pdaba.edu.ua); [2 gridoriyhe952@gmail.com](mailto:gridoriyhe952@gmail.com); [3 alexr@i.ua](mailto:alexr@i.ua)

Introduction. Reconstruction of cities after war is a complex and multi-faceted process, requiring not only physical restoration of destroyed structures, but also careful consideration of social, economic, and cultural aspects. In this context, the principles of implementing metabolism in architecture become increasingly relevant and important. Metabolism, borrowed from biology, is a concept that allows buildings and urban structures to grow, change, and adapt to new conditions, meeting the needs of inhabitants and changing environments.

The concept of metabolism in architecture emerged in Japan in the 1960s and was proposed by a group of Japanese architects, including Kenzo Tange, Fumihiko Maki, and Kisho Kurokawa, as an alternative to Western rationalistic concepts [1]. Metabolism suggested a new approach to design and construction, inspired by biological processes, which laid the foundation for buildings to grow and transform in response to the current needs of society and the environment [2].

Currently, the principles of metabolism in architecture are gaining particular relevance in the context of reconstructing cities devastated by war. In this paper, we will examine the key principles of implementing metabolism in architecture in the reconstruction of war-torn cities and their significant importance in creating sustainable and viable urban environments [3; 4].

The *main purpose* is to investigate the effectiveness and benefits of applying the principles of architectural metabolism in the reconstruction of war-torn cities.

Results. The concept of metabolism in architecture offers a unique approach to implementing new solutions and concepts in the process of reconstructing war-torn cities, namely creating urban structures capable of growth, change, and adaptation to various needs of inhabitants and environmental challenges.

But why should attention be paid to architectural metabolism in the reconstruction of cities? In addition to traditional and standard approaches, the principles of metabolism in architecture offer several advantages that can make the reconstruction process more effective and sustainable:

Creation of urban structures that not only recover but also evolve over time. Instead of simply restoring damaged buildings and infrastructure according to previous standards, we can create urban spaces that can grow and change according to the needs of inhabitants and changing environmental conditions.

Creation of resilient urban environments capable of adapting to various challenges and threats. This includes creating buildings and infrastructure that can efficiently use resources, minimize the impact on the environment, and provide safety and comfort for inhabitants.

Creation of innovative and unique urban environments that can serve as symbols of renewal and revival after war destruction. This approach allows for the creation of cities that are not only functional but also inspire with their design and concept [4].

Next, we will consider several key principles and ideas that can be successfully implemented in architecture when reconstructing war-torn cities, taking into account their historical heritage, socio-cultural significance, and the needs of future generations.

Flexibility and Adaptability. This principle involves creating urban infrastructure and architectural objects capable of flexible adaptation to changing needs and conditions. For example, modular buildings or systems that can be easily modified or supplemented depending on the needs of the urban environment. In the context of post-war city reconstruction, flexibility and adaptability enable the creation of infrastructure that can quickly adapt to changes in population size, economic rehabilitation, or the development of new technologies.

Resilience and Resource Efficiency. This principle involves the use of sustainable materials and technologies in architecture, as well as the development of energy-efficient buildings and infrastructure. This includes the use of solar panels, waste utilization systems, and efficient thermal insulation. Implementing this principle can help minimize the negative impact on the environment and ensure the economic efficiency of long-term city development.

Socio-cultural Integration. This principle takes into account the socio-cultural characteristics and needs of the local community when designing the urban environment: public spaces that reflect local culture and developing architectural objects that consider the traditions and customs of local residents. Socio-cultural integration allows for the creation of urban environments that contribute to the restoration of social solidarity and cultural unity in local communities.

Innovations and Technologies. This involves the implementation of innovative technologies and solutions in architectural design and construction to improve the quality of life and safety of urban objects: using 3D printing, intelligent management systems, or smart technologies. When reconstructing war-torn cities, innovations and technologies allow creating modern and safe urban environments that contribute to the economic and social development of the city.

Reconstruction and Rebuilding. This principle includes the development of flexible plans for the reconstruction and rebuilding of urban structures while preserving the historical heritage and architectural character of the city. It includes the restoration of historical buildings and the adaptation of existing infrastructure to modern needs in order to preserve the cultural heritage of the city and restore its identity while simultaneously providing modern living and development conditions.

The outlined principles provide the opportunity to formulate a strategy for architectural and urban planning actions in the reconstruction of destroyed cities, which can include the following stages:

Analysis and Assessment. Researching the extent of city destruction, identifying key architectural and socio-cultural aspects, and determining needs and priorities for reconstruction.

Concept Development. Based on the analysis results, formulating a comprehensive reconstruction concept that considers the principles of architectural metabolism, as well as historical heritage and community needs.

Planning. Developing specific plans and projects for the reconstruction of various parts of the city, including infrastructure, public spaces, residential areas, etc.

Implementation. At this stage, the principles of metabolism are implemented through the specific projects and activities, including construction of new buildings, reconstruction of existing structures, improvement of public spaces, and other actions.

Monitoring and Evaluation. After project implementation, it is important to monitor and evaluate their effectiveness and compliance with set goals and principles. This allows for adjusting the reconstruction strategy according to changing conditions and needs [1; 2].

It is worth noting that the proposed staged approach to the reconstruction strategy of

war-torn cities allows for organizing the reconstruction process systematically, ensuring the most effective use of resources to achieve sustainable and long-term results.

Conclusions.

1. The reconstruction of cities after war is a complex and multifaceted process that requires a coordinated approach, integrating not only the physical restoration of damaged structures but also considering socio-cultural, historical, and environmental aspects. In this study, we examined the possibilities of applying the principles of metabolism in architecture to the reconstruction of war-torn cities.

2. The principles of metabolism in architecture offer an innovative approach, allowing for the creation of urban spaces capable of growth, change, and adaptation to various needs of inhabitants and changing environmental conditions. This enables the creation of sustainable and viable urban environments that reflect the historical heritage and socio-cultural significance of the local community.

3. The strategy of implementing the principles of metabolism in architecture in the reconstruction of cities includes a staged approach, starting with analysis and assessment, concept development and planning, and ending with implementation, monitoring, and evaluation. This approach allows for the systematization of the reconstruction process and ensures the achievement of sustainable and long-term results.

References

1. Koolhaas R. and Obrist H.-U. Project Japan : Metabolism Talks (Ed. Ota K., Westcott J.). Taschen America Llc, 719 p.

2. Maki F. Investigation in Collective Forms. St. Louis : Washington University School of Architecture, 1964, 87 p.

3. Merylova I., Smilka V. and Kovalska G. Public Spaces in Historic Environment as Urban Fundamentals of Sustainable Development. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 012026 (December, 2023), vol. 1275, pp. 012026-1– 012026-6. URL: <https://doi.org/1088/1755-1315/1275/1/012026>

4. Merylova I. and Sokolova K. A Human in the Urban Spase of the Globalized World. *Anthropological Measurements of Philosophical Research*. 2020, no. 18, pp. 113–120.

UDC 691.323

PROPERTIES OF RECYCLED COARSE AGGREGATES MADE OF CONCRETE WASTE

Smyrnov A.S.¹, Postgrad. Stud., Savytskyi M.V.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Myslytska A.O.³, Ass.

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

[1smyrnov.anton@pdaba.edu.ua](mailto:smyrnov.anton@pdaba.edu.ua); [2ms@pdaba.edu.ua](mailto:ms@pdaba.edu.ua); [3myslytska.anastasiia@pdaba.edu.ua](mailto:myslytska.anastasiia@pdaba.edu.ua)

During the post-war reconstruction, Ukraine will face the challenge of dealing with a large number of buildings and structures that will be subject to partial dismantling and demolition. According to the Kyiv School of Economics as of January 2024, the losses from the destruction and damage of buildings and structures amount to at least 75 billion dollars [1]. The issue of the general level of physical depreciation of buildings and structures is also relevant for Ukraine, both in the industrial and civil-residential sectors. The development of construction contributes to an increase in the volume of demolishing old buildings and structures, which, in turn, leads to the emergence of a large amount of construction waste. On the other hand, there will be a need for a large amount of materials for renewal, the share of which can account for up to 50 % of the construction cost. To reduce the cost of projects, it is advisable to reuse materials from waste generated after dismantling. In 2022 new standard was implemented regulating the handling of waste resulting from armed conflicts [2]. Now contractors carrying out the liquidation of the consequences of armed aggression are required to take measures to reuse construction waste.

Taking into account the presence of natural crushed stone in concrete scrap, the question arises about the possibility of using crushed concrete during new construction. The most obvious option is the use of crushed concrete waste as a coarse aggregate for the production of new concrete.

Concrete is a heterogeneous composite material, the mechanical properties of which are determined by the interaction of its components. In the mesoscopic model, concrete with natural aggregate is represented as a two-phase system consisting of coarse aggregate and a mortar matrix, which are connected by a layer of the interphase transition zone (ITZ) along the boundary of the coarse aggregate. Recycled coarse aggregate (RCA) is obtained by crushing and processing used concrete. Thus RCA consists of two main phases – original natural aggregate (NA) and residual mortar (RM). Therefore concrete with RCA is more complex system due to the presence of additional phases – RM and ITZ between it and NA.

During the design a concrete mixture it is necessary to know such characteristics of aggregates as grain size composition, bulk density, specific density, voids, strength. To determine the specified characteristics of RCA obtained from crushed concrete on local materials, three mixtures of concrete were designed and a series of cube samples were made from them. Each mixture was produced in 3 series for testing and grinding at the age of 28, 90 and 180 days. Materials with the characteristics given below were used to design concrete mixtures:

- cement: portland cement by Heidelbergcement, Kryvyy Rih; specific density (SD) $\rho_c = 3,1 \text{ g/cm}^3$; bulk density (BD) $\rho_{b,c} = 1,2 \text{ g/cm}^3$;
- fine aggregate: sand; fineness modulus $M_k=1,39$; SD $\rho_{fa} = 2,65 \text{ g/cm}^3$; BD $\rho_{b,fa} = 1,61 \text{ g/cm}^3$
- coarse aggregate (origin virgin aggregate): granite crushed stone; grain size composition according to DSTU B V.2.7-75-98; SD $\rho_{ca} = 2,6 \text{ g/cm}^3$; BD $\rho_{b,ca} = 1,51 \text{ g/cm}^3$; aggregate crushing value (in cylinder) 9 %.

At the appropriate age after the hardening in normal conditions, the samples were tested for compressive strength. The results of compressive strength tests are represented in the Table 1.

The samples of origin concrete were crushed using a laboratory jaw crusher with complex rotation. Since the size of the crusher's inlet is 70 mm, the samples were initially split into fragments with a maximum size of 50–60 mm. For further testing, precisely the split samples were used, based on the consideration that this method of fragmentation, in terms of its impact on the material's structure, is closest to real demolition methods of buildings.

Table 1

Origin concrete. Test results

Mixture	Age of test, days	Density, g/cm ³	Compressive strength, $f_{c,cube}$, MPa	Coefficient of variation, %	Strength f_c , MPa
C1/28/K	28	2,33	22,1	5,8	20,7
C2/28/K	28	2,36	30,7	3,7	28,7
C3/28/K	28	2,28	26,2	5,0	24,4
C1/90/K	90	2,38	29,4	13,0	23,0
C2/90/K	90	2,31	30,6	5,0	28,6
C3/90/K	90	2,32	36,0	8,2	32,9
C1/180/K	180	2,36	29,5	2,1	27,5
C2/180/K	180	2,32	34,8	2,8	32,5
C3/180/K	180	2,34	36,6	8,0	33,6

Grain size composition of each mixture was determined by sieve analysis. The results of tests are represented as sieving curves (Fig. 1, 2). As we can see from Figure 1 ungraded mixtures of fine (less than 5 mm) and coarse fractions (more than 5 mm) do not meet the requirements of [3] due to the large content of fine fractions (they are not between curves A and B). At the same time, in general, the grain size composition of only coarse fractions meets the requirements of standards in Ukraine (Fig. 2): in the two-fraction mixture, the content of the 5–10 mm fraction is up to 31 %, the 10–20 mm fraction is 63–70 %, the larger fraction is 1–6 %.

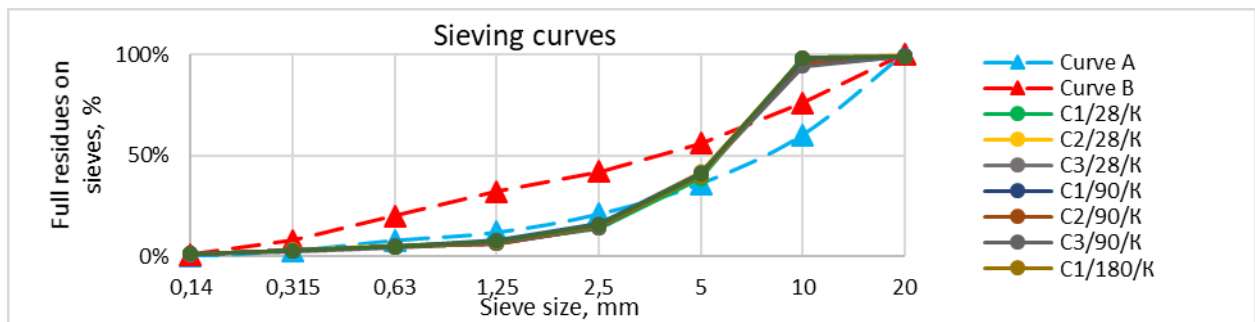


Fig. 1. Sieving curves of a mixture of fine and coarse fractions

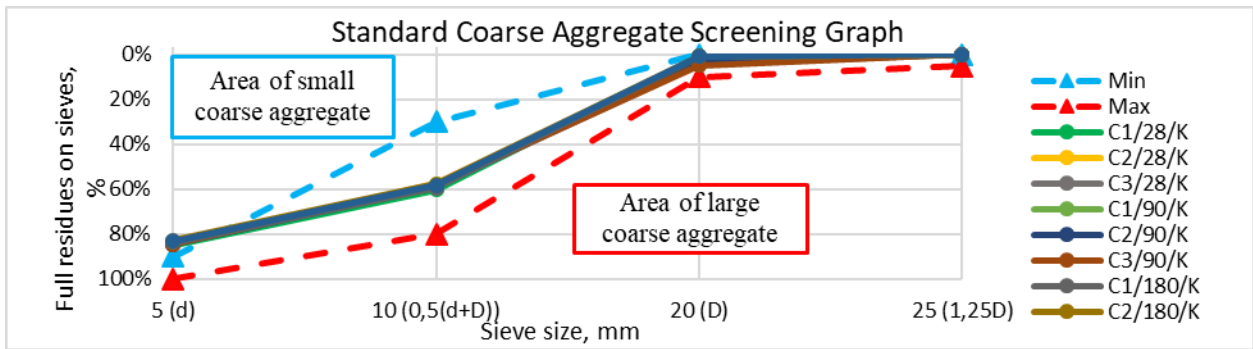


Fig. 2. Sieving curves of only the coarse fractions on the standard graph

A visual inspection of individual grains of fractionated RCA showed that the content of RM on the grains of different fractions differs significantly. Almost 100 % of grains in the 10–20 mm fraction contain both natural crushed stone and RM. In the vast majority, the content of the RM is less than 50 %. In the fraction of 5–10 mm, a certain amount of grains does not have natural crushed stone at all, in a large number of grains the content of RM significantly exceeds 50 %. Therefore, to determine the specific and bulk densities, each fraction was tested separately.

The obtained BDs ranged from 1,05 g/cm³ to 1,1 g/cm³ of fractions 5–10 mm and from 1,20 g/cm³ to 1,27 g/cm³ of fractions 10–20 mm.

Given the presence of porous RM on the grains paraffin was used to determine the SD. Randomly selected and pre-weighed grains were immersed for 1–2 s in melted paraffin and then cooled in air. After that, the grains with paraffin were weighed and placed in a flask with a predetermined volume of water in it. Knowing the density of paraffin, the SD of RCA was determined. The obtained SDs ranged from 2,29 g/cm³ to 2,38 g/cm³ of fractions 5–10 mm and from 2,44 g/cm³ to 2,55 g/cm³ of fractions 10–20 mm.



Fig. 3. Fractions 5–10 mm (a) and 10–20 mm (b)

To determine the strength of RCA, a crushing test in a steel cylinder was carried out. Based on the test results graphs of the dependence of crushing value on SD were constructed (Fig. 3). It can be seen that the strength of the RCA decreases with a decrease in density.

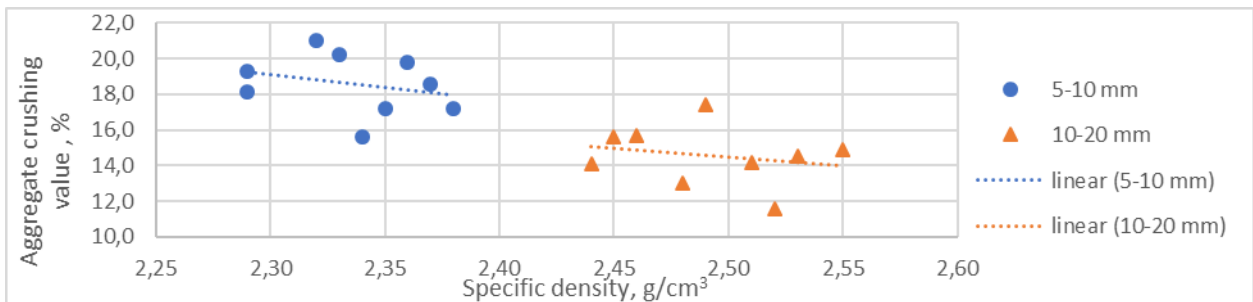


Fig. 3. Dependence of aggregate crushing value on SD

Conclusions. The main factor that has a decisive influence on the properties of RCA and concrete with their use is the presence of RM. During experiment, due to the known information about the characteristics of the components of the original concrete mixtures, it was established that the content of the RM by mass in fractions of 5–10 mm was 20–30 %, in fractions of 10–20 mm – 5–15 %. The presence of RM is the reason for the diversity of densities even within the same fraction, which significantly complicates the correct design the concrete mixture. It also causes the higher water absorption. Therefore, one of the methods of improving the properties of RCA is to reduce the content of the RM. Obviously this content is determined at the stage of crushing concrete scrap. Due to the features of the crushing process in the jaw crusher, the structure of the mortar matrix is disturbed. As a result, some grains, even maintaining their shape, become very weak – their destruction is possible even by hand. It is advisable to apply additional grinding in a hammer crusher, in which the weakened fragments will be separated from the grains under impact. And that will generally lead to an increase in the strength of the entire RCA mixture, as well as to an increase in the density of its packaging.

References

1. *Otsinka zbytkiv* [Damage assessment]. URL: <https://damaged.in.ua/damage-assessment> (in Ukrainian).
2. *Poriadok povodzhennia z vidkhodamy, shcho utvorylys u zv'iazku z poshkodzhenniam (ruinuvanniam) budivel ta sporud vnaslidok boiovykh dii, terorystychnykh aktiv, dyversii abo provedenniam robit z likvidatsii yikh naslidkiv* [The procedure for handling waste resulting from the damage (destruction) of buildings and structures due to armed conflict, terrorist acts, sabotage, or the implementation of works to eliminate their consequences]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September, 27, 2022, no. 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/1073-2022-%D0%BF?lang=uk#Text> (in Ukrainian).
3. *DSTU-N B V.2.7-299:2013. Nastanova shchodo vyznachennia skladu vazhkoho betonu* [DSTU-N B V.2.7-299:2013. Guidelines for design the mixture of heavy concrete]. Kyiv : SE “State Research Institute of Building Constructions”, 2013 (in Ukrainian).

УДК 697.942

НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ КЛІМАТИЧНІ ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

Адегов О. В.¹, к. т. н., доц., Ляховецька-Токарєва М. М.², к. т. н., доц.,
Ткачова В. В.³, к. т. н., доц., Прокоф'єва Г. Я.⁴, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
[1adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua); [2lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua](mailto:lyakhovetsky-tokareva@pdaba.edu.ua);
[3tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua](mailto:tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua); [4chornomorets.halyna@pdaba.edu.ua](mailto:chornomorets.halyna@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Останніми роками значно зросли вимоги до енергоефективності, експлуатаційних витрат та екологічності кліматичного обладнання під час забезпечення параметрів мікроклімату в приміщеннях житлових будинків, дошкільних і шкільних установ, лікарень. Виконання таких вимог до інженерного обладнання стає особливо важливим під час нового будівництва та модернізації наявних будівель. Кліматичні інженерні системи суттєво впливають на визначення енергоефективності будівель, у яких це обладнання використовується.

Комбінація різних інженерних систем генерації теплоти і холоду, інженерного обладнання споживання теплоти і холоду та використання інтелектуальних систем управління всім інженерним обладнанням призводить до значної економії первинного енергоресурсу – до 30–50 %.

У Європейському союзі було розроблено стратегію підвищення енергоефективності будівель з урахуванням застосовуваного інженерного обладнання та визначення індикатора інтелектуальності будівлі – Директива 2010/31/ЄС EPBD 2 «Щодо Енергетичного забезпечення будівель» та заключний звіт Європейського проєкту з розроблення інтелектуального індикатора будівлі [1–3].

Мета роботи полягає в аналізі та оцінці енергетичної ефективності різних варіантів комбінованих систем генерації теплової енергії та кліматичного обладнання.

Основна частина. Мікроклімат приміщення характеризується такими параметрами: температурою повітря, температурою всіх внутрішніх навколишніх поверхонь, вологістю та швидкістю руху повітря. Найважливішим параметром, що впливає на комфорт, є температура всередині приміщення. Температурна обстановка в приміщенні повинна задовольняти вимогам комфорту. Температура в приміщенні повинна відповідати вимогам комфорту.

У разі порівняння двох кліматичних інженерних систем, що працюють із високою та низькою температурами, найкомфортніші для людини умови створюють саме низькотемпературні системи опалення, які забезпечують невеликий перепад температур у приміщенні та не викликають негативних відчуттів. Сучасні низькотемпературні кліматичні інженерні системи опалення розробляються відповідно до європейського стандарту EN – 422-1/2 на використання теплоносія на вході в опалювальну систему $t_{\text{под}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$, а на виході $t_{\text{звор}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ [4–9]. У сучасних низькотемпературних кліматичних системах температура на вході у теплогенеруюче обладнання може працювати з температурами 30–50 $^\circ\text{C}$. Тепло, яке забезпечує виконання параметрів мікроклімату приміщень, з такими параметрами теплоносія називають «м'яким». Використання низькотемпературного теплоносія в системах опалення різного типу і систем генерації теплоти з температурою до 45 $^\circ\text{C}$ має безліч переваг, які впливають на вибір таких систем для забезпечення температурного комфорту в приміщеннях

Треба зазначити, що під час вибору низькотемпературної кліматичної інженерної системи необхідно узгодити роботу елементів системи на кожному кроці, тобто необхідно враховувати:

- якість утеплення огорожувальної конструкції будівлі;
- систему генерації низькотемпературного теплоносія, тобто її здатність генерувати теплоту з необхідною температурою і в необхідному обсязі та в задані періоди року;
- систему транспортування і розподілу теплоносія, з урахуванням зменшення теплових втрат;
- систему споживання низькотемпературного носія.

Найпоширенішими низькотемпературними системами опалення є поверхневі системи опалення: тепла підлога, теплі стіни, тепла стеля. Існує кілька технологій створення поверхневих систем опалення: водяні та електричні. В електричних використовуються електрокабель або електромати, що монтуються в конструкції підлоги, стін і стелі. У водяних системах поверхневого опалення використовуються полімерні труби з діаметрами $\varnothing 8$ мм – $\varnothing 14$ мм та поліпропіленових капілярних матів з діаметром $\varnothing 3$ мм. Крім опалення, ці системи енергоефективно використовуються для охолодження приміщень, тобто створюють температурний комфорт у літній період року. Монтаж трубопроводів здійснюється в конструкції підлоги, стіни, стелі. Поверхні труб у підлозі заливаються бетонною стяжкою, у стінах закриваються штукатуркою або гіпсокартоном, у стелі закриваються гіпсокартоном або декоративними металевими панелями, або використовуються панелі заводського виробництва (рис.1) [8; 9].



Рис. 1. Варіанти облаштування поверхневих систем опалення в підлозі, у стіні, у стелі

Призначення будь-якої кліматичної системи – підтримання комфортних умов перебування людини в приміщенні: температурний режим, швидкість переміщення повітря і вологість. Для виконання цього призначення необхідно узгодити температуру теплоносія після теплогенеруючого пристрою, температуру опалювального приладу, температуру і швидкість повітря в приміщенні. Таке узгодження можна забезпечити правильним підбором основних елементів інженерних кліматичної системи та систему інтелектуального управління.

Температурний режим приміщення визначається температурою повітря в приміщенні та середньою радіаційною температурою приміщення [4–8].

Таблиця 1

Температури води та тепло- і холодопродуктивності при опаленні й охолодженні

Найменування поверхні	Опалення	Охолодження	Теплопродуктивність при температурі теплоносія 27 °C / 32 °C	Холодопродуктивність при температурі теплоносія 14 °C / 18 °C
	діапазон температур, °C	діапазон температур, °C		
Підлога	18–29	14–18	100 Вт/м ² *	35 Вт/м ² *
Стіна	20–35	14–18	85 Вт/м ² *	68 Вт/м ² *
Стеля	20–42	14–18	68 Вт/м ² *	85 Вт/м ² *

* теплопродуктивність/холодопродуктивність залежить від температури води в системі та від площі гріючої/охолоджувальної поверхні.

Спільна дія цих двох температур визначає температуру відчуття людиною в приміщенні (результуюча температура приміщення). За невеликих швидкостей повітря в приміщенні $v < 0,2$ м/с, температура приміщення визначається як середнє арифметичне температури повітря і середньої радіаційної температури. Це означає, що і температура повітря, і середня радіаційна температура однаково важливі для підтримання необхідного рівня теплового комфорту в приміщенні [4; 6; 7].

Суттєву роль у визначенні середньої радіаційної температури відіграє кількість поверхонь, які оточують людину та їхні температури. Поверхнями можуть бути підлоги, стіни, стеля, вікна, двері та фрагменти поверхонь, температура яких можуть відрізнятися більше ніж на 4 °C. У цьому разі виникають проблеми асиметрії (нерівномірності) променистого теплообміну поверхні тіла людини та поверхонь, що його оточують, при цьому виникає тепловий дискомфорт через різницю в температурі між окремими частинами тіла. У цьому випадку виконується темперування таких поверхонь або збільшується температура внутрішнього повітря.

Радіаційна температура t_R - це усереднена температура охолоджених і нагрітих поверхонь, яка отримана для умов променистого теплообміну людини, яка перебуває в середині приміщення, визначається як [4–7]:

$$t_R = \sum t_{opi} \times \varphi_{ч-i}, \quad (1)$$

де t_{opi} – температура і-ої поверхні; $\varphi_{ч-i}$ – коефіцієнт опромінення з поверхні людини в бік оточуючих її і-их поверхонь, що мають температуру t_{opi} .

Дослідження і розрахунок коефіцієнта опромінення людини в кімнаті з площею $A = 6 \times 6 = 36$ м², з висотою стелі 3 м [6; 7]:

- коефіцієнт опромінювання з боку підлоги дорівнює $\varphi_{л-підл1} = 0,4$ для людини в положенні сидячи і $\varphi_{л-підл2} = 0,37$ для людини в положенні стоячи;
- коефіцієнт опромінювання з боку стелі значення коефіцієнта перебуває в діапазоні $\varphi_{л-стеля1} = 0,15$ і $\varphi_{л-стеля2} = 0,2$.

Коефіцієнт опромінювання з боку навколишніх поверхонь залежить від геометричних розмірів приміщень і від площі фрагментів на поверхнях, що гріють або охолоджують.

Приблизно величину усередненої температури охолоджених і нагрітих поверхонь t_R визначають як середньозважену за площею окремих поверхонь F_i :

$$t_R \approx \sum (t_{opi} \times F_i) / \sum F_i. \quad (2)$$

Таке значення t_R правомірне в тому разі, коли перепад температур на одній поверхні не перевищує $4\text{ }^\circ\text{C}$. Особливо необхідно звернути увагу на розмір і форму площі або фрагментів поверхні підлоги, або фрагментів поверхні стіни, або фрагментів поверхні стелі відносно всієї площі, що можуть мати суттєві різні температури. Ще треба звернути увагу на місця сполучення підлоги, стелі та внутрішніх перегородок із зовнішньою стіною (це має значення для багатоповерхових будинків старої забудови до 1990 року). У цих місцях існують площі з температурою поверхні, яка значно відрізняється від температури в інших місцях поверхні.

Температура у звичайних приміщеннях з висотою стель до 3-х метрів і з невеликою рухливістю повітря до $0,2\text{ м/с}$ характеризується результируючою температурою $t_{\text{пом}}$, і приймається рівною:

$$t_{\text{пом}} = 0,5 \times (t_{\text{пов}} + t_R), \quad (3)$$

де $t_{\text{пов}}$ – температура повітря у приміщенні.

У разі використання поверхневих систем опалення та охолодження градієнт температур за висотою приміщення при променистому опаленні може становити $\Delta t_{\text{град промен}} = 0,2\text{--}0,3\text{ }^\circ\text{C/м}$, при конвекційному опаленні $\Delta t_{\text{град конвекц}} = 0,7\text{--}1,5\text{ }^\circ\text{C/м}$. Такий невеликий градієнт зміни температури по висоті за низькотемпературного променевого опалення або охолодження дає можливість отримати необхідну температуру приміщення (робоча температура, оперативна температура) за нижчої температури повітря, яка є на $1\text{--}1,5\text{ }^\circ\text{C}$ нижчою порівняно з іншими конвекційними системами опалювання [5–7].

Використання низькотемпературних кліматичних інженерних систем створюють найкращі умови для роботи конденсаційних котлів і теплових насосів, сонячних колекторів, високий рівень енергетичної ефективності та екологічної безпеки. Під час застосування таких систем виокремлюють окремі узгоджені групи інженерного обладнання: системи генерації та акумулювання, розподілу та споживання низькотемпературного теплоносія. Крім цього використовують твердопаливні котли з баком акумулювання гарячої води та з клапанами регулювання температури води на подачі. Ці системи ще називають комбінованими [10]. Важливим елементом таких систем є інтелектуальні системи управління генерацією, акумулюванням, розподілом і споживанням теплоносія для отримання оптимальних параметрів мікроклімату.



Рис. 2. Приклади низькотемпературних кліматичних інженерних систем

Висновок. Використання низькотемпературних інженерних систем для підтримання параметрів мікроклімату приміщень дає змогу заощаджувати щонайменше $40\text{--}50\%$ первинних енергоресурсів і значно знизити викиди CO_2 , порівнюючи з традиційними високотемпературними системами.

Застосування інтелектуальних систем керування низькотемпературними інженерними системами дають змогу забезпечити оптимальні параметри мікроклімату в потрібний час і потрібному обсязі.

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. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 113 с.
5. ДСТУ EN 442-1:2019 (EN 442-1:2014, IDT). Радіатори та конвектори. Ч. 1. Технічні умови та вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 94 с.
6. ISO Standard 7730. Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva : International Organization for Standardization, 1994. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/14567/8b424422c77b49239f1c385829105f0c/ISO-7730-1994.pdf>
7. ANSI/ASHRAE. Standard 55-2017. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. URL: https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/55_2017_d_20200731.pdf
8. BEKA Capillary Tube Systems. Technical Information. URL: <https://www.beka-klima.de/en/heating-cooling/pdf-technical-data-sheets/>
9. REHAU. Системи обігріву та охолодження поверхонь. Технічний посібник. URL: http://aquaterm.com.ua/rehau/tech/TI_02_FH3%2074-94.pdf
10. BUDERUS Документація типових схем. URL: https://www.buderus.com/ua/media/country-pool/service/technical-documentation/dovidnyk_buderus_ua.pdf

УДК 69.059

РОЛЬ ВИКОРИСТАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ У ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

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, аспірант
Національний університет «Запорізька політехніка»
[1 beynern@gmail.com](mailto:beynern@gmail.com); [2 beyner@gmail.com](mailto:beyner@gmail.com);
[3 starwarskmv4@gmail.com](mailto:starwarskmv4@gmail.com); [4 d.sergeevich108@gmail.com](mailto:d.sergeevich108@gmail.com)

Постановка проблеми. Воєнні дії на території України, викликані агресією Російської Федерації, привели до серйозних наслідків для країни. Зруйнована значна кількість будівель та інфраструктури. Бойові дії, артилерійські обстріли, вибухи та інші форми військової агресії призвели до пошкодження шкіл, лікарень, житлових будинків, доріг, мостів та інших об'єктів [1].

Ця ситуація породжує серйозну проблему відновлення інфраструктури та будівельного фонду на постраждалих територіях. Без відбудови цих об'єктів важко уявити повернення до нормального життя та функціонування економіки. Необхідно знайти ефективні та швидкі способи з урахуванням специфічних викликів, які виникають у воєнних умовах.

Мета роботи: вивчення впливу технології BIM на процес відновлення будівель та споруд, пошкоджених у результаті боєвих дій, для визначення оптимальних стратегій використання цієї технології при відновленні України.

Основна частина. Під час воєнних конфліктів будівлі та споруди можуть зазнати різноманітних видів пошкоджень. Під час вибуху ударна хвиля, що виникає від вибухової речовини, може спричинити руйнування стін, стель та інших елементів будівлі. Перепади тиску, температури та розтягнення матеріалів призводять до пошкодження і руйнування структур. Артилерійські снаряди та кулі можуть проникати через стіни та дахи будівель, спричиняючи руйнування конструкцій. Пошкоджені частини будівель можуть також впасти, що призведе до подальшого руйнування. Військові дії часто супроводжуються пожежами через вибухи або внаслідок підпалів. Пожежі руйнують дерево, пластик та облицювальні матеріали, які входять до складу фасадів, а також можуть призвести до перегрівання та деформації сталевих і бетонних конструкцій.

Важливо докладно оцінити різноманітні види пошкоджень, що можуть зазнати будівлі та споруди, провести аналіз наслідків та зробити висновки про цілеспрямованість відновлення або зносу залишків та будови нового об'єкту. Також необхідно враховувати економічну складову відновлення порівняно з новим будівництвом. Це допоможе прийняти обґрунтоване рішення щодо майбутньої долі пошкоджених будівель та споруд.

Технологія BIM (Building Information Modeling) виявляється надзвичайно корисною у відновленні будівель, які постраждали під час бойових дій. Вона дозволяє зібрати та систематизувати величезний обсяг інформації про стан пошкоджень та відновлення об'єктів, уникнути помилок і планувати роботи більш ефективно [2].

Використання цієї технології дозволяє приймати правильні рішення ще на етапі концептуального проектування. Завдяки цифровій репрезентації будівлі або споруди у вигляді тривимірної моделі, можна аналізувати різні аспекти проекту і прогнозувати його ефективність ще до початку фізичного виконання робіт [3].

BIM допомагає зробити 3D модель будівлі, що зазнала пошкоджень, або нового об'єкту, що планується спорудити. За допомогою цифрової моделі можна виявити потенційні проблеми або недоліки в проекті, а саме:

- слабкі місця в конструкціях;

- потенційні конфлікти між системами (колізії);
- недоліки у виконанні будівельних стандартів;
- проблеми з ергономікою та безпекою простору.

Тривимірна модель пошкодженого будинку дозволить провести його модернізацію під більш сучасні умови. Врахувати оптимальне розташування електричних розеток, систем опалення та вентиляції, щоб підвищити комфорт та енергоефективність будівлі. Крім того, за допомогою технології BIM можна здійснити аналіз стійкості будівлі до різних навантажень та розробити оптимальні заходи з підсилення конструкції.

Підсилення конструкції є одним із важливих аспектів відновлення пошкоджених об'єктів [1]. Наприклад, в разі руйнування стін або фундаменту, за допомогою BIM можна вибирати найефективніші рішення з точки зору витрат та часу.

Можливість визначити вартість реконструкції порівняно з будівництвом нового об'єкту, розрахувати можливі витрати на матеріали та робочу силу, і оцінити загальні витрати на проект у різних сценаріях – головна перевага такої технології.

Економічна цілеспрямованість відновлення порівняно з будівництвом нового об'єкту дає змогу раціонально використовувати наявні ресурси. Ремонт або модернізація існуючої будівлі може коштувати менше, порівняно з будівництвом нового об'єкту, оскільки часто вже є готова інфраструктура та база для робіт. Однак, у деяких випадках, особливо при виявленні серйозних дефектів або застарілих систем, відновлення може забирати більше часу і вимагати більших витрат [3].

Подивимося на приклад з Великобританії, де застосування BIM в пілотних проектах виявилось особливо ефективним [4]. Розглянемо випадок реконструкції в'язниці, яка існувала протягом понад 150 років. На етапі концептуального проектування виявилось, що реконструкція цього об'єкту обійдеться значно дорожче, ніж будівництво нового комплексу. Оцінки показали, що реконструкція потребуватиме щонайменше ще 20 млн фунтів стерлінгів, тоді як будівництво нового об'єкту на новому місці коштувало б приблизно 100 млн фунтів.

Враховуючи ці цифри, вирішено було спорудити нову в'язницю на іншому місці, а старий комплекс продати приватним інвесторам для комерційного використання. Це рішення принесло значні економічні вигоди, зберегло приблизно 20 млн фунтів стерлінгів, що становить 18 % від вартості реконструкції. Такий успішний приклад ефективного використання BIM управління проектом отримав високу оцінку влади.

Цей приклад показує, що завдяки BIM можна не лише виявити економічні переваги будівництва нового об'єкту, але й визначити оптимальні стратегії використання ресурсів та збереження бюджету. Це особливо актуально в умовах відновлення постраждалих об'єктів після воєнних дій.

Інженери можуть експериментувати з різними матеріалами, конструкціями та технологіями, щоб знайти найбільш оптимальний інженерний та архітектурний підхід [1]. Тестування різних альтернативних варіантів реконструкції або будівництва суттєво заощаджує час та полегшує процес прийняття рішень під час відновлення пошкоджених будівель. Можна випробувати різні проектні рішення та зрозуміти їхні наслідки, що допомагає вибрати найоптимальніший та ефективний варіант для втілення.

Використання BIM дозволяє ефективно спілкуватися та співпрацювати між усіма учасниками проекту – від архітекторів та інженерів до замовників та підрядників. Це допомагає уникнути непорозумінь та збільшує швидкість вирішення проблем, що виникають під час відновлення.

Інноваційне відновлення будівель в Україні за допомогою технології BIM дає наступні переваги:

1. Ефективне управління проектом.

2. Мінімізація помилок та витрат.
3. Покращення співпраці між учасниками.
4. Оптимізація відновлювальних робіт.
5. Швидке виявлення проблем.
6. Моніторинг вартості проекту.
7. Підвищення якості відновлення

Великобританія має приклад, який ілюструє, що будівництво шкіл за допомогою BIM виявилось на 30 % дешевше порівняно з традиційними методами. Це може бути пояснено кількома чинниками. По-перше, можна ефективно планувати і оптимізувати процес будівництва, що дозволяє уникнути зайвих витрат та забезпечити оптимальне використання ресурсів. По-друге, є можливість усувати проблеми та конфлікти в проекті на ранніх стадіях, що запобігає затримкам та додатковим витратам у майбутньому. Цей приклад демонструє доцільність використання технології BIM у будівництві та реконструкції, особливо в умовах обмежених фінансових ресурсів. Зменшення витрат і мінімізація ризиків є критичним у контексті складної фінансової обстановки у країні.

Висновок. Використання технології BIM в процесі відновлення будівель та споруд, є ефективним та перспективним підходом, що дозволяє розробляти оптимальні стратегії відбудови, ефективно використовувати ресурси та забезпечувати стійкість та безпеку відновлених об'єктів. Переваги та можливості BIM роблять його незамінним інструментом, який допомагає забезпечити швидке, ефективне та точне відновлення інфраструктури після бойових дій.

Однак, для повного використання потенціалу BIM важливо впроваджувати цю технологію на законодавчому рівні. Це включає в себе створення відповідних нормативно-правових актів, які стимулюватимуть використання BIM на всіх етапах будівельного процесу. Такі законодавчі ініціативи можуть включати обов'язкове використання BIM у державних та комерційних проектах, надання фінансових пільг та підтримки для компаній, які впроваджують такий підхід, а також вдосконалення стандартів та регуляцій, що стосуються використання цієї технології.

Список використаних джерел

1. Використання інформаційного моделювання будівель (BIM) у повоєнній відбудові України. URL: <https://ain.ua/2023/06/15/vykorystannya-informacijnogo-modelyuvannya-budivel-bim-u-povoyennij-vidbudovi-ukrayiny/>
2. Возний В. С., Смоляк В. В. Міжнародний досвід застосування BIM-технологій в будівництві. *Інноваційні технології в будівництві : матер. Міжнар. наук.-техн. конф.* Вінниця, 10–12 листопада 2020 р. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/31966/%d0%92%d0%be%d0%b7%d0%bd%d0%b8%d0%b9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. 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>
4. Трач Р. В. Аналіз світового досвіду запровадження інформаційного моделювання в будівництві *International scientific and production journal*. 2017. Вип. 34. С. 154–159. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/294438>

УДК 620.92(075.8)

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Бєліков А. С.¹, д. т. н., проф., Колесник І. О.², к. т. н., доц., Смирнов Є. Д.³, аспірант
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ belikov@pdaba.edu.ua; ² kolesnik.inna@pdaba.edu.ua; ³ smirnov0800@icloud.com

Постановка проблеми. Найбільший інтерес для енергопостачання житла становить сонячна енергія. Відновлювані джерела енергії екологічно не бездоганні, але збитки від них незрівнянно менші, ніж від традиційної енергетики. Великі гідроелектростанції та деревне паливо теж є відновлюваними джерелами, проте вони відносяться і до традиційних джерел, і також завдають шкоди навколишньому середовищу.

Використання відновлюваних джерел енергії в Україні має тривалу історію. На початку ХХ століття їхня частка у загальному паливно-енергетичному балансі країни досягала 90 %, причому близько 40 % припадало на дрова, близько 20 % – на вітер і стільки ж – на торф. Період індустріалізації призвів до повної централізації господарського життя, у тому числі й енергопостачання, витіснивши всі автономні енергоустановки, до них відносяться й відновлювані джерела енергії, частка яких становить приблизно 1 % [1; 2].

Первинною енергією життя на Землі за невеликим винятком є сонячна. Вона, як показують розрахунки, у більшості районів Землі може бути основним джерелом енергії

Мета роботи. Проектування і будівництво енергоефективних будівель полягає в більш ефективному використанні енергоресурсів, які витрачаються на енергопостачання будівлі, шляхом застосування інноваційних рішень, які здійсненні технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичного способу життя. Пріоритетність при виборі енергоефективних технологій мають технічні рішення, які одночасно сприяють поліпшенню мікроклімату приміщень і захисту навколишнього середовища.

Основна частина. За відсутності атмосфери Землі на перпендикулярну випромінюванню майданчик у 1 м падало б 1 400 Вт енергії. Ця величина коливається залежно від активності Сонця, але трохи. За відсутності хмар земна атмосфера розсіює близько 20 % усієї сонячної радіації. Загалом у ясний сонячний день близько 80 % енергії сонячного випромінювання досягає земної поверхні. У середньому через екранування хмарами до земної поверхні доходить 52 % сонячної енергії. Всього на Землю на рівні моря приходить щорічно близько 800 трильйонів МВт-год. сонячної енергії, що приблизно у вісім тисяч разів більше, ніж вся сучасна вироблення енергії людиною [3].

У ясну погоду, на будь-якій широті та в будь-яку пору року, на перпендикулярний до сонячних променів майданчик надійде майже однакова кількість енергії. Очевидно, що за високого стояння сонця над горизонтом більше енергії прийде на горизонтальний майданчик, за низького – на вертикальний. Основними факторами, що визначають прихід сонячної енергії в тому чи іншому географічному районі, є широта та хмарність. При однаковій широті континентальний клімат (менш хмарний) буде сприятливішим для сонячної енергетики, ніж морський.

Розрахунки показують, що в Україні двоповерховий будинок, що займає у плані 100 м², протягом року отримує від сонця понад 160 МВт-год. енергії, що перевищує всю його річну потребу. Технічно зараз можна корисно використовувати лише близько третини сонячної енергії, що приходить. Енергію сонячного випромінювання можна

перетворити на електричну, хімічну або теплову [3].

Теплові сонячні колектори перетворюють енергію сонячного випромінювання безпосередньо на тепло, нагріваючи теплоносії — воду, повітря. Перевагою теплових сонячних перетворювачів є високий ККД та відносно низька вартість. У сучасних колекторів ККД досягає 45–60 % [3; 4].

Однак, потреби в низькотемпературному теплі влітку в будинку невеликі, а через труднощі його тривалого зберігання до зими його зберегти складно. Технологія перетворення сонячного тепла на електроенергію, яка використовується на великих енергостанціях, для будинку є дуже складною. Цими фактами визначаються порівняно невеликі площі, що відводяться під геліоколектори в енергоефективних будинках, які використовуються, головним чином, для гарячого водопостачання.

Ефективність сонячних колекторів підвищується, якщо вони забезпечені концентраторами випромінювання. Залежно від наявності чи відсутності концентраторних пристроїв теплові колектори поділяються на плоскі та концентраторні. Плоскі колектори найпростіші та дешевші, проте дають лише низькотемпературне тепло, сфера застосування якого у будинковому енергогосподарстві обмежена. Концентраторні колектори більш ефективні, але досить складні, в тому числі в експлуатації, та дороги через необхідність поворотних систем стеження за Сонцем. Тому у домашній енергетиці вони майже не використовуються [2].

Плоский тепловий колектор є плоским ящиком з прозорим покриттям, зверненим до Сонця, і теплоізованими, щоб уникнути тепловтрат, рештою поверхні. Усередині знаходиться система трубопроводів для теплоносія (повітря або рідини) з крильцями з теплопровідного матеріалу, що збільшують ефективність теплозбору. Як прозорий екран використовується скло з максимальним пропусканням сонячного спектру. Крильця і самі канали покриваються якимось темним складом.

Якщо відкачати з колектора повітря, його власні тепловтрати зменшаться. Так влаштовані вакуумні колектори, проте в цьому випадку вакуум вдається дотриматися тільки всередині скляних циліндричних трубок, що оточують канали з теплоносієм. Плоский лист скла не може витримати атмосферний тиск, що становить 10 т/м^2 . Також випускаються колектори зі зниженим тиском повітря всередині, для протидії атмосферному тиску їхня передня скляна стінка зміцнюється металевими підпірками. Вакуумні і зі зниженим тиском колектори дорожчі за звичайні, але краще працюють взимку і в хмарну погоду. Взимку Сонце не тільки світить, а й гріє, і навіть дещо сильніше через те, що знаходиться ближче до Землі [3; 4].

Найбільшого поширення набули рідинні колектори; крім колектора, вони вимагають наявності бака накопичувача для нагрітої води, сполучних трубопроводів та запірно-регулюючої апаратури. Бак-накопичувач та трубопроводи також потребують утеплення. Якщо бак-накопичувач розташований вище колектора, то в системі можлива природна циркуляція теплоносія, інакше використовується циркуляційний насос.

При автоматичному регулюванні роботи всієї системи, можливе автоматичне зливання води з колектора при загрозі його замерзання, що важливо при роботі в холодну пору року. Інший спосіб боротьби із замерзанням – використання антифризу. Однак цей спосіб має обмежене використання через високу вартість антифризів.

Ще один різновид сонячних колекторів – накопичувальні. Бак-накопичувач поєднаний з колектором, тобто внесений у теплоізований об'єм колектора. Використання накопичувальних колекторів спрощує конструкцію всієї установки, але в той же час пред'являє підвищені вимоги до міцності конструкцій покрівлі.

Тепло, отримане від сонячних колекторів, може використовуватися для гарячого водопостачання та опалення безпосередньо або через теплообмінники. Найбільш

гігієнічним та комфортним є водяне підлогове опалення. Необхідна температура теплоносія 30–35 °С. Цей вид опалення добре поєднується із сонячними теплоуловлюючими установками. Повітряні сонячні колектори простіше рідинних, однак у зв'язку з недоліками повітряного опалення вони використовуються рідше [3; 4].

Геліоустановки зазвичай розміщують на фасадах та дахах, орієнтованих на південь, південний схід та південний захід. У зв'язку з цим виникло нове поняття — енергетичний дах. Оптимальна орієнтація залежить від клімату, рельєфу місцевості, характеру затінку та інших умов. Геліоприймачі можуть встановлюватися як нерухомо, так і на рухомих і трансформованих платформах, що дозволяють змінювати їхню орієнтацію та конфігурацію в залежності від положення Сонця.

Часто виникає проблема затінення геліоприймачів деревами, будинками чи іншими спорудами. Передбачається, що під час планування забудови має зберігатися певне просторово висотне співвідношення між будинками.

Розрахунки показують, що навіть за досить щільного шахового розташування будинків взаємне затінення може залишатися в допустимих межах [3].

Для районів, схильних до стихійних лих, сонцеприймальні пристрої, повинні бути досить стійкими до їх впливу. Наприклад, в даний час виробляється фоточерепиця (черепиця з вбудованими фотоелементами), покрита броньованим склом, що витримує потрапляння каменю.

Нормативні вимоги до умов праці і виробничої санітарії при роботі з обладнанням геліосистем забезпечуються використанням технологічного обладнання, з відповідними гігієнічними характеристиками, сертифікованого по стандартам України і забезпеченого санітарно-гігієнічними сертифікатами.

При проектуванні геліосистем і їх будівництві передбачаються заходи, що забезпечують виконання вимог безпеки при виконанні технологічних операцій, передбачених проектом.

При роботі обладнання геліосистеми в оточуюче середовище забруднюючі речовини не виділяються. Технологічний процес вироблення теплової енергії за рахунок сонячного випромінювання не входить до Переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку [1; 2; 5].

Висновок. В даний час енергоефективність є одним із пріоритетних завдань. Це з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючою вартістю їх видобутку, і навіть із глобальними екологічними проблемами. Економія енергії – це ефективне використання енергоресурсів за рахунок застосування інноваційних рішень, які здійсненні технічно, обґрунтовані економічно, прийнятні з екологічної та соціальної точок зору, не змінюють звичного способу життя. Будівля має бути запроектована та зведена таким чином, щоб при виконанні встановлених вимог до внутрішнього мікроклімату приміщень та інших умов проживання забезпечувалося ефективно та економічно витрачання енергетичних ресурсів під час його експлуатації.

Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071.
2. Калда Г. С., Шевеля В. В., Беліков А. С. та ін. Безпека експлуатації альтернативних джерел енергії : навч. посіб. 2020. 197 с.
3. Кривцов В. С., Олейников О. М., Яковлев О. І. Невичерпна енергія. Кн. 3. Альтернативна енергетика. Харків : НАУ «ХАІ»; Севастополь : СНТУ, 2006. 643 с.

4. Соловей О. І., Лега Ю. А., Розен В. П., Ситник О. О., Чернявський А. В., Курбаса Г. В. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії : навч. посіб. Черкаси : ЧДТУ, 2007. 483 с.

5. Жидецький В. Т., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці : підруч. Львів : Афіша, 2002. 350 с.

УДК 130.2+304.44

КОНЦЕПЦІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОЗЕЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ДНІПРО НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ ЙОГО ЕКОЛОГІЗАЦІЇ

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

Придніпровська державна академія архітектури та містобудування

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

Постановка проблеми. Зміни ендегенних, екзогенних та антропогенних процесів і на планеті, і в кожному з регіонів України, включаючи Дніпропетровську область, що розпочалися в останню чверть ХХ століття, продовжуються і у ХХІ столітті, швидко прогресуючи [1–3]. Це викликає потребу перегляду підходів до перетворення системи озелених територій міст. У тому числі – Дніпра. Або, інакше, потреба перегляду концепції сталого розвитку населених місць, що спирається на нову матрицю диференціації лісорослинних та пов'язаних з ними інших об'єктивних якостей регіону, які раніше не існували. Швидкість таких змін зростає. У зв'язку з такими змінами сільське господарство країни, наприклад, вже було переведено на сівозміни, властиві більш південним регіонам. Зазнають трансформацій і інші галузі економіки України.

Мета дослідження – розробити концепцію перетворення системи озелених територій м. Дніпро на сучасному етапі його екологізації на основі змін в його природної та антропогенної підсистем.

Результати дослідження. У зв'язку з тим, що зелені насадження як у природних умовах, так і в структурі міст залишаються елементами природного або антропогенного біоценозу, який пов'язаний із змінним екотопом, розглянуто широкий спектр факторів, що впливають на морфологічні, архітектурно-ландшафтні характеристики як планового обрису, так і об'ємно-композиційного наповнення озелених територій міста. А також питання їхньої комплексної взаємодії [1–3]. Це дозволило сформулювати нову концепцію перетворення системи озелених територій Дніпра на етапі його екологізації. У складі концепції такі складові: аридизація клімату (з таненням арктичних та антарктичних льодів та підйому рівня світового океану; зростання мікросейсмики регіонів, активізація неотектонічних процесів, що ведуть до підйому одних ділянок території міста та опускання інших ділянок; зміна впливу астропланетарних проєкцій на рослинний склад регіону; продовження впливу наслідків прецесії Земної осі; загальне піднесення частотного діапазону функціонування планети Земля у зв'язку з переходом у 2012 році галактичного екватора; посилення показників космічної радіації, що надходить на поверхню Землі та викликає мутації, що ведуть або до смерті, або до появи нових форм життя у багатьох живих організмів; активізація під містами так званого чорного шуму, що руйнує живі організми.

1. Аридизація клімату. Викликає необхідність заміни частини порід деревних та чагарникових насаджень, а також ряду видів трав'янистих рослин на види, властиві півдню України; істотно полегшує всі ієрархічні рівні, горизонтальну, вертикальну та інші структури екосистем; знижує пороги їхньої стійкості до антропогенних навантажень; змінює фітонцидність у повітряному басейні; змінює характеристики мікроклімату; змінює сітку меж таксонів внутрішньоландшафтної топології; різко знижує стійкість таксонів внутрішньоландшафтної топології до природних та антропогенних навантажень; змінює режим підземних та поверхневих вод; веде до пересихання та повного зникнення малих річок та струмків; веде до підвищення рівня засоленості ґрунтів; змінює електролітичні явища у структурі водоносних горизонтів, а також їх кількість та водонасиченість; викликає різке зниження кисню в ґрунтах, що веде до загибелі кореневих систем рослин усіх породних та видових груп; веде до зміни

картограми розподілу алергічних реакцій у людей; змінює бактерицидний фон у повітряному басейні, у ґрунтах та в гідросистемах; викликає зміну хімічного складу підземних та поверхневих вод; викликає зміни в морфології та режимі активності регулярних геобіологічних систем, меридіональні та широтні смуги яких починають інакше впливати на рослинні та інші форми життя, включаючи людину; викликає багато інших змін.

Все вище сказане вимагає:

- на нові показники антропогенного навантаження (чол./га) на озеленені території у дворах багатоповерхової забудови та котеджної забудови; у парках; на схилах балок; на прибережних територіях; на річкових островах;

- на нові показники відстаней між деревами та чагарниками на схилах з різною експозицією з боків світу;

- на нові схеми поєднання рослин в архітектурно-ландшафтних композиціях на основі використання зелених насаджень;

- на облік підвищення активності електромагнітного спектру схилових поверхонь рельєфу міста (довжина хвилі електромагнітного спектра, що генерується схилом конкретної експозиції (північної, юної, східної або північної) істотно відрізняється від довжини хвилі, що генерується спектром іншої експозиції, і визначає адекватний підхід як до геометричних абрисів і споруд, і до підбору породного складу дерев; кожна порода дерева або чагарника функціонує лише у своєму строго заданому діапазоні хвиль або електромагнітного спектру, або у своїх градієнтах гравітаційного поля; дерево, що висаджується не в свої умови, довго зростати не буде, і почне негативно впливати на інших учасників біоти;

- на нові норми застосування рослин у кожній з функціональних зон міста, а також на площах та вздовж вулиць (у тому числі з позиції створення комфортної затіненості);

- на нові архітектурно-ландшафтні прийоми формування панорам міста та його глибинних архітектурно-містобудівних композицій;

- на використання у місті спеціальних систем озеленення: прибудованих до торців багатоповерхових житлових будинків вертикальних багатоповерхових рекреаційних садів; інтеграції агроелемента до селітебної структури міста шляхом створення над багатоповерховими житловими будинками та в котеджній забудові багатофункціональних вертикальних, похилих та горизонтальних агроферм-автоматів, що повністю забезпечують овочами та іншою рослинною продукцією мешканців конкретного будинку (що створюється у Франції та інших західно-європейських країнах); шляхом використання руркотеджів; створенням міжповерхових садів у багатоповерховій житловій забудові, а також садів на дахах; за допомогою суцільного озеленення фасадів; іншими інноваційними методами, включаючи розробку таких планувальних багатоповерхових житлових будинків, у яких кожна квартира мала б окрему зелену кімнату, кожен поверх – малий садок для загального користування;

- на відродження в м. Дніпро колись існувало у місті досвіду використання помології – науки про виведення рослин під конкретні вимоги замовника або інші вимоги (з будівництвом нового помологічного центру (помологічного розсадника); колишній центр 19-го – початку 20 століття, що знаходився на цій території, мав всесвітню популярність та обслуговував фруктовими, ягідними та іншими рослинами королівські двори Західної Європи).

2. Зростання мікрорегіонів, активізація неотектонічних процесів, що ведуть до підйому одних ділянок території міста та опускання інших ділянок суттєво змінюють розуміння підходів до озеленення міста, особливо з урахуванням циклів та

ритмів геофізичної активності планети, циклів та ритмів вібрації води у Дніпровському водосховищі (до 28 мікроземлетрусів на добу); неотектоніка викликає появу нових матриць ущільнення ґрунтів або їх розущільнення, що веде до зміни адаптивних можливостей дерев, чагарників та трав, до зміни їх породного складу та зміни всіх наслідків для організації озеленення міста; на ділянках, що піднімаються, зростають планограми розвитку зсувних і просадних явищ у ґрунтах, і змушують розробляти такі підходи до використання насаджень, які забезпечують дренажний ефект, кореневе біоармування ґрунтів, фашинний ефект на поверхні схилів, а також швидкісний транзит поверхневих вод там, де в його інфільтрації в ґрунт немає необхідності; у місцях опускання ґрунтів (наприклад, на житловому масиві «Сонячний» у Дніпрі відбувається виклинювання підпору ґрунтових вод, до їх наближення до денної поверхні ґрунту, а в подальшому – до виходу води на поверхні, у зв'язку з чим «Сонячний» потрібно буде перетворювати на польдер, створюючи відповідні інженерно-технічні споруди, і радикально змінюючи всю систему озеленення, оскільки більшість порід сучасних дерев отримують гниття корневих систем від надлишку ґрунтової води та загинуть.

3. Зміна впливу астропланетарних проекцій на рослинний склад регіону; продовження наслідків прецесії Земної осі – один із важливих процесів, вплив якого потрібно враховувати при формуванні системи озелених територій міста; прецесія земної осі поступово веде до зміни зірок, які у ролі Полярних; швидкість прецесії – 1 градус за 72 роки; древні міста та його системи озеленення було створено періоди, коли північ вказувала не Полярна зірка, а інші зірки, звані в астрономії «поляриссимами півночі», орієнтація з боків світла була інший; вона не відповідає сучасному становищу географічного хреста «північ-юг; захід схід»; у цьому факторі усунення земної осі навіть на одну соту градуса викликає помітне перебудову всіх екосистем, змінює геометрію «плям» територій та їх породний склад з різним видом зелених насаджень; таких і кілька великих зсувів земної осі протягом останніх 50 років було кілька; наприклад, у зв'язку з ударом метеорита, що спричинив водну катастрофу на острові Пхукет; або усунення осі Землі, викликане виникненням великої кількості найбільших (у масштабі планети) водосховищ у Китаї; а також інші глобальні процеси та явища.

4. Загальний підйом частотного діапазону функціонування планети Земля у зв'язку з переходом у 2012 році галактичного екватора (галактична конвергенція); посилення показників космічної радіації, що надходить на поверхню Землі та викликає мутації, що ведуть або до смерті, або до появи нових форм життя у багатьох живих організмів; активізація під містами явища так званого чорного шуму, що руйнує живі організми; чорний шум знаходиться в самому низу спектра, нижче блакитного, рожевого та коричневого шуму.

Чорний шум називають частотою Саймона та Гарфанкеля, або звуком тиші. Чорний шум помітно впливає на поширення породного складу дерев, чагарників і трав. Спектральна щільність чорного шуму приблизно дорівнює нулю на кожній частоті, тобто, образно кажучи, в різних місцях міста вона різна. Зв'язок рослин із довжиною хвилі електромагнітного спектру в принципі був відомий тисячі років тому, але під іншим тезаурусом. Наприклад, у вигляді знань про ті чи інші лікувальні та інші властивості рослин.

Що стосується космічної радіації: її зростання пов'язане з входженням Сонячної системи в новий сектор галактичного простору, так звану радіаційну хмару. Воно великих розмірів навіть за космічними мірками. І вже почало викликати зміни ДНК у людей і тварин, на рефлексії рослинних форм життя, на їх вибірковість щодо лісорослинних умов, що знову формуються. Розкривши поширення змін лише на рівні

міста, можна розробити картограму їх обліку з організацією озелених територій міста.

5. Зміни просторового малюнка зон впливу існуючої забудови як об'єктів – імплантантів, що генерують власні енергоінформаційні «поля форми» та деформують енергоінформаційні «поля форм» рельєфу та озеленення територій. Облік нових чинників призводить до принципово іншим, ніж раніше, явищам в архітектурному формоутворенні (рис. 1–6).

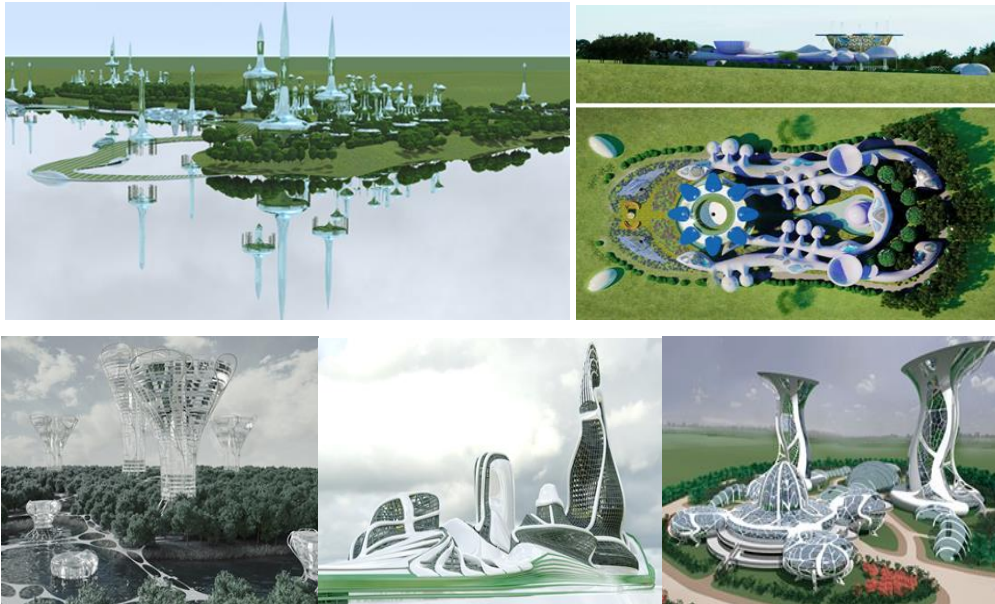


Рис. 1–6. Приклади формоутворення руркомплєксів у складі озеленої території Дніпра, виконані на основі наукових досліджень та під керівництвом канд. арх., доц. Воробйова В. В. 2010–2021 рр. Над темою працювали: Жак Оксана (зліва вгорі); Христенко Анастасія (дві візуалізації справа нагорі); Сотнікова Маргарита (ліворуч унизу); Палін Сергій (у центрі внизу) та Радіонова Олена (праворуч внизу; її керівник – ст. викл. Шило О. С.)

Висновок. Зміна астропланетарних факторів, що визначають життєдіяльність рослинних форм життя та рефлексії людини на ці форми, потребують нових підходів до їхнього обліку у структурі міста. Для цього необхідні натурні дослідження, комп'ютерні та лабораторні стадії моделювання аналізованих факторів та процесів у контексті їх впливу на прийняття рішення щодо остаточної версії концепції перетворення системи озелених територій міста Дніпро на сучасному етапі його екологізації.

Список використаних джерел

1. Актуальні проблеми озеленення населених міст: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту : матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. (до 10-річчя відкриття напряму підготовки «Лісове та садово-паркове господарство»), 25–26 травня 2017 року. Біла Церква, 2017. 180 с.
2. Кучерявий В. П., Кучерявий В. С. Озеленення населених місць : підруч. для студентів вищих навчальних закладів. Львів : Вид-во «Новий Світ-2000», 2020. 666 с.
3. Ліси та урбоєкосистеми України в умовах війни: стан, збереження та відновлення : тези доповідей учасників Міжнар. наук.-практ. конф. (18 листопада 2022). Київ : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2022. 98 с.

УДК 551.5:711

ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ ТЕРИТОРІЇ УРБОЕКосИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКОМ «КЛІМАТИЧНІ УМОВИ»

Гільов В. В.¹, к. т. н., доц., Саньков П. М.², к. т. н., проф., Тимошенко О. А.³,
к. т. н., доц., Полторацька В. М.⁴, к. т. н., доц., Прокоф'єв І. Б.⁵, ст. викл.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

hilyov.v@gmail.com; petrsankov5581@gmail.com; mitomdnipro1997@gmail.com;

naukapgasa@gmail.com; prokofiev.ihor@pgasa.dp.ua

Постановка проблеми. На стан здоров'я населення, що мешкає в урбанізованому середовищі, впливає велика кількість різноманітних факторів, серед яких кліматичні фактори займають важливе місце. Здоров'я людини є головним критерієм оцінки якості життєдіяльності населення, тому кліматичні умови важливо враховувати при комплексній оцінці якісного стану урбанізованого середовища.

Мета роботи визначення оцінки кліматичних умов, як складової інтегральної оцінки якості та безпеки життєдіяльності населення урбанізованих територій.

Основна частина. Якісне виконання основних функції для будь-якого жителя урбоекосистем (праця, побут, відпочинок), проходить на фоні природно-кліматического та екологічного благополуччя, що й забезпечує, в основному, якість життєдіяльності жителя міста [1–3]. Оцінка кліматичних умов – найбільш відповідальний етап процесу їх обліку в містобудівному проектуванні. При плануванні, забудові та благоустрою населених місць з метою формування сприятливого навколишнього середовища людини кліматичні фактори оцінюються з позиції забезпечення біокліматичного та санітарно-гігієнічного комфорту [1]. Якісне значення кліматичних факторів можна замінити якісним показником погоди, який є узагальнюючим чинником декількох факторів (температура, швидкість вітру та ін.). Комплексна біокліматична оцінка погодних умов спрямована на виявлення сприятливих та негативних властивостей клімату та їх впливу на людину.

За основу узагальнюючої біокліматичної оцінки візьмемо фізіологічну класифікацію погод (за Е. М. Ратнером), що відповідає різним типам теплового стану людини: три класи холодних погод різного ступеня переохолодження (1х, 2х, 3х), три класи теплих погод різного ступеня перегріву (1т, 2т, 3т) і комфортну погоду (N). За допомогою діаграми (рис.) ми можемо визначити ці класи.

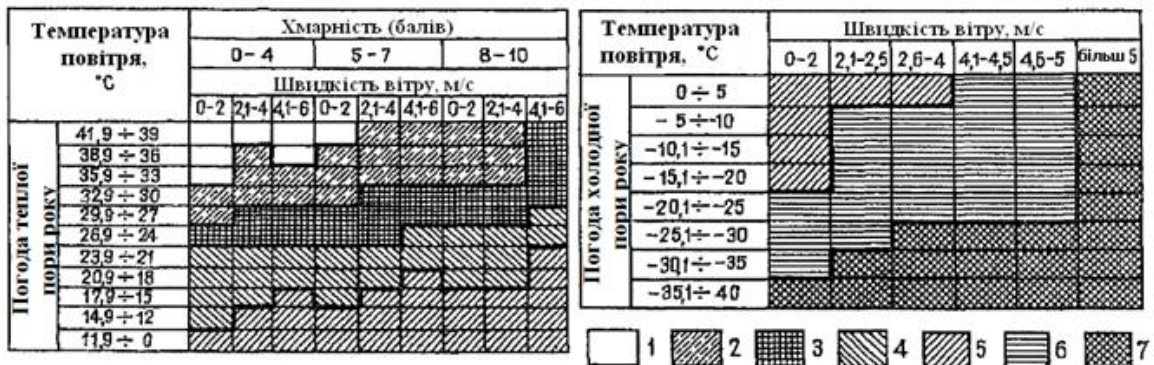


Рис. Біокліматична класифікація погод (за Е. М. Ратнеру):

1. перегрів середовища (3Т); 2. жарка погода (2Т); 3. тепла погода (1Т); 4. комфортна погода (N); 5. прохолодна погода (1Х); 6. холодна погода (2Х); 7. сурова погода (3Х)

Для оцінки кліматичних умов складається кваліметрична (оціночна) таблиця (табл.).

Таблиця

Кваліметрична (оціночна) таблиця для оцінки кліматичних умов

Назва фактора	Категорії оцінки			
	ПП 4 бали	П 3 бали	ЧП 2 бали	НП 1 бал
Кліматичні умови	N викликає мінімальну напругу функцій апарата терморегуляції і комфортне тепло-сприйняття	1X, 1T обумовлюють слабку напругу апарата терморегуляції і тепло-сприйняття «прохолодно» або «тепло»	2X, 2T викликають середню напругу апарата терморегуляції і тепло-сприйняття «холодно» або «жарко»	3X, 3T викликають значну напругу апарата терморегуляції і тепло-сприйняття «дуже холодно» або «дуже жарко»

Проведемо оцінку кліматичних умов урбанізованих територій використовуючи данні ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [4]. За результатами розрахунку середньорічні показники за фактором «Кліматичні умови» складають: для м. Київ – 3,25 бала; для м. Чернігів – 2,83 бала; для м. Дніпро – 2,83 бала; для м. Харків – 2,92 бала; для м. Одеса – 3,5 бала; для м. Миколаїв – 3,25 бала; для м. Львів – 3,0 бала; для м. Ужгород – 3,25 бала.

Таким чином встановлено, що території урбоєкосистем України належить до придатної категорії оцінки для життєдіяльності людини за показником «Кліматичні умови».

Висновки. 1. Проведена оцінка показала, що територія міст України відноситься до категорії «придатна» з оцінкою 3 бали за чотирьохбальною шкалою за показником «Кліматичні умови».

2. Покращення комфортності проживання населення можливо за рахунок створення найбільш сприятливих мікрокліматичних умов в житловій забудові.

Список використаних джерел

1. Osypenko K., Kliushnuchenko Y. Вплив природно-кліматичних умов на якість життя населення. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Вип. 57. 2020. С. 216–225. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.57.216-225>.
2. Гільов В. В. Методика оцінки якості та безпеки життєдіяльності житлового середовища найбільшого міста. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2012. № 1–3. С. 90–97.
3. 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.
4. Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010. [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с. (Національний стандарт України).

УДК 624.014.2.004.64

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИКРИВЛЕНЬ СТАЛЕВИХ БАЛОК ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОШКОДЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ

Гудзь С. А.¹, к. т. н., доц., Сергієнко Ю. В.², к. т. н., доц.,

Гришко О. О., студ., Семенов І. Г., студ.

Приазовський державний технічний університет

goods_s_a@pstu.edu; sergienko_y_v@pstu.edu

Постановка проблеми. Не розв'язаною раніше частиною загальної проблеми аналізу та дослідження напружено-деформованого стану сталевих елементів є визначення допустимих величин викривлень сталевих балок у горизонтальній площині при відновленні пошкоджених частин виробничих будівель. Увагу при цьому слід зосередити на забезпеченні стійкості та ефективності подальшої експлуатації балок. Окремо необхідно зупинитися на вивченні взаємодії між пошкодженнями та напруженнями в розкріплених елементах. Для точнішого відтворення реальних умов роботи конструкції потрібно вдосконалювати методи моделювання та чисельних розрахунків.

При аналізі балок із пошкодженнями важливо дослідити додаткову появу кручення, розробити методи контролю та мінімізації цього ефекту в умовах експлуатації. Двотаврова балка, що згинається в площині стінки, може відмовити внаслідок втрати нею загальної стійкості. При досягненні навантаженням критичного значення вона починає закручуватись і виходити з площини згину. В разі наявності початкових геометричних недосконалостей, що з'являються внаслідок випадкового утворення дефекту, пошкодження, або від цілеспрямованої зміни форми об'єкта, кручення виникає з самого початку завантаження.

Мета роботи полягає у виявленні впливу пошкоджень балок на їхній напружено-деформований стан. Аналіз внутрішніх зусиль у викривлених балках є пріоритетним завданням. У рамках дослідження планується врахувати особливості конструкцій, притримуючись відповідних нормативних документів у будівництві. Зокрема, потребує вдосконалення модель визначення тримальної здатності сталевих балок найпоширенішого двотаврового постійного по довжині поперечного перерізу з урахуванням деформацій та напружень, що виникають унаслідок пошкоджень. Додатково розглядаються причини та наслідки виникнення кручення в конструкціях із викривленнями. Результати цього дослідження будуть корисні для подальших покращень в області проектування та експлуатації сталевих конструкцій із урахуванням можливих і наявних пошкоджень.

Основна частина. При дотриманні вимог ДБН В.2.6-198:2014 [1, п. 9.4.4] щодо забезпечення надійного з'єднання суцільного жорсткого настилу зі стиснутим поясом стійкість балки не перевіряється. Разом із тим, розкріплення слід розрахувати на дію умовного навантаження. В інших випадках, при недостатньому розкріпленні стиснутого поясу, потрібно виконати розрахунок стійкості балки за формулою з коефіцієнтом стійкості при згині. Під умовним (еквівалентним, стабілізуючим) навантаженням розуміють сили, що виникають внаслідок геометричних недосконалостей і деформацій балки та діють між елементами конструкції. Вони створюють активну дію на конструкції розкріплення та підтримувальну дію на балку. Їх визначення відбувається в будівельній практиці часто за допомогою наближених методів, які розглядають стиснутий пояс балки окремо від решти перерізу як безперервно підпертий стиснутий стрижень з поздовжньою силою.

Для знаходження допустимої величини початкового викривлення пошкоджених балок у горизонтальній площині можливе використання формул ДБН В.2.6-198:2014 [1] для визначення умовного поперечного навантаження та умовної поперечної сили, що застосовуються у розрахунках прикріплення жорсткого настилу, елементів поздовжніх або поперечних в'язей до стиснутого поясу балки. Статичну (плоску) модель для розрахунку умовних навантажень, яка прийнята у будівельних нормах [1], показано на рисунку. З іншої сторони, таке відносно просте представлення роботи балки дозволяє описати умовне навантаження як функцію поздовжньої сили і деформацій розкріпленого поясу.

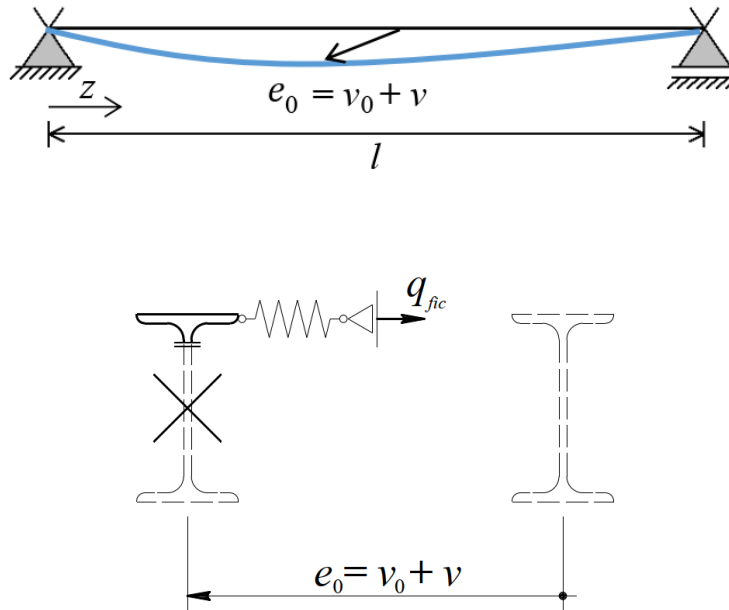


Рис. Статична модель для визначення умовного навантаження

Вище зазначену функцію отримують у статичній моделі на основі диференційного рівняння стиснутого стрижня з умови врівноваженості зусиль у поясі:

$$EI_{y,c} \frac{d^4 v(z)}{dz^4} + \frac{d\left(N(x) \frac{d(v_0(z)+v(z))}{dz}\right)}{dz} = q_{x,c}(z), \text{ або } EI_{y,c} \frac{d^4 v(z)}{dz^4} = q_{x,c}(z) + q_{fic}(z), \quad (1)$$

де E – модуль пружності сталі (постійна величина);

$I_{y,c}$ – момент інерції стиснутого поясу відносно осі y (постійна величина);

$v(z)$ – функція деформації поясу під навантаженням в напрямку осі x ;

$v_0(z)$ – функція початкового викривлення балки;

$N(z)$ – функція поздовжньої стискувальної сили в поясі балки;

$q_{x,c}(z)$ – функція поперечного навантаження на пояс вздовж осі x ;

$q_{fic}(z)$ – функція умовного поперечного навантаження на пояс, яку розпишемо згідно з правилом диференціювання добутку функцій у вигляді:

$$q_{fic}(z) = - \frac{d\left(N(x) \frac{d(v_0(z)+v(z))}{dz}\right)}{dz} = - \frac{dN(z)}{dz} \frac{d(v_0(z)+v(z))}{dz} - N(z) \frac{d^2(v_0(z)+v(z))}{dz^2}. \quad (2)$$

Відповідно до граничних умов на кінцях балки приймемо синусоїдальну форму розподілу для функцій початкового викривлення і деформації поясу під навантаженням з максимальними значеннями v_0 і v посередині прольоту $(v_0(z) + v(z)) = (v_0 + v) \sin\left(\frac{\pi z}{l}\right)$. Оскільки функція поздовжньої сили прямо

пропорційна функції згинального моменту, для неї приймемо форму розподілу квадратної параболи ($N(z) = \frac{4N}{l^2}z(l-z)$). Тоді після проведення операцій диференціювання та підстановки максимальне умовне поперечне навантаження буде визначатися в цій моделі за формулою:

$$q_{fic} = q_{fic} \left(z = \frac{l}{2} \right) = \frac{\pi^2 N}{l^2} (v_0 + v), \quad (3)$$

де l – проліт балки.

Далі використаємо вираз (9.34) ДБН В.2.6-198:2014 [1] для умовного навантаження:

$$q_{fic} = \frac{3Q_{fic}}{l}. \quad (4)$$

Значення умовної поперечної сили Q_{fic} у формулі (4) можуть бути визначені за апроксимованою в ДБН В.2.6-198:2014 [1] наближеною залежністю (8.14):

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \frac{N}{\varphi}, \quad (5)$$

де R_y – розрахунковий опір сталі розтягу, стиску і згину за границею текучості; φ – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, який при неперервному розкріпленні стиснутого поясу балки несучим настилом приймається рівним одиниці.

Прирівнявши формули (3) і (4) з урахуванням виразу (5), отримаємо формулу для визначення допустимих горизонтальних викривлень, в якій податливість кріплення верхнього поясу врахована через прийняття збільшеного початкового викривлення балки, що включає деформації верхнього поясу балки під навантаженням:

$$e_0 = v_0 + v = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \frac{3l}{\pi^2} = \frac{l}{\delta}. \quad (6)$$

Загальне викривлення навантаженої балки враховує вплив поперечних зміщень податливого прикріплення, які викликані дією зовнішнього і умовного навантажень. Збільшення деформацій, зазвичай, не перевищує 20 % [5]. Деякі значення безрозмірного параметру δ для різних значень R_y і $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення безрозмірного параметру δ для визначення допустимих викривлень

R_y , МПа	δ	R_y , МПа	δ	R_y , МПа	δ	R_y , МПа	δ
220	330	260	299	300	280	340	267
230	321	270	294	310	276	350	264
240	313	280	289	320	273	360	262
250	306	290	284	330	270	370	259

Примітка. Для визначення допустимої величини початкового викривлення ненавантаженої балки значення в таблиці необхідно збільшити на 20%.

Дана модель може вважатися плоскою, адже в ній розглядаються тільки зусилля і деформації в площині верхнього поясу. Впливи бічної деформації нижнього поясу і просторового закручування поперечного перерізу в такій моделі не враховуються. Через спрощення дійсної наявної просторової проблеми згину і кручення балки в моделі стиснутого стрижня нехтується багатьма чинниками:

- крутильна жорсткість балки;

- зсувна і крутильна жорсткість прикріплених конструкцій;
- розподіл згинального моменту в балці;
- точка прикладення поперечного навантаження в перерізі балки;
- ексцентриситет між прикладеною в центрі ваги поздовжньою силою і площиною бічного розкріплення по висоті поясу балки;
- місцеві деформації між точками дискретного розкріплення балки.

Для балок з бічним розкріпленням верхнього поясу, в яких діє від’ємний згинальний момент, підтримується не стиснутий, а розтягнений пояс. У таких випадках модель стиснутого стрижня, очевидно, не може призвести до правильних результатів. Зазначені фактори враховуються в складнішій просторовій моделі для опису умовного навантаження, наведеній в роботах [2; 3]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** при розрахунку в’язей і діафрагм жорсткості, але вона використовується за умови достатньої зсувної жорсткості. У праці [4] були поставлені та вирішені задачі розроблення просторової моделі для опису умовних навантажень на сталеві балки несиметричного перерізу при сумісній дії поперечного згину і вимушеного кручення. Просторова модель частково закладена в європейські норми проектування EN 1993-1-1 [5], які дозволяють врахувати різноманітні умови навантаження та види епюр, умови розкріплення. Початкове викривлення балки тут приймається вже як гранично допустиме і визначається залежно від виду кривої викривлення, типу поперечного перерізу і прольоту балки. Методика розрахунку EN 1993-1-1 [5] більш відкрита для проектувальника та більше призначена для машинного розрахунку на відміну від методики ДБН В.2.6-198:2014 [1], де більшість параметрів приховано в таблицях і спрощених підходах. Так вплив початкових недосконалостей (зокрема, початкового викривлення осі балки в площині найменшої жорсткості) частково враховано введенням коефіцієнта умов роботи.

Якщо фактичне викривлення перевищує допустиму величину, встановлену за допомогою формули (6) і таблиці 1, необхідно визначити додаткові нормальні напруження σ_{ad} згідно з методикою ДСТУ Б.В.2.6–210:2016 [6], що спирається на роботу [7], і порівняти їх з допустимим зростанням напружень, тобто з різницею між значенням розрахункового опору R_y , або фактичної границі текучості σ_y та значенням нормальних напружень у невикривленій балці σ . Вигляд формул у таблиці 2 дещо змінений і призначений для симетричної двотаврової балки. Передумовою методики є прийняття кривої, що відповідає функції викривлення, за квадратну параболу.

Таблиця 2

Додаткові нормальні напруження у балці з викривленням

Вид навантаження	
Зосереджена сила посередині прольоту	Рівномірно-розподілене навантаження
$\sigma_{ad} = \mu_f \frac{F e_0}{2\ell} \cdot \frac{Ebh}{GI_t}$	$\sigma_{ad} = \mu_q q e_0 \frac{Ebh}{4GI_t}$
$\mu_f = 1 - \frac{th(k\ell/2)}{k\ell/2}$	$\mu_q = 1 - \frac{th(k\ell/2)}{k\ell/4} \cdot \frac{th(k\ell/2)}{k\ell/4}$

Примітка. F – зосереджена сила; q – рівномірно розподілене навантаження; e_0 – стріла викривлення; G – модуль зсуву; $k = \sqrt{\frac{GI_t}{EI_\omega}}$ – згиано-крутильна характеристика; I_t – момент інерції при вільному (чистому) крученні; I_ω – секторіальний момент інерції; b – ширина поясу балки; h – висота балки;

Варто зазначити, що відчутними недоліками методики ДСТУ Б.В.2.6–210:2016 [6] є неврахування рівня (місця) прикладення навантаження по висоті балки та наявних ексцентриситетів у несиметричних поперечних перерізах, що йде не в запас міцності. Уточнення і порівняння зазначеної методики наведено в науковій статті [8].

Висновок. Висвітлені та розглянуті підходи щодо визначення допустимих викривлень сталевих двотаврових балок у горизонтальній площині можуть бути використані з достатньою точністю при відновленні пошкоджених елементів виробничих будівель. Не зважаючи на певні недоліки, якими наділені методи, в них є очевидна перевага – вони відповідають нормам проектування сталевих будівельних конструкцій.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-198:2014. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування. Остаточна редакція. Видання офіційне. [Чинні з 1 січня 2015 р.]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 199 с.
2. Krahwinkel M. Zur Beanspruchung stabilisierender Konstruktionen im Stahlbau. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 4 Bauingenieurwesen, № 166. Düsseldorf : VDI-Verlag, 2001. 182 p.
3. Kindmann R. Stahlbau, Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung. 4. Auflage, Berlin : Ernst & Sohn, 2008. 429 p.
4. Гудзь С. А., Гасій Г. М., Дарієнко В. В. Розвинена модель розрахунку сталевих розкріплених елементів на стійкість при сумісній дії поперечного згину та кручення. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини : зб. наук. пр.* 2020. Вип. 24. С. 43–52.
5. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. Київ : Мінбуд України, 2011. 150 с.
6. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються : ДСТУ Б.В.2.6–210:2016. [Чинний з 2017-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 45 с.
7. Семко В. О., Гудзь С. А. Розрахунок та експериментальні дослідження сталевих балок з викривленням в горизонтальній площині. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.* Вип. 14. 2006. С. 317–322.
8. Гудзь С. А. Несуча здатність сталевих двотаврових балок, що експлуатуються з недосконаlostями у вигляді початкових викривлень у площині найменшої жорсткості. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.* Вип. 61. 2016. С. 95–101.

УДК 624.042.7

ПРОГНОЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА НАВАНТАЖЕНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗІ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ ЗА АНАЛІЗОМ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Давидов І. І.¹, к. т. н., доц., Чабан В. П.², к. т. н., доц.,
Ковтун-Горбачова Т. А.³, к. т. н., доц., Голубєва-Судакіна В. А.⁴, магістрантка
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 davydov.ihor@pdaba.edu.ua](mailto:davydov.ihor@pdaba.edu.ua); [2 chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua](mailto:chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua);
[3 kovtun-horbachova.tetiana@pdaba.edu.ua](mailto:kovtun-horbachova.tetiana@pdaba.edu.ua); [4 19008.golubeva@365.pgasa.dp.ua](mailto:19008.golubeva@365.pgasa.dp.ua)

Постановка проблеми. Події в Україні, пов'язані з агресією Росії, землетруси у Туреччині та Сирії у 2023 році не тільки обурили все людство, а й показали, що сучасний рівень безпеки (збереження своєї цілісності) будівель, споруд та інфраструктури не відповідає існуючим завданням у галузі динаміки будівель та споруд.

Війни та катастрофи, природні лиха стали причинами повних руйнувань будівель та споруд. Це відповідає вимогам існуючих нормативних документів. Завдання динаміки будівель та споруд потребують нових підходів та інновацій у проектуванні, будівництві та розрахунках, щоб забезпечити безпеку та живучість будівель та споруд в умовах природних впливів або військових дій.

Саме тому автори розвивають методи підготовки спеціалістів для швидкої практичної оцінки технічного стану конструкцій та споруд, для яких може бути ускладнений доступ для візуального та інструментального обстеження за стандартними підходами до оцінки технічного стану, ремонту та розрахунків [1–3]. Наприклад, для частково пошкоджених конструкцій, для заглиблених у ґрунт елементів підвальних приміщень і фундаментів; для зон, інтенсивно навантажених технологічним обладнанням, розведеннями трубопроводів і т. д.; поверхонь зварних швів та інших з'єднань.

Інструменти для такого динамічного аналізу будівель і споруд повинні включати використання коректних моделей, більш точних і комплексних програмних пакетів, а також більш ретельну оцінку якості даних і параметрів, що використовуються в розрахунках.

Мета роботи полягає в прогнозуванні змін навантаженості будівель зі сталевими каркасами за їх динамічними характеристиками. Пропонується враховувати недоліки споруд зі сталевих конструкцій: слабкі демпферні коливання, підвищена гнучкість та низькі частоти власних коливань, - щоб швидко без детального обстеження проаналізувати основні критерії технічного стану будівельних конструкцій [4–5].

Основна частина. Розглядається промислова будівля з несучим сталевим каркасом прямокутної форми в плані з розмірами 18×18 м висотою 40 м з монолітними заглибленими залізобетонними конструкціями підвалу. Просторова жорсткість каркаса забезпечена спільною роботою несучих сталевих рам та системи вертикальних і горизонтальних зв'язків. У будівлі розташовані випробувальні стенди, що створюють динамічні навантаження, мостові крани вантажопідйомністю 11 тс на відм. +35.860. Конструкції покриття по крайніх вісях виконані у вигляді балок із прокатних двутаврів № 20. По середнім вісям виконані ферми покриття: верхній пояс і опорні розкоси – нерівнополочні прокатні кутки 130×90×8 мм, нижній пояс – рівнополочні прокатні кутки 63×8 мм, розтягнуті розкоси – рівнополочні прокатні кутки 50×6 мм, стиснуті розкоси – рівнополочні прокатні кутки 100×8 мм, стійки – рівнополочні прокатні кутки 50×6 мм. Вузли сполучення ферм, балок та колон виконані жорстко. Прогони покриття виконані з прокатних швелерів № 16. Колони сталевого каркаса виконані з'єднаного

суцільного зварного перерізу із прокатних швелерів № 30 та розв'язані системами вертикальних хрестових зв'язків по периметру з рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм, а також горизонтальними вітровими фермами на відм. +12.000 та +24.000, підкрановими та гальмівними фермами, замкнутими системами конструкцій зв'язків по верхніх і нижніх поясах ферм покриття з одиночних рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм. Горизонтальні вітрові ферми виконані з поясами із прокатних швелерів № 16, 30 та ґрат із спарених прокатних рівнополочних кутків 63×6 мм. Підкранові конструкції ферм: верхній пояс виготовлений з прокатних двутаврів № 36 з накладкою по верхньому поясу 330×16 мм. Нижній пояс та опорні розкоси виконані з нерівнополочних прокатних кутків 130×90×10 мм. Розкоси виконані з рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм. Вбудовані майданчики виконані на відм. +4.000, +8.000, +12.000, +16.000, +20.000, +24.000. Несучі балки майданчиків та балки заповнення виконані із прокатних двутаврів № 30, швелерів № 30, 16. По балках виконаний рифлений сталевий настил завтовшки 6 мм. Заповнення стін виконано у вигляді системи легкоскидувальних конструкцій із навісних щитів-панелей по сталевих прогонах.

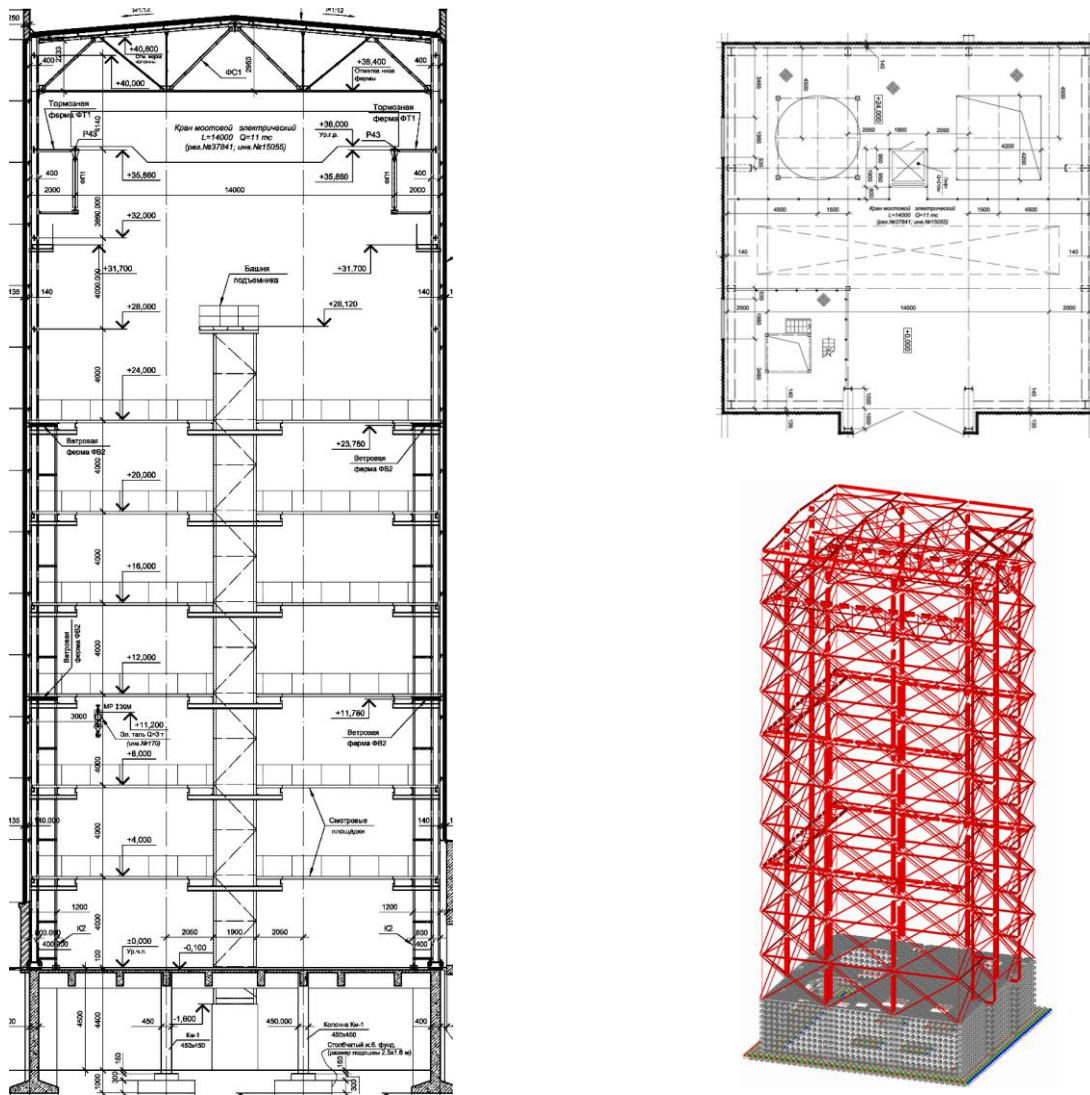


Рис. 1. Об'єкт дослідження – просторовий сталевий каркас, розріз та план будівлі

На рисунку 2 приведені діаграми зміни 10 частот власних коливань для різних схем та стану зв'язків, колон та ригелей каркаса по варіантах 2–6.

Пошкодження кожного окремого типу конструкцій відповідають певному характеру змін частот власних коливань каркасу. Крім того, кількісний вплив по-різному відображається для форм коливань. Наприклад, для форм 1–2, обумовлених найбільшими згинальними коливаннями колон, які призводять до поступальних переміщень перекриттів. Для форми 3, обумовленої найбільшими згинальними коливаннями колон, які призводять до закручування перекриттів щодо вертикальної осі. Для форм 4–10, обумовлених найбільшими згинальними коливаннями конструкцій перекриттів і колон. Пошкодження конструкцій може привести до зниження значень частот певних форм коливань до 60 %. Таким чином, через зміни характеру частот і форм коливань можна спрогнозувати наявність пошкоджень і перерозподіл зусиль і переміщень конструкцій каркасу.

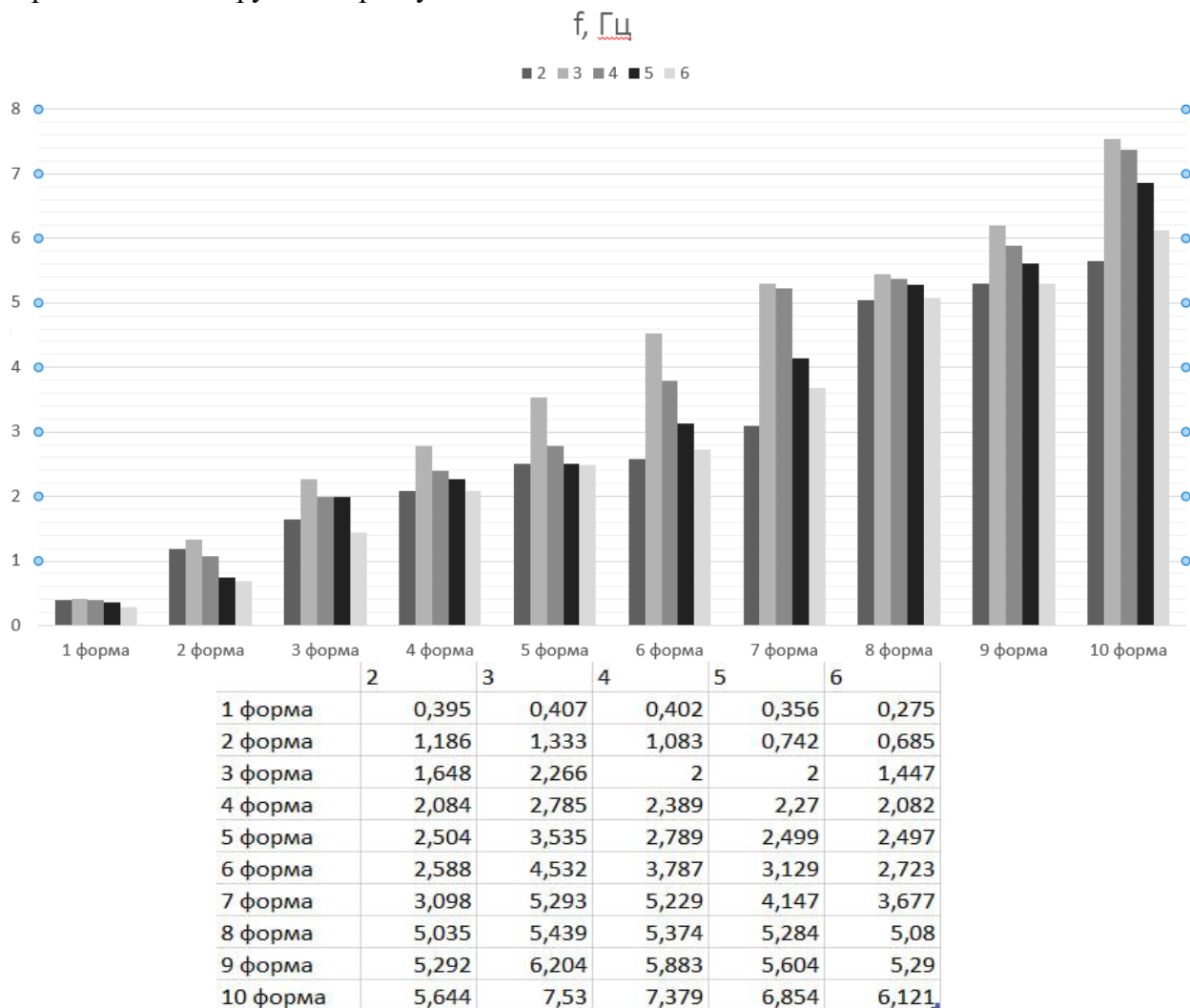


Рис. 2. Зміни частот власних коливань залежно від технічного стану зв'язків, колон та ригелей, Гц

Наприклад, внаслідок пошкодження зв'язків по верхньому та нижньому поясу ферм покриття (варіант 5), відбудеться зменшення просторової жорсткості каркасу та відповідне збільшення зусиль у фермах та колонах.

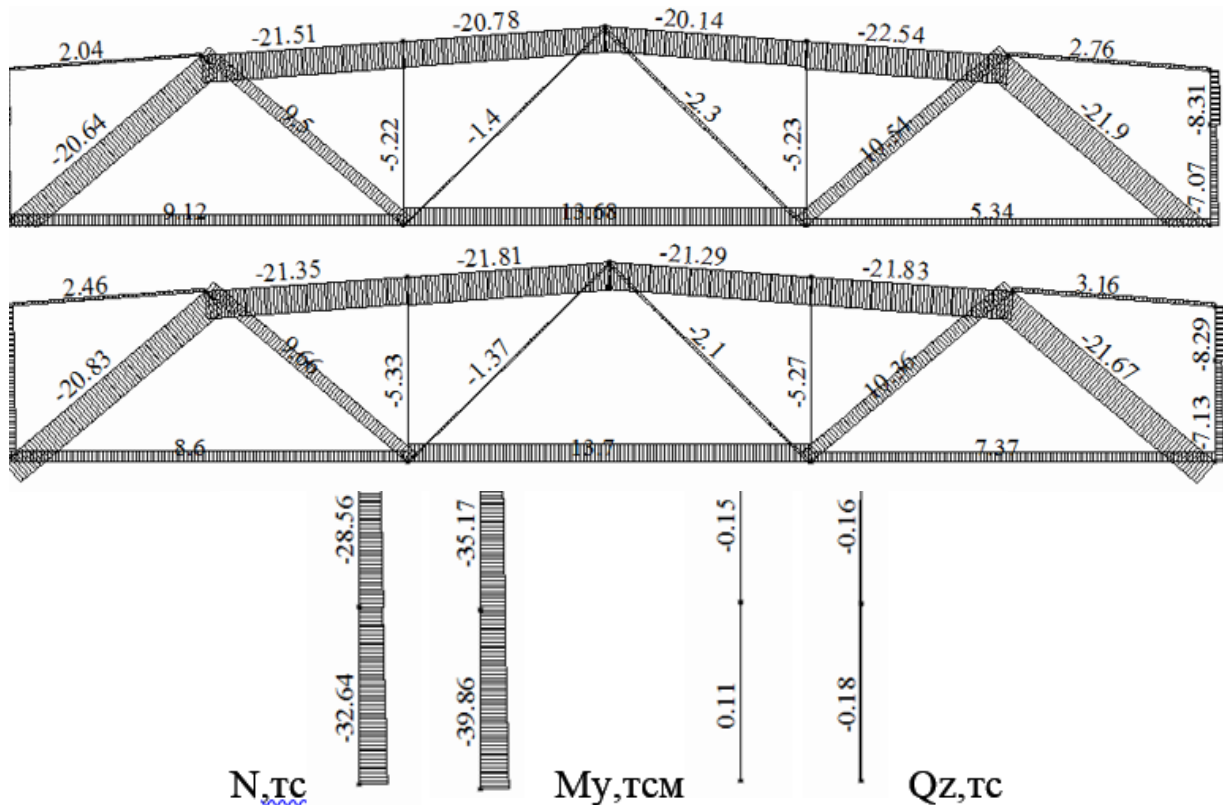


Рис. 3. Зміни епюр поздовжніх зусиль в елементах ферми покриття, тс

Висновок. Для швидкого прогнозу пошкоджених несучих конструкцій та прискорення отримання висновку про технічний стан сталевих конструкцій в цілому можна використовувати їх динамічний аналіз – зіставлення частот та форм нижчих коливань несучих конструкцій, які є інтегральним показником міцності та жорсткості констриктивної системи. Для цього необхідно проаналізувати обмеження та розробити чіткі рекомендації проведення натурних динамічних випробувань в комплексі з попередніми та остаточними динамічними розрахунками.

Такий підхід також полегшує розробку спеціальних конструктивних заходів та рішень щодо боротьби з відміченими недоліками при проектуванні сталевих конструкцій.

Список використаних джерел

1. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються: ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Київ : Мінрегіон України, 2017. 80 с.
2. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд : ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Київ : ДП «УкрНДЦ», 2017. 67 с.
3. Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.
4. Davydov Ihor, Chaban Viacheslav, Kovtun-Horbachova Tetiana. The analysis of technical condition of tower steel frames according to their dynamic characteristics. *Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture : the book of abstracts of the 18th International Scientific and Practical Conference*. 2020. Pp. 24–27.
5. Давыдов И. И. Оценка технического состояния и усиление металлических конструкций мачты мобильной связи. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2018. Вып. 104. С. 121–128.

УДК 624.05

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ СТІНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Даниленко І. О.¹, аспірант, Шатов С. В.², д. т. н., проф., Голубченко О. І.³, к. т. н., доц.,
Ландо Є. О.⁴, к. т. н., доц., с. н. с.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹danylenko.ihor@pdaba.edu.ua; ²shatov.serhii@pgasa.dp.ua; ³alexgol@ua.fm;

⁴lando.evgen@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. За два роки війни рф проти України, окупаційні війська пошкодили або знищили велику кількість будівельних об'єктів. На сьогоднішній день, швидке зведення енергоефективних будівельних об'єктів, невеликої собівартості, актуальне як ніколи. Для швидкого будівництва енергоефективних та відносно не дорогих об'єктів, доцільно застосувати виготовлення будівельних конструкцій на заводах залізобетонних конструкцій. Швидкість зведення можна підвищити використанням технології будівельного 3D-друку [1]. Для збільшення енергоефективності слід використовувати будівельні матеріали з енергозберігаючими властивостями.

Мета роботи полягає у розробці обладнання для виготовлення енергозберігаючих стінових конструкцій, використовуючи технології будівельного 3D-друку.

Основна частина. Метод будівництва по використанню технологій виробництва енергозберігаючих стінових конструкцій, подібне до будівництва з використанням СПП панелей [2], технологій панельного будівництва [3].

Для реалізації виробництва енергозберігаючих стінових конструкцій запропонована наступна технологічна лінія (рис. 1). У виробниче приміщення 13, встановлюють будівельний 3D-принтер 1 та кран прольотного типу 10. Будівельним 3D-принтером друкуються енергозберігаючі стінові конструкції. Транспортним засобом 12 надруковані енергозберігаючі стінові конструкції перевозяться на будівельний майданчик, місце зборки.

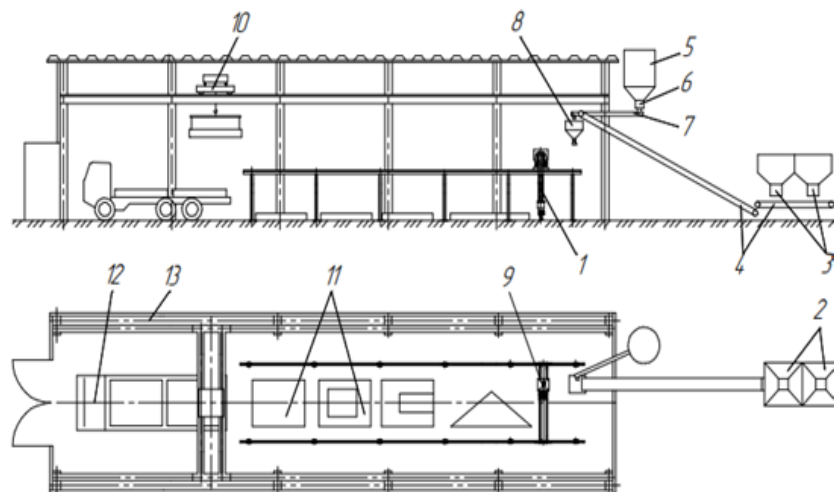


Рис. 1. Технологічна лінія виробництва конструкцій методом 3D-друку:
1 – 3D-принтер; 2 – приймальні бункери для мінеральних складових; 3 – дозатори для мінеральних складових; 4 – стрічкові конвеєри; 5 – склад цементу; 6 – дозатор цементу; 7 – гвинтовий конвеєр; 8 – бетонозмішувач циклічної дії; 9 – накопичувальний бункер принтеру; 10 – кран прольотного типу; 11 – будівельні конструкції; 12 – транспортний засіб; 13 – виробниче приміщення

За другим варіантом виготовлення конструкцій, бетонна суміш доставляється бетонозмішувачем 2 (рис. 2).

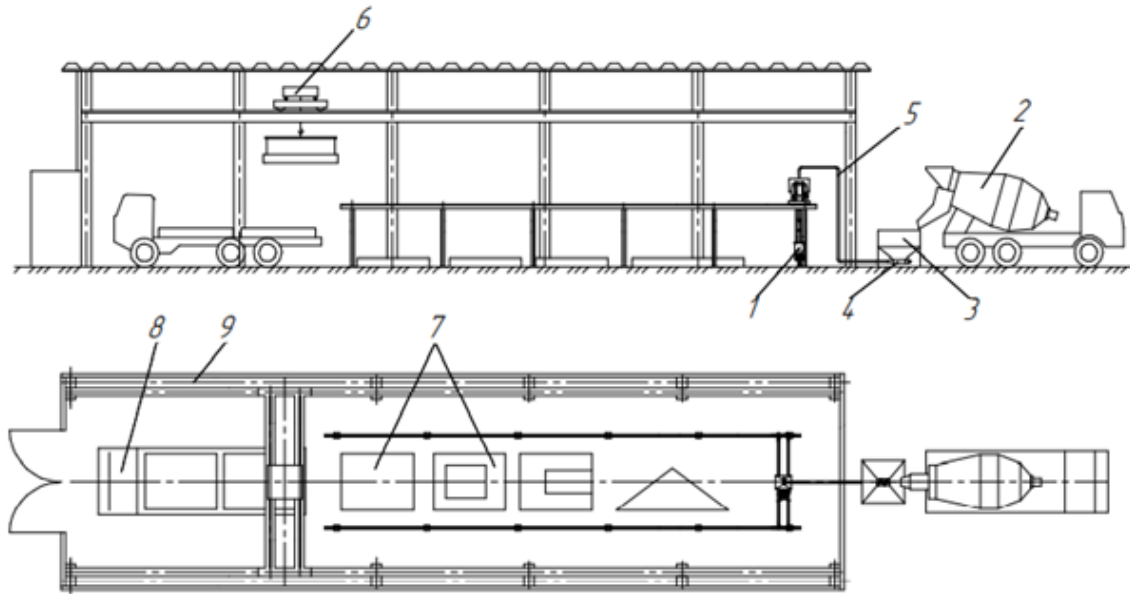


Рис. 2. Технологічна схема виробництва будівельних конструкцій методом 3D-друку з використанням автобетонозмішувача:

1 – 3D-принтер; 2 – автобетонозмішувач; 3 – приймальний бункер для бетону;
4 – бетононасос; 5 – бетонопровід; 6 – кран прольотного типу; 7 – будівельні конструкції; 8 – транспортний засіб; 9 – виробниче приміщення

Конструкція будівельної панелі у металевому каркасі складається з оздоблювального шару 1, бетонного шару 2 з арматурним матеріалом 3, металевого каркасу 5. Стінові конструкції, для підвищення енергоефективності утеплені шаром утеплювача 4. Для монтажу передбачено закладні елементи бта пройми для з'єднання 7 (рис. 3).

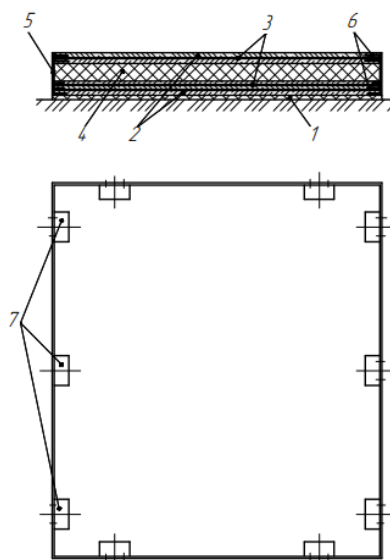


Рис. 3. Конструкція будівельної панелі у металевому каркасі:
1 – оздоблювальний шар; 2 – бетонні шари; 3 – арматурний матеріал; 4 – утеплювач;
5 – металевий каркас; 6 – закладні елементи; 7 – пройми для з'єднання

Енергоефективні стінові конструкції, виготовляють використовуючи металеву опалубку. Стінова конструкція включає в себе: оздоблювальний шар 1, бетонний шар 2, арматурний матеріал 3, утеплювач 4, закладні елементи 5, пройми для з'єднання 6 (рис. 4).

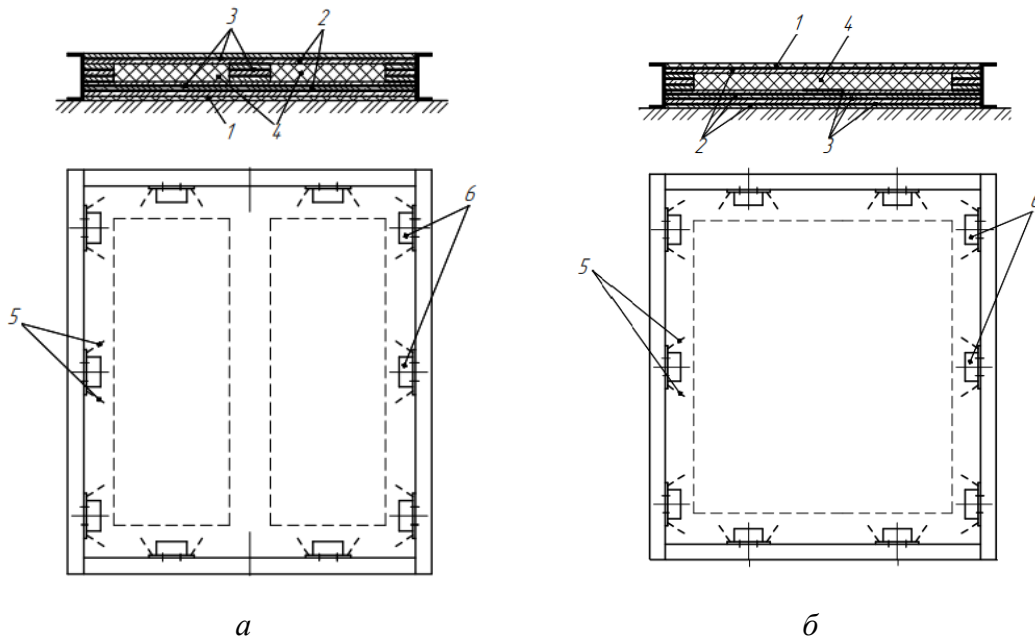


Рис. 4. Конструкція панелі виробленої за допомогою металеві опалубки:
а - з первинним оздоблювальним шаром; б - з заключним оздоблювальним шаром;
1 – оздоблювальний шар; 2 – бетонні шари; 3 – арматурний матеріал;
4 – утеплювач; 5 – закладні елементи; 6 – пройми для з'єднання

Варіантом виконання енергоефективної стінової панелі є вироб з порожниною, в якій вбудовані вікна та двері (рис. 5). Така панель містить: оздоблювальний шар 1, бетонний шар 2, арматурний матеріал 3, утеплювач 4, металевий каркас 5, закладні елементи 6, пройми для з'єднання 7, вікно 8.

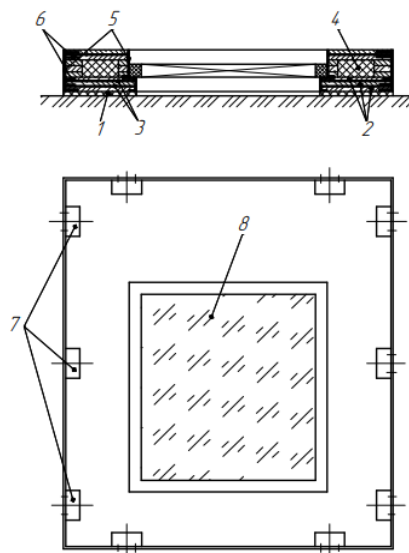


Рис. 5. Конструкція будівельної панелі у металевому каркасі та з вбудованим вікном:
1 – оздоблювальний шар; 2 – бетонні шари; 3 – арматурний матеріал; 4 – утеплювач;
5 – металевий каркас; 6 – закладні елементи; 7 – пройми для з'єднання; 8 – вікно

Енергозберігаючі стінові панелі транспортуються на будівельний майданчик. Збираються між собою за допомогою болтових з'єднань (рис. 6). Це дозволяє підвищити швидкість зборки будівельного об'єкта.

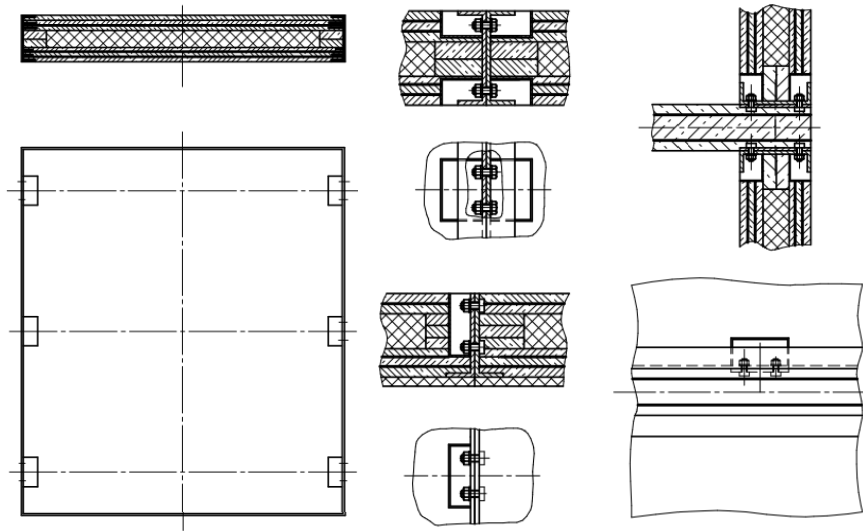


Рис. 6. Засоби з'єднання будівельних блоків

Висновок. Використання будівельного 3D-друку доцільне у процесі виготовлення енергоефективних стінових конструкцій, з подальшою зборкою цих конструкцій на будівельному майданчику. Ця технологія дозволить зменшити витрати на будівництво об'єкта, підвищити швидкість будівництва об'єкта, підвищить енергоефективність будівельного об'єкта.

Список використаних джерел

1. Сайт «Cobod» : Світовий лідер у рішеннях для 3D будівельного друку. [Електронний ресурс]. URL: <https://cobod.com/>
2. Сайт «Bauenhaus» : Будинки із СИП панелей. [Електронний ресурс]. URL: <https://bauenhaus.ua/uk/montazh-sip-panelei/>
3. Сайт «ProfiKarkas» : Каркасне та модульне будівництво. [Електронний ресурс]. URL: <https://profikarkas.com.ua/uk/usefularticle/65-stroitelstvo-sbornogo-karkasnogo-doma-v-germanii-za-2-dnya>

УДК 621.316

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ (SAM від NREL)

Демидов О. Л.¹, студ.-магістр, Коваль О. О.², к. т. н., доц., с. н. с.,
Юрченко Є. Л.³, к. т. н., доц., с. н. с., Столяр Ю. С., студ.-магістр,
Чернишенко В. М., студ.-магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[122249-eeb.demydov@365.pdaba.edu.ua](mailto:22249-eeb.demydov@365.pdaba.edu.ua); 2koval.olena@pdaba.edu.ua; 3yel@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Розгортання сонячних станцій у корпоративному секторі набуває особливої актуальності у світлі глобальних зусиль зі зниження вуглецевого сліду та підвищення енергетичної незалежності. Однак, забезпечення максимальної ефективності цих станцій вимагає точного цифрового моделювання для розрахунку потенційного виробництва енергії та визначення оптимальних параметрів системи. Таке моделювання є невід'ємною частиною проектування, оскільки передбачає врахування місцевих кліматичних умов, сезонних коливань інсоляції та потенційних тіньових впливів, які можуть істотно вплинути на продуктивність фотоелектричних панелей. У цьому контексті ми стикаємося з проблемою вибору найефективнішого та економічно вигідного рішення для цифрового моделювання сонячних станцій. Розробка таких проектів вимагає використання програмного забезпечення, здатного точно прогнозувати виробничі показники та оцінювати повернення інвестицій.

Мета роботи. Використання цифрових інструментів для попереднього моделювання вироблення сонячної енергії на конкретних об'єктах. Для реалізації цієї мети було проведено аналіз потреби в енергії офісної будівлі, вибір компонентів системи, розрахунок їх продуктивності та оцінка економічної ефективності проекту.

Попереднє дослідження гібридної сонячної електростанції з автоматичним переключенням для офісної будівлі показує її економічну вигоду та потенціал для сталого розвитку енергетичних рішень на основі симуляції та фінансового аналізу [1].

Базовим інструментом моделювання ефективності сонячної станції була обрана система System Advisor Model (SAM), розроблена Національною лабораторією відновлюваної енергії (NREL, USA). SAM використовується для тестування та валідації моделей концентрованих сонячних енергетичних установок відповідно до міжнародних настанов, демонструючи високу точність і відповідність цих моделей до рекомендованих методик оцінки [2].

Включає розширені функції для оцінки продуктивності та економічної ефективності сонячних фотоелектричних систем, концентрованих сонячних енергетичних установок, вітрових електростанцій, геотермальних установок та інших типів відновлюваних джерел енергії [3].

Основна частина. Основу розробці ДБЖ системи з сонячною станцією стало обрання рішень від компанії Growatt – широкий спектр рішень для сонячних станцій, що можуть бути ідеально інтегровані в офісні будівлі, забезпечуючи енергоефективність та оптимізацію споживання енергії.

На першому етапі дослідження була розрахована потреба електроенергії на живлення електричних пристроїв будівлі під час аварійного відключення електромережі (4 години до пуску дизель-генератора) та генерацій частки енергопотребі сонячними панелями в іншій період часу. Таким чином офісна будівлі вимагає 9,4 кВт для повноцінного функціонування на протязі 4 годин.

Сонячні батареї та їх кількість – для розташування сонячних панелей буде використано дах мансардного приміщення. Нахил 26,56 градусів з орієнтацією захід та схід. Обраний тип сонячних панелей – PV LONGI LR4-72HPH-420M 420WP MONO по 16 в кожній з двох збірок. Панелі облаштовані обхідними діодами для зниження ефекту затінення.

Номинальна потужність збірки 6,720 Вт год. Двох збірок – 14 560 Вт год. Обраний нами інвертор сприймає потужність DC до 22500 Вт. Загальна площа однієї збірки 35,28 м².

На другому етапі досліджень було виконано моделювання річного виробництва електроенергії системою сонячних панелей в додатку SAM (System Advisor Model) (nrel.gov). Економічна складова в системі рахується з урахування федеральних пільг США та інших програм, що не дозволяє змінювати ціну обладнання. Система має базу даних погодних умов для кожного місця планети та ураховує багато різноманітних важелів впливу на ефективність сонячної станції. Так наприклад 3d моделювання об'єктів навколо що дають затінення. За вихідними даними нашої енергопотреби було отримано розрахункову кількість панелей та їх площа збіглась з розрахунком в системі SAM. Було проведено моделювання річного виробництва електроенергії панелями в різних умовах – з затіненням деревами там без нього. Отримані данні надали можливість оцінити окупність системи та порівняти її в залежності від локацій та ціни на електроенергію.

Висновки. Результати дослідження підтверджують потенціал інструменту для моделювання сонячних енергосистем, що дає змогу оцінити більш точно ефективність їх впровадження та економічні показники. Система надає можливість візуалізацій показників та швидкого аналізу результатів.

На жаль регіон та розташування будівлі не сприяє ефективному використанню системи сонячної генерації електроенергії. Дерева, які створюють затінення, знаходяться на землі міської ради та не можуть буди усунені. Але навіть з умови усунення затінення окупність системи без урахування деградації панелей може скласти 16 років (за наявними цінами на електроенергію або менше при їх зростанні).

Використання системи накопичення енергії у нічний час по зниженому тарифу дає змогу отримати ДВЖ систему для забезпечення аварійних потреб будівлі без встановлення сонячних панелей. Безумовно система має сенс під час війни та аварійних відключень живлення.

Таким чином, SAM (System Advisor Model) продемонстрував ефективність при проектуванні систем відновлювальної енергії.

Список використаних джерел

1. Chandra Buana, Muhammad Yusuf Yunus, Muhammad Daffa Abbas, Rizal Ashari, Nita Sri Indah Sari. Planning and feasibility study of a hybrid solar power plant with an added automatic transfer switch (ats) for an office building. 31 of Decemnber, 2023. *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering & Advanced Materials (IJIMEAM)*. URL <http://dx.doi.org/10.22441/ijimeam.v5i3.23244> (дата звернення : 25.02.2024).

2. Devon Kesseli, Michael Wagner, Rafael Guédez, Craig S. Turchi. CSP-plant modeling guidelines and compliance of the system advisor model (SAM). 25 of July 2019. *AIP Conf. Proc.* URL <https://doi.org/10.1063/1.5117676> (дата звернення : 25.02.2024).

3. Keith Janine. Development Support for NREL's System Advisor Model (SAM): Cooperative Research and Development. 10 of August. CRADA Number CRD-20-16998 (Final Report). URL: <https://dx.doi.org/10.2172/1881910> (дата звернення : 25.02.2024).

УДК 666.97.035

ВАКУУМНІ БЕТОНИ ТА РОЗЧИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ

Дехта Т. М.¹, к. т. н., доц., Бондаренко С. В.², к. т. н., доц., Василенко С. В.³, ас.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ dehta.tatyana75@pdaba.edu.ua; ² bondarenko.serhii@pdaba.edu.ua;

³ vasylenko.svitlana@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. У звалищах та відвалах накопичена велика кількість золошлакових сумішей теплових електростанцій (ТЕС), які є цінною техногенною сировиною.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що технологія вібраційного вакуумування є ефективним методом ущільнення золошлакових бетонів у порівнянні з традиційним методом вібраційного ущільнення. Ущільнення бетонних сумішей за допомогою вібраційного вакууму надає можливість значно збільшити щільність, міцність, морозостійкість та інші властивості бетону. У бетонів з однаковою міцністю можливо зменшити витрати цементу, провести негайну розпалубку, значно скоротити тривалість термічної обробки. Запропонований метод формування не вимагає значних капітальних витрат на впровадження, тому що застосовується стандартне обладнання, яке використовують при виробництві залізобетону. Актуальністю роботи є розробка і дослідження технології вібраційно вакуумної обробки бетонних сумішей на основі вторинних мінеральних ресурсів, яка дозволяє отримувати бетони з підвищеними властивостями. Запропоновано спосіб поліпшення якості золошлакового вакуумованого бетону за рахунок добавки невеликої кількості електроліту в бетонну суміш при її приготуванні. Досліджено основні властивості вібраційно ущільнених і вібраційно вакуумованих бетонів на основі техногенної сировини, проведена порівняльна оцінка цих властивостей, яка показала переваги вакуумованих бетонів.

Найбільш об'єктивну оцінку міцності та іншим фізико-механічним властивостям бетону з використанням техногенної сировини, ущільнених вібраційним вакуумом, можливо отримати у виробничих умовах на підприємствах по виробництву залізобетону.

Мета роботи. Удосконалення технології виробництва вакуумованих бетонів на основі техногенної сировини - золошлакових сумішей теплових електростанцій (ЗШС).

Основна частина. Приклад використання вакуумної технології ущільнення бетону наведено в роботі [2]. Однак при використанні легких бетонів, вони мають тенденцію до руйнування через високий тиск при вакуумуванні. Подальші дослідження використання техногенної сировини базувались на отриманні важких бетонів.

Перші результати наукових досліджень і виробничого досвіду використання золошлакових відходів ТЕС проведені в 30-ті роки минулого сторіччя. Була доведена висока ефективність використання золошлакових відходів ТЕС при виробництві пуцоланових цементів, виготовленні стінових каменів, виробництві легких заповнювачів, приготуванні легких бетонів. Була введена класифікація відходів ТЕС від спалювання вугілля, де їх розділення на шлаки (частково розплавлені і спечені частки) і золи (дрібні не спечені частки). У свою чергу, шлаки, в залежності від виду палива, що спалюється, поділялися на: антрацитові, кам'яновугільні, буровугільні, торф'яні, горючі сланці [3]. Це визначає необхідність комплексних досліджень складу та властивостей мінеральної частини різного вугілля, яке спалюють на електростанціях. Основною причиною недостатнього використання золи та шлаків є незадовільний стан

вивчення якості сировини. Без ретельного вивчення таких відходів і їх вплив на гідратацію, твердіння, експлуатаційні властивості золобетонів їх виробництво неможливе [4].

Запропоновано класифікацію техногенної сировини, в основу якої покладено такі ознаки, як вид палива, що спалюється, спосіб спалювання, хімічний і мінералогічний склад палива, структура і зовнішні ознаки шлаків. Відзначено, що для характеристики технічних властивостей паливних шлаків набагато більше значення мають зовнішні морфологічні ознаки, такі як структура, ступінь оклінкерованості, гранулометрія і колір, а не вихідний вид палива. Основна увага була приділена паливним шлакам, а склад і властивості золи-виносу практично не розглядалися [5]. При високому рівні заміщення природного піску в бетонах та будівельних розчинах шлаком, бетон показав меншу міцність, ніж у стандартній суміші, ущільненій вібраційним способом [6].

Незначні обсяги і низька ефективність використання золи на будівельних підприємствах, малі обсяги використання техногенної сировини не дозволяють проектувати на теплових електростанціях маловідходні і безвідходні технології. Недоліки зола шлакових сумішей менше проявляються при використанні їх в гідротехнічному будівництві, де клас бетону визначається у віці 180 діб. На більшості підприємств будівельної індустрії при приготуванні бетонів для громадського, промислового і сільськогосподарського будівництва цей напрям виявився малоефективним, і зола-виносу практичного застосування не знайшла [7]. Неоднорідний склад золи ТЕС є одним з найбільших недоліків, які скорочують її використання. При високому вмісті крупних частинок золи-виносу (більш 0,045 мм), а також при збільшенні вмісту незгорілих частинок вугілля потреба в воді зростає. Це призводить до розшарування бетонної суміші при ущільненні. А також до зменшення фізико-механічних властивостей зола бетонів, зниженню довговічності виробу та конструкцій [8].

Оскільки зола шлакові суміші становлять основну частину відвалів більшості теплових електростанцій, що спалюють пиловидне паливо, вони представляють особливий інтерес для підприємств будівельної індустрії, в якості заповнювача для бетону. Постійно зростаючі запаси цієї сировини можуть значно знизити існуючий дефіцит наповнювачів бетону [9].

Введення золи в якості традиційного заповнювача бетону і використання вібраційної вакуумної обробки дозволили оптимізувати склад бетону. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- підібрати раціональні склади бетонних сумішей для вакуумної обробки;
- дослідити основні фізико-механічних властивості вібраційно вакуумованих бетонів на основі техногенної сировини;
- розробити технологію вібраційно вакуумованих бетонних виробів на основі техногенної сировини.

Золошлакові суміші теплових електростанцій, щодня накопичуються на звалищах, завдаючи значної шкоди навколишньому середовищу.

Зерна пиловидної золи – це крихітні частинки розміром від декількох мікрон до 0,14 мм. Велика частина зерен ошлакована і округла. Частина зерен відшліфована лише зовні – під склоподібною оболонкою знаходяться мінерали, які не встигли розплавитися під час згорання пилоподібного вугілля в печі. Структура самого зерна обумовлена його скороченим перебуванням у зоні високих температур. В результаті швидкого підвищення температури майже одночасно відбувається вигорання органічних речовин, що містяться у вугіллі, і спікання мінеральної частини. Газ, що виділяється під час цього процесу, спучує розплав. Різке охолодження зерен стабілізує

склоподібну фазу. В результаті частинки пилоподібної золи є розплавленими зернами, багато з яких мають крихітні, переважно закриті пори.

Шлаки представляють собою склоподібні зерна розміром 0,3...20 мм неправильної форми з гострими кутами. Значна частина зерен має пори різних розмірів, які утворилися під дією пари при попаданні вогненно-рідкого шлаку до води. Іноді зустрічаються включення шлаку розміром до 40 мм. Хімічний склад золошлакових сумішей наведено в таблиці.

Таблиця

Хімічний склад зола шлакових сумішей ТЕС

Вид відходів	Склад оксидів, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	В.п.п.
Зола	41...53	15...22	5...9	0,5	3...4	1...1,6	0,4...0,8	10...14
Шлак	48...56	20...28	9...13	0,5	4,5...5	1...1,6	0,5...0,6	0...1

Для приготування бетонних сумішей використовували наступні матеріали:

- шлакопортландцемент М400 (м. Кривий Ріг) (ДСТУ Б В.2.7-46-2010);
- зола-виносу Придніпровської ТЕС (ДСТУ Б В.2.7-205:2009);
- вода водопровідна (ДСТУ Б В. 2.7.-273:2011);
- електроліт - CaCl₂ (ДСТУ Б В.2.7-175:2008. ДСТУ Б В.2.7-69-98).

Бетонні суміші готували з однаковою рухливістю, яка характеризується осіданням стандартного конуса ОК = 5...6 см.

Результати досліджень [15] вказують на високу потребу у воді зола бетонних сумішей. Це, на наш погляд, є основною причиною низької міцності зольного бетону при помірних витратах цементу.

Спочатку визначали ефективність вібраційно вакуумної обробки звичайних зола бетонних сумішей (без додавання електроліту). В цих дослідженнях використовували бетонну суміш із витратою цементу 280 кг/м³. Зразки 15×15×7 см формували за допомогою вібраційного вакуумування (з метою зменшення впливу масштабного фактору). Попереднє ущільнення бетонної суміші у формах проводили вібраційним методом протягом 7...10 с. Потім ці зразки піддавали вакуумуванню до припинення видалення надлишків води для замішування. Величина вакууму становила 0,7 (загальний вакуум приймався за одиницю). Під час вакуумування проводили періодичну вібрацію тривалістю 8...10 с кожні 1,5...2 хвилини (виконували два прийоми вібрації) [16].

Додавання електроліту у кількості 0,2...0,7 % від витрати цементу може суттєво збільшити кількість вилученої надлишкової води, зменшуючи при цьому тривалість вакуумування. При всіх прийнятих витратах цементу раціональне додавання електроліту становило 0,4...0,5 %. Завдяки цьому додаванню було отримано найбільшу кількість вилученої надлишкової води замішування (110 л/м³ або 37 %). А тривалість вакуумної обробки зменшена з 6 хвилин до 4...4,5 хвилин, що дуже важливо в умовах виробництва [16].

Ці закономірності підтверджуються і результатами аналізу міцності вакуумних бетонів на основі зола шлакових сумішей ТЕС (рис.).

Вакуумовані бетони, отримані з бетонних сумішей з додаванням електроліту, мають більшу міцність порівняно з міцністю вакуумованих бетонів з сумішей без добавки. При раціональній витраті електроліту було досягнуто збільшення міцності – на 17...22 % (порівняно з міцністю вакуумованих бетонів із бетонних сумішей без додавання електроліту). Отримані результати переконливо пояснюються за допомогою

теорії коагуляції електролітами.

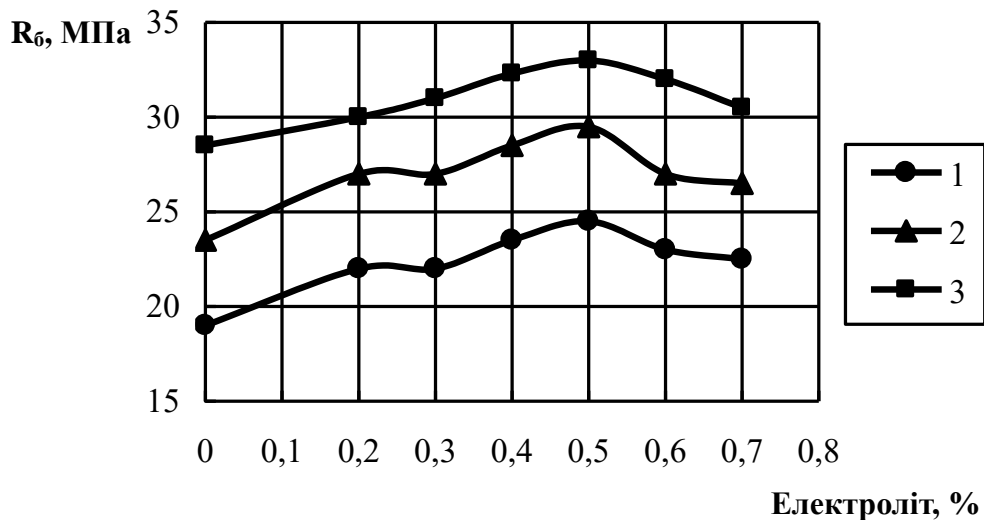


Рис. Межа міцності золотшлакового вакуумбетону залежно від витрати електроліту: 1 – за витрат цементу 280 кг/м³; 2 – теж, за 350 кг/м³; 3 – теж, за 400 кг/м³

У цьому випадку раціональна тривалість вакуумування становила 6 хвилин (виходячи зі швидкості видалення надлишку води змішування).

Широке використання в будівництві бетонів на основі відходів ТЕС дає можливість вирішити проблему місцевих заповнювачів, і сприяє охороні навколишнього середовища [17–18].

Висновки.

1. При підборі раціональних складів бетонних сумішей для вакуумної обробки визначена оптимальна рухливість вихідної бетонної суміші, яка обумовлює найбільш компактне розміщення складових в процесі вакуумування (найбільшу щільність). Така рухливість суміші зростає при зниженні витрати цементу (з ОК = 1...2 см до 5...7 см).

2. Результати досліджень основних властивостей вібраційно вакуумованих золошлакових бетонів підтвердили що, міцність золошлакового вакуумованого бетону в середньому вище міцності вібраційно ущільненого бетону з рухомих сумішей на 6...10 МПа або на 60...100 % (в залежності від витрати цементу).

4. Завдяки розробці технології вібраційно вакуумованих виробів на основі техногенної сировини надається можливість використовувати існуюче технологічне обладнання без принципових конструктивних змін, здійснювати негайне розпалублення відформованих виробів, що суттєво зменшує металоємність виробництва.

Список використаних джерел

1. Mariusz Holtzer, Rafał Dańko, Angelika Kmita, Dariusz Drożyński, Michał Kubecki, Mateusz Skrzyński, Agnieszka Roczniak. Environmental Impact of the Reclaimed Sand Addition to Molding Sand with Furan and Phenol-Formaldehyde Resin-A Comparison. *Materials*. 2020. Vol. 13. P. 4395. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/19/4395>
2. Sang-Yeop Chung, Pawel Sikora, Dietmar Stephan, Mohamed Abd Elrahman. The Effect of Lightweight Concrete Cores on the Thermal Performance of Vacuum Insulation Panels. *Materials*. 2020. Vol. 13. P. 2632. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/11/2632>
3. Xiaohui Zhu. Properties of Alkali Activated Slag Concrete. *Chemical Engineering*

Transactions Journal. 2017. Vol. 62. Pp. 1009–1014. URL: <https://doaj.org/article/4d39fc854a7e44749abd80068fa052c2>

4. Rimma K. Niyazbekova, Muratbek T. Userbaev, Gulnara A. Kokayeva, Lazzat S. Shansharova, Marat D. Konkanov, Saule A. Abdulina. Ash Deposits CHP – as an Additional Source of Raw Material for Construction Production. *Chemical Engineering Transactions Journal*. 2018. Vol. 70. Pp. 649–654. URL: <https://doaj.org/article/56ad70ca5c6f438ab01cc7ac39af3b30>

5. Madhura Sridharan. Ch. Madhavi. Investigating the influence of copper slag on the mechanical behaviour of concrete. *Materials today : Proceedings*, 2020. 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320388039>

6. Thuy Bich Thi Nguyen, Rachot Chatchawan, Warangkana Saengsoy, Somnuk Tangtermsirikul, Takafumi Sugiyama. Influences of different types of fly ash and confinement on performances of expansive mortars and concretes. 2019. Vol. 209. Pp. 176–186. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819305124>

7. Savić Aleksandar, Vlahović Milica, Martinović Sanja, Đorđević Nataša, Broćeta Gordana, Volkov-Husović Tatjana. Valorization of fly ash from a thermal power plant for producing high-performance self-compacting concrete. 2020. Vol. 52, issue 3. Pp. 307–327. URL: <https://doaj.org/article/5e528041df1344bf9e3adea1ad3a8558>

8. M. Rafieizonooz, M. R. Salim, M. H. Hussin, J. Mirza, S. M. Yunus, E. Khankhaje. Workability, Compressive Strength and Leachability of Coal Ash. *Chemical Engineering Transactions Journal*. 2017. Vol. 56. Pp. 439–444. URL: <https://doaj.org/article/baced1e274354d52ba08ecd05644c32d>

9. Guo Yin-Le, Liu Xue-Ying, Hu Yue-Ping. Study on the influence of fly ash and silica fume with different dosage on concrete strength. *Internatio Symposium on Architecture Research Frontiers and Ecological Environment*. 2021. Vol. 237. URL: <https://doaj.org/article/a83ba35c625b4bce9d74f05ea549ec21>

10. Bavita Bhardwaj, Pardeep Kumar. Waste foundry sand in concrete : a review. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 156. Pp. 661–674. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817318111>

11. Rafat Siddique, Gurpreet Singh. Utilization of waste foundry sand (WFS) in concrete manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*. 2011. Vol. 55. Pp. 885–892. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911000802>

12. Сторожук Н. А., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Незаслуженно забытый способ уплотнения бетонных смесей. *Технологии бетонов*. 2018. № 1-2. С. 27–31.

13. Савицкий Н. В., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Рациональное использование золошлаковых смесей, зол и шлаков ТЭС в технологии бетонов. *Бетон и железобетон*. 2014. № 3. С. 28–31.

14. Сторожук Н. А., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Основы теории формирования структурной прочности вакуумбетона при уплотнении бетонных смесей. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 81. С. 139–148.

15. Сторожук Н. А., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Эффективный способ использования золы тепловых электростанций в технологии бетонов. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки*. Т. 29 (68), № 5. 2018. С. 98–104.

16. Tatyana Dekhta, Pavlo Pshinko, Olena Hromova, Oksana Steinbrech. Experimental Investigation and Theoretical Background of the Optimal Control of the Concrete Mixture Forming. *Komunikácie – vedecké listy Žilinskej univerzity v Žiline. Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*. Slovakia. № 2. 2023. Pp. D39–D42. DOI: 10.26552/com.C.2023.034. URL: <https://komunikacie.uniza.sk/contents/csl/2023/02.pdf>

17. Дехта Т. М., Шпирько М. В., Бондаренко С. В., Василенко С. В. Будівельне матеріалознавство : навч. посіб. Дніпро : ДВНЗ «ПДАБА», 2022. 115 с. ISBN 978-966-323-229-4.

18. Дехта Т. М., Штайнбреш О. В. Системний аналіз в технології будівельних матеріалів. Проблеми математичного моделювання : матер. Всеукр. наук.-метод. конфії. Кам'янське, 27–28 травня 2020 р. ДДТУ, 2020. С. 97–98. URL: https://docs.google.com/document/d/1Ju4wT6k4xtkU0sR2-bS-VGfLWi_F3Wamf6Xd_KYfngd0/edit

УДК 625.7.2:004.9

ВІДНОВЛЕННЯ АВТОДОРОГ В УКРАЇНІ: ОСНОВНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗАВДАННЯ

Євсєєв В. О^{1.}, аспірант, Трегуб О. В^{2.}, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ vsevolod012@gmail.com; ² tregub.olexandr@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Повоєнне відновлення та розбудова мережі автомобільних доріг – важливої складової транспортної інфраструктури країни, є необхідною умовою для функціонування і розвитку галузей економіки та інтеграції України до Європейського Союзу. Відбудова інфраструктури України є складним процесом, що вимагає залучення кращого світового досвіду та міжнародних інвестицій. Вивчення досвіду повоєнної відбудови європейських країн допоможе у плануванні цих заходів.

Метою дослідження є огляд проблеми повоєнної відбудови автомобільних доріг та пошук ефективних методів проєктування з урахуванням енергоефективних технологій.

Виклад основного матеріалу. Національний план відновлення [4], який представив Уряд України на конференції в Лугано 4–5 липня 2022 року, можна охарактеризувати як всеохоплюючий документ, що відображає основні напрями повоєнного відновлення економіки, надає комплекс ініціатив і заходів, включаючи зміни у законодавстві. План відновлення України складається з 15 національних програм, які відповідають основним потребам країни як у воєнний, так і післявоєнний періоди. Національні програми порівнюються з відповідними програмами відбудови Боснії та Герцеговини (1997 р.). Серед інших, відповідно до програми, план повоєнної реконструкції транспортних шляхів міжнародного та національного значення є пріоритетним завданням для України.

Відповідно до Постанови кабінету міністрів України [5] протяжність автомобільних доріг України міжнародного значення (індекс М) складає 1 436,2 км, національних доріг (індекс Н) – 7 177 км, регіональних – 9 046,9 км, територіальних (індекс Т) – 21 178,4 км. Загальна протяжність автомобільних доріг державного значення в Україні становить 46 733,4 км. План відновлення [4] є частиною Національної програми відбудови України. Орієнтовна протяжність пошкоджених автомобільних доріг у результаті бойових дій наведена на мапі руйнування України [6].

За даними [6] понад 36 тис. км мережі автомобільних доріг потребують відбудови, що дозволить прискорити відновлення цивільних та промислових об'єктів, інженерної інфраструктури, забезпечити сполучення населених пунктів з районними та обласними центрами, доставку гуманітарної допомоги та інших вантажів. Відновлення та розвиток мережі автомобільних доріг необхідно реалізовувати з урахуванням пріоритетів держави щодо забезпечення її обороноздатності та розвитку регіонів, зростання інтенсивності транспортного руху та інтеграцію української мережі автомобільних

доріг до європейської, впровадження сучасних технологій, вимог безпеки дорожнього руху задля сприяння розвитку економіки України [7].

Таблиця

Пошкодження автомобільних доріг України у результаті бойових дій*

Область	Протяжність доріг, км	Індекс
Київська	1 4023,3	М / Н / Р / Т
Чернігівська	1 512,0	М / Н / Р
Сумська	1 584,6	М / Н
Полтавська	63,0	М
Донецька	2 695,2	М / Н / Р / Т
Луганська	2 959,4	М / Н / Р / Т
Херсонська	3940,0	М / Н / Т
Миколаївська	1 809,4	М / Н / Р
Запорізька	3 872,3	М / Н / Т
Дніпропетровська	75,0	М
Харківська	3 890,8	М / Н / Р / Т
Одеська	0,256	М
Всього	36 474,5	

*Таблиця складена авторами за інтерактивною картою України, на якій позначені руйнування станом на 01.03.2023 р.

Для вирішення вказаної проблеми у першу чергу необхідно провести обстеження та інженерні вишукування автомобільних доріг, в тому числі пошкоджених внаслідок бойових дій, з метою визначення необхідного обсягу робіт з відбудови для забезпечення безперебійного функціонування мережі доріг у найближчий час та отримання вихідних даних для планування подальших заходів та проектних робіт, формування єдиної інформаційної бази стану доріг.

Для цього необхідна, зокрема, дослідницька діяльність задля систематизації досвіду, прогнозування і оцінки результатів, вивчення програм та підготовка фахівців, розробка відповідних стандартів та нормативних документів. Технологія будівельного інформаційного моделювання передбачає розробку та використання цифрової тривимірної моделі автодорожньої інфраструктури (віртуальний прототип), як цілісної інформаційної системи, або окремої інженерної споруди, що відображає геометричні, фізичні та функціональні параметри об'єкту, на основі яких може розроблятися робоча та виконавча документація для відповідних життєвих циклів об'єкта - при проектуванні, будівництві, відбудові (капітальному ремонті, реконструкції) та експлуатації. При проектуванні реконструкції та відновленні доріг варто врахувати сучасну потребу освітлення доріг на основі енергоефективних технологій.

Міжнародне енергетичне агентство стверджує, що 19% споживання електроенергії в світі припадає на освітлення. За оцінками фахівців, в Україні на освітлення витрачається до 50 % зайвої електроенергії [3], яка в умовах сьогоденних викликів вкрай потрібна для забезпечення стабільної життєдіяльності громадян України. З огляду на вище викладене, доцільно застосовувати для освітлення доріг енергозощадливі системи на сонячних панелях. Вуличне освітлення на сонячних

панелях - це новітній спосіб освітлення, незалежний від централізованої мережі електроживлення. Генерація енергії може бути від сонячних променів або вітру. Установка систем автономного освітлення доріг – розумне рішення для доріг загального користування, для міських вулиць та невеликих населених пунктів, що забезпечує незалежність системи і економію.



Рис. Вузол освітлення на сонячній енергії, серії LPMGE, 40 W

Робота системи освітлення залежить від потужності сонячних панелей. Потужність ліхтарів з автономною системою живлення від сонячних панелей становить від 20 до 56 Вт та можуть складати конкуренцію світильникам, що працюють від електромережі. Впродовж світлового дня сонячна батарея генерує електроенергію, яка накопичується в акумуляторі. У деяких конструкціях світильників для автономного дорожнього освітлення, окрім сонячних панелей, вмонтований також і вітряк. Акумулятор накопичує енергію від роботи вітряку у похмурі або короткі світлові дні при недостатній кількості сонячної енергії.

З початком темною пори доби, світлодіодний ліхтар автоматично вмикається. Сучасні ліхтарі на сонячних панелях можуть змінювати інтенсивність живлення світильника. Це дозволяє взимку, коли часу для відновлення заряду значно менше, завдяки контролеру зменшити енерговитрати.

Застосування енергоефективних систем для освітлення автодоріг є економічно ефективним, оскільки період окупності становить близько 3 років. Гарантійний період роботи понад 15 років. В сучасних умовах це сприяє енергобезпеці нашої країни.

Переваги застосування енергоефективних систем освітлення доріг:

- можливість улаштування на ділянках, віддалених від централізованої мережі електропостачання;
- регулювання роботи світильників на сонячних панелях за інтенсивністю та часом активності;
- швидка окупність системи.

Висновки. Таким чином, системи освітлення доріг з використанням енергоефективних систем на сонячних панелях та вітряках - це розумне сучасне рішення задля заощадження енергоресурсів, яке необхідно враховувати при відновленні автомобільних доріг України.

Список використаних джерел

1. План відновлення України. Візія Відновлення України: «Сильна європейська країна – магніт для іноземних інвестицій». План Відновлення України спрямований на прискорення стійкого економічного зростання. В рамках плану визначено перелік Національних програм для досягнення ключових результатів. URL: <https://recovery.gov.ua/>

2. Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення. Постанова КМУ від 17 листопада 2021 р. № 1242. URL: <http://surl.li/fmzpw>

3. Мапа руйнувань України. URL: <https://recovery.gov.ua/>

4. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури». Національна рада з відновлення України від наслідків війни. URL: <http://surl.li/cngcw>

5. Financial headwinds for renewables investors: What's the way forward? Міжнародне енергетичне агентство. URL: <https://www.iea.org/commentaries/financial-headwinds-for-renewables-investors-what-s-the-way-forward>

УДК 728:340.0

ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ: СПОСОБИ І ЗАСОБИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ – НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ

Євсєєв Є. О¹., магістр, Юрченко Є. Л²., к. т. н., доц., Грищин С. В., магістр
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 yevsieiev.yevgen@pdaba.edu.ua](mailto:yevsieiev.yevgen@pdaba.edu.ua); [2 yurchenko@pdaba.edu.ua](mailto:yurchenko@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Протягом десятилітньої війни України з російською федерацією Україна, лише на північно-східній та південній території в межах Київської, Чернігівської, Харківської, Дніпропетровської, Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської, Миколаївської, Одеської областей, втратила понад 60 млн. житлової площі та понад 555 тис. українських сімей втратили свої домівки. У борні за свою незалежність, в очікуванні справедливої і невідвратної перемоги українці готують плани на відбудову власного житла. І зрозуміло, що це відновлення буде за новітніми правилами – з урахуванням енергоефективності кожного житлового будинку. Адже залежність України від енергоносіїв російської федерації надто дорого обійшлася українському народу та й європейський вектор розвитку національного господарства схиляє кожного українця бути ощадливим. Тому енергоефективність власного житла – це першочергове завдання кожного з нас.

Мета роботи полягає у критичному аналізі на підставі нормативно-правових документів окреслити поняття «енергоефективність будівель» з подальшим використанням на практиці.

Основна частина. Енергоефективність, про яку досить багато говорять останнім часом і актуальність якої лише зростає, – доволі широке поняття, що, зокрема, вбирає в себе енергоефективність будівель. У цьому питанні Україна досягла значних успіхів починаючи з 2017 року, коли було прийнято Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [2]. Закон уводить до науково-практичного обігу цілу низку термінів, зокрема: «будівля з близьким до нульового рівнем споживання енергії», «доступне для ознайомлення громадян місце», «економічно доцільний рівень», «енергетичний аудит будівель», «енергетичний аудит будівель», «енергоефективні заходи», «клас енергетичної ефективності будівлі», «мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель», «сертифікація енергетичної ефективності», «термомодернізація будівель (термомодернізація)», «енергетична ефективність будівлі» [2, ст.1].

У Статті 5 цього Закону йдеться уже безпосередньо про процес визначення енергетичної ефективності будівель та має місце вказівка на наступне: енергетична ефективність будівель визначається відповідно до методики, що розробляється з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства, гармонізованих європейських стандартів у сфері енергетичної ефективності будівель та затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

Під час проведення розрахунку енергетичної ефективності будівель може використовуватися програмне забезпечення для визначення енергетичної ефективності будівель, всі розрахункові елементи якого відповідають вимогам методики визначення енергетичної ефективності будівель та застосовуються у порядку, встановленому центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

І Методика [3] і Порядок [5] про які йдеться в Законі України органами виконавчої влади розроблені. Зокрема, Методика містить чітко визначені показники енергоефективності будівель та подає способи питомого обрахування кожного з них [3].

Окрім цього Закон [2] також містить визначення мінімальних вимог до енергетичної ефективності як вимог до показників енергетичної ефективності будівель, інженерних систем та їх елементів, теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій.

Безпосередньо ж самі вимоги, як того і вимагав законодавець, встановлені центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва. Так, у 2020 році Міністерство розвитку громад та територій України затвердило мінімальні вимоги до енергоефективності будівель [4]. Ці мінімальні вимоги встановлено на основі «розрахованих для еталонних будівель даних, з урахуванням вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та енергетичної ефективності інженерних систем (у тому числі обладнання) будівель, відповідно до економічно доцільного рівня із врахуванням вартості дисконтованих загальних витрат на здійснення заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності відносно розрахункового строку служби кожної еталонної будівлі, та диференціюються залежно від функціонального призначення, висотності будівель та виду будівельних робіт (нове будівництво, реконструкція, капітальний ремонт)» [4].

Окрім мінімальних вимог до енергетичної ефективності, Закон України відповідно до ч. 4 ст. 6 [2] визначає і економічно доцільний рівень – рівень енергетичної ефективності будівлі, за якого досягаються найнижчі витрати (у тому числі експлуатаційні та ліквідаційні витрати) протягом нормативних строків експлуатації будівлі (огорожувальних конструкцій, інженерних систем) з урахуванням вкладених інвестицій та доходу від генерації енергії (за технічної можливості інженерної системи). Економічно доцільний рівень енергетичної ефективності будівель розраховується відповідно до методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівлі, розробленої з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства, гармонізованих європейських стандартів у сфері енергетичної ефективності будівель та затвердженої центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва. Ця Методика була і розроблена, і затверджена ще у 2018 році [3]. Методика встановлює механізм визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель з метою встановлення оптимального рівня мінімальних вимог до енергоефективності та окреслює процедуру визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель та їх елементів.

В частині Закону, що стосується безпосередньо сертифікації енергетичної ефективності будівель [2, ч. 8 ст. 7], необхідним є розуміння порядку її проведення та встановлення переліку будівель, для яких вона є обов'язковою. Щодо цих питань то, треба сказати, що законодавець обґрунтовано підготувався, бо маємо документ, а саме: «ПОРЯДОК проведення сертифікації енергетичної ефективності» [5], який визначає процедури збору та обробки інформації, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, оцінки відповідності розрахункового рівня енергетичної ефективності будівель встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель; вимоги до форми та змісту енергетичного сертифіката, витягу з енергетичного сертифіката; порядок виготовлення енергетичного сертифіката. Цей порядок уже активно використовуються на практиці.

Для кращого розуміння слід зазначити про те, що згадувана вище сертифікація енергетичної ефективності – це вид енергетичного аудиту будівель, під час якого здійснюється аналіз використання енергії в будівлі, інформації про характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної

ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими.

Також законодавець передбачив необхідність затвердження Кабінетом Міністрів України Національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії [6]. Мета Національного плану – поступове підвищення енергетичної ефективності будівель.

Такий план було розроблено, як того вимагає Закон України [2, Ч. 1, ст. 15], з урахуванням приписів актів законодавства Європейського Союзу та Енергетичного Співтовариства і буде переглянуто через 5 років. Складовою частиною Національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії є перелік наявних та, за необхідності, запланованих заходів із збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, включаючи ті, що потребують фінансування. Виконання національного плану передбачається протягом 2020–2030 років. Національний план намічено реалізувати двома етапами. На першому етапі (2020–2025 роки) передбачається виконання заходів, спрямованих на подолання технічних, організаційних та фінансових проблем на шляху збільшення кількості енергонезалежних будівель (заходи першого етапу національного плану), з урахуванням наявних заходів із збільшення кількості енергонезалежних будівель з наступним переглядом результатів їх виконання. На другому етапі (2025–2030 роки) передбачається виконання заходів, спрямованих на реалізацію переходу до обов'язкового дотримання стандартів енергонезалежних будівель щодо усіх об'єктів будівництва та будівель, у яких здійснюється реконструкція (заходи другого етапу національного плану), що формується шляхом перегляду національного плану з урахуванням: стану виконання заходів першого етапу національного плану та визначення необхідності коригування державної політики, зокрема враховуючи зобов'язання України в рамках виконання Угоди [7] та в рамках виконання Договору про заснування Енергетичного Співтовариства [1], включно з такими, що виникнуть під час реалізації першого етапу національного плану.

Отже, як бачимо, в державній політиці визначення енергоефективності зроблено чимало. Залишається сподіватися, що заданий темп лише пришвидшуватиметься після завершення війни, а відповідні ініціативи підтримуватимуться не тільки органами державної влади, а й підприємствами та громадянами. Подальший наш науковий пошук державних механізмів прискорення та громадського заохочення й мотивації стане об'єктом нашого дослідження.

Список використаних джерел

1. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства. Набрав чинності 01.02.2011. Документ 994_926, чинний, поточна редакція. Підписання від 25.10.2005. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926#Text
2. Про енергетичну ефективність будівель. Закон України. Документ 2118-VIII, чинний, поточна редакція. Редакція від 03.02.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
3. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель : Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 11.07.2018 № 169. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>

4. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель : Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 № 260. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>

5. Про затвердження Порядку застосування розрахункових елементів програмного забезпечення для визначення енергетичної ефективності будівель : Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 11.07.2018 № 171. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0824-18#Text>

6. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель у частині збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та затвердження Національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії : Розпорядження КМУ від 29 січня 2020 р. № 88-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/88-2020-%D1%80#n172>

7. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Документ 984_011, поточна редакція. Редакція від 30.11.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#

УДК 372.8:721.021.2

ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ЗВО: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Євсєєва Г. П.¹, д-р н. з держ. упр., проф., Юрченко Є. Л.², к. т. н., доц.,
Коваль О. О.³, к. т. н., доц., Коваль А. С., магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 yevsieieva.halyna@pdaba.edu.ua](mailto:yevsieieva.halyna@pdaba.edu.ua); [2 yurchenko@pdaba.edu.ua](mailto:yurchenko@pdaba.edu.ua); koval.olena@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. З початком повномасштабного вторгнення в Україну російської федерації система вищої освіти України зазнає значних трансформацій, які стосуються створення безпечних умов навчання та внесення змін до існуючих і започаткування нових освітніх програм, моделей процесу навчання, практичної підготовки майбутніх фахівців. Поруч з цими викликами українська вища освіта реагує на світові виклики, зокрема змінюється погляд на вимоги вищої освіти та перепідготовки персоналу – актуальними стають не стільки знання, скільки розвинені компетентності для використання інформаційного середовища, вміння адаптивно перебудовуватися у залежності від потреб виробництва та змін ринків праці.

Метою пропонованої публікації є спроба окреслити стан та перспективи підготовки фахівців у галузі енергоефективності в будівництві.

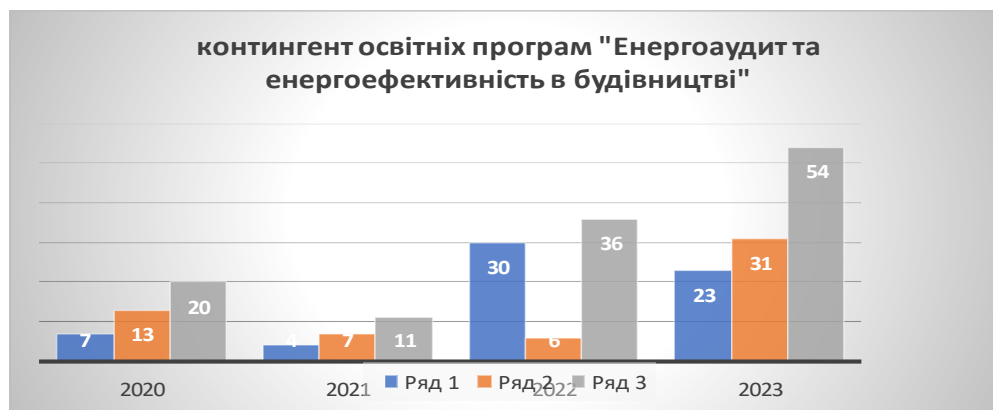
Виклад основного матеріалу. В умовах сучасного зростання запиту на енергоефективність в кожній ланці економіки України та Євросоюзу внаслідок інноваційного шляху розвитку економіки та як беззаперечної основи конкурентоспроможності промислових підприємств, потреба в освітньо-наукових та освітньо-професійних програмах з енергоефективності постає гостро як в Україні так і в Європі. Щодо України питання постає ще більш гостро, оскільки протягом двох років повномасштабної українсько-російської війни лише на території північно-східних та південних областей України (Київська, Чернігівська, Харківська, Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська) потребують відновлення понад 60 млн м² житлової площі та понад десять тисяч соціальних інфраструктурних об'єктів [5].

Україна як член Енергетичного співтовариства взяла на себе зобов'язання впровадження на всіх рівнях вимог директив Європейського Парламенту та Ради ЄС задля підвищення енергетичної ефективності в усіх сферах економіки. Досвід європейських країн свідчить, що впровадження сучасної політики енергоефективності потребує змін на рівні управлінських рішень, стимулює розвиток сучасної нормативно-методичної підготовки фахівців у цій сфері.

Сьогодні у ЗВО України відкриті освітньо-професійні програми з підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в сфері енергозбереження та енергоефективності. Це провідні заклади вищої освіти, які мають у своїй колекції освітні програми щодо енергоефективності, зокрема Києво-Могилянська академія (магістерська програма «Управління енергоефективністю»; КПІ ім. І. Сікорського «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології», «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»; Одеський національний політехнічний університет «Електропостачання та енергетичний менеджмент»; «Енергетичний менеджмент» у НУ «Львівська політехніка» та Івано-Франківському університеті нафти і газу та ін.

Серед закладів освіти, які впроваджують освітньо-професійні програми з підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в сфері енергозбереження та енергоефективності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури посідає одне з провідних місць в Україні. Започаткувавши п'ять років тому освітньо-

професійну програму з підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в сфері енергозбереження та енергоефективності, освітянська академічна спільнота втілює свої задуми в реалізацію цієї програми. Метою програми є підготовка висококваліфікованих і конкурентоспроможних на національному та міжнародному ринку праці фахівців з питань енергетичної ефективності будівель, енерго- та ресурсозбереження в будівництві та житлово-комунальному господарстві. Родзинкою освітньої програми Придніпровської академії будівництва та архітектури є те, що вона узгоджена та містить результати міжнародного проекту: Енерго-інноваційний ХАБ – платформа для підготовки кваліфікованих фахівців у сфері енергоефективності в рамках проекту «Реформи в сфері енергоефективності в Україні», що виконується Німецький товариством міжнародного співробітництва (GIZ) за дорученням уряду Німеччини. Впровадження пілотного проекту GIZ, розробленого провідними фахівцями в сфері енергетичної ефективності Німеччини, Австрії, України в рамках проекту «Реформи у сфері енергоефективності в Україні», який запроваджується лише у двох закладах вищої освіти України.



У підготовці будь-яких фахівців практична складова відіграє найважливішу роль, оскільки відомо: «практика – критерій істини», саме тому важливим є для нас те, що практична підготовка наших здобувачів ведеться на новітньому обладнанні, наданому в рамках проекту GIZ, для проведення енергоаудиту будівель та обстеження інженерних систем. З моменту започаткування освітніх програм «Енергоаудит та енергоефективність в будівництві» (освітньо-науковий та освітньо-професійний рівні) навчалися і навчаються 136 магістрів, з них 48 магістрів, які отримали дипломи і, за даними відділу працевлаштування та практичної підготовки «Кар’єрний ХАБ» [11], працевлаштувалися та успішно працюють за фахом.

Серед найгостріших проблем, які постають в межах підготовки фахівців з питань енергоефективності наразі, в умовах повномасштабної війни, в пергу чергу, стоїть проблема щодо безпечного середовища навчання здобувачів. Безпечне освітнє середовище будь-якого ЗВО формується відповідно до «Концепції безпеки закладів освіти» [4]. Суть якого полягає у створенні безпечної інфраструктури ЗВО (облаштування існуючих та будівництво нових захисних споруд цивільного захисту; ефективне попередження та протидія негативним безпековим явищам в освітньому середовищі; формування компетентностей безпеки в учасників освітнього процесу; провадження алгоритму дій у разі виникнення небезпечних ситуацій, виявлення вибухонебезпечних та інших підозрілих предметів у закладі освіти; організація системного навчання учасників освітнього процесу діям в умовах надзвичайних ситуацій; запровадження обов’язкового підвищення кваліфікації, рівня обізнаності та

підготовки педагогічних, науково-педагогічних та інших працівників закладів освіти з безпекових питань та питань психологічної самопомоги і прав, свобод та обов'язків громадянина.

Керуючись Статтею 3 Конституції України «людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека» [3] визнаються найвищою соціальною цінністю, 25 лютого 2022 року в Академії був створений оперативний штаб, який очолив роботу академічної спільноти під час воєнного стану. На сайті академії почала працювати «Лінія оперативного реагування», був проведений моніторинг підвальних приміщень з метою підготовки їх для укриття населення, здобувачів освіти, співробітників та мешканців гуртожитків. Всім надані інструкції на випадок перенесення активних бойових дій на територію міста. Важлива документація та матеріальні цінності Академії були підготовлені для можливої евакуації, підписано договір з Черкаським державним технологічним університетом щодо можливої, в разі необхідності, релокації.

Викладацько-студентський склад Академії стійко переносив перші бомбардування міста та продуктивно працював на захист. Для забезпечення умов безпечного освітнього середовища в підвальних приміщеннях Академії були відновлені 5 найпростіших укриттів, які існували в навчальному корпусі ще з часів Другої світової війни, для 2 750 осіб загальною площею 2 022 м². Для цього були звільнені приміщення бомбосховищ від розміщених в них архівів та складу матеріальних цінностей [9]; виконані очищення та облаштування запасних та підземних виходів; проведено оснащення первинними засобами пожежогасіння та шанцевим інструментом; відремонтовано освітлення, електричні щитки та вимикачі, підлога, двері, системи вентиляції, водопостачання та водовідведення; проведено зонування та облаштування сидячих та лежачих місць; створено матеріальний резерв для тривалого перебування людей (ємності для води та відходів, вода питна тривалого зберігання, санітарні засоби, лампи, ліхтарі, їжа тривалого зберігання та швидкого приготування, лікарські та медичні засоби, матраци, ковдри, подушки, спальні мішки, засоби гігієни, миючі розчини, серветки для дезінфекції, памперси, індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри, генератори, апарати для очищення води) [1]; приміщення укриттів забезпечені роутерами для безперебійного Інтернет-зв'язку [2]. І найголовніше – всі укриття обладнані для проведення занять під час повітряних тривог [6].

Безпечне освітнє середовище це можливість попередження про небезпеку. В Академії налагоджено оповіщення «Увага! Оголошено тривогу, всім пройти в укриття» та «Увага! Відбій повітряної тривоги» за допомогою гучномовного зв'язку, розроблені та розміщені поверхові плани евакуації, покажчики руху до укриттів, інформаційні схеми та стенди тощо.

Військовою адміністрацією Дніпропетровської області 11 липня 2022 року була проведена попередня оцінка приміщень Академії та надані рекомендації щодо можливості використання для укриття населення як найпростіших укриттів. За результатами обстеження (30.09.2022 р.) укриттів щодо використання за призначенням у 2022–2023 навчальному році листом Дніпровської міської ради № 7/11-2186 від 20.10.2022 р. укриття в підвальних приміщеннях ПДАБА були зареєстровані як найпростіші укриття придатні до проведення навчальних занять. Повторне обстеження найпростіших укриттів для використання за призначенням у 2023-2024 навчальному році було проведено 02 серпня та 10 листопада 2023 року [7; 10].

Другою проблемою, яка постає в підготовці фахівців у галузі енергоефективності у ЗВО є гендерна рівність в опануванні професією. З прийняттям Стратегії впровадження гендерної рівності у сфері освіти до 2030 року [8], важливим аспектом

принципу забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків є створення і розвиток в Україні сучасної системи освіти впродовж життя (освіта дорослих) із забезпеченням рівного доступу до неї жінок і чоловіків будь-якого віку. Станом на 01 січня 2024 року за напрямом освіти 191 «Архітектура» на магістерських програмах в Академії навчається 37 хлопців та 30 дівчат, що становить співвідношення 55,2 % до 44,8%. Таке співвідношення можна вважати гармонійним. Але за напрямом 192 «Будівництво» така гармонія відсутня – 320 хлопців та лише 23 дівчини, що становить 93,3 % до 6,7 %. Тому працюючи над залученням абітурієнтського контингенту у вступній кампанії 2024 року варто приділяти увагу жіночому складу, тим більше, що чоловічий людський капітал в Україні у зв'язку з війною з російською федерацією постійно знижується.

Третя проблема, що постає на наш погляд, у підготовці фахівців з питань енергоаудиту та енергоефективності – це освітньо-просвітницька робота. Освіта і виховання у сфері енергозбереження – це напрямки єдиного процесу виховання ощадливого ставлення громадян до використання природних енергетичних ресурсів, яке забезпечується шляхом надбання та засвоєння знань про економічні, екологічні та соціальні переваги енергозбереження і здійснення державного контролю щодо рівня й ефективності отриманих знань. Як показує практика, енергоефективність проєктованих об'єктів залежить не лише від якості використовуваного устаткування, не останню роль в цьому процесі відіграє технологія використання самих засобів енергозбереження. Зрозуміло проєктуванням і впровадженням таких складних систем повинні займатися висококваліфіковані фахівці галузі, що пройшли теоретичний і практичний курс навчання щодо застосування цих засобів і технологій. Але як ми бачимо, ряд головних завдань дійсно вирішується при проєктуванні і реалізації проєкту підвищення енергоефективності підприємств, установ. Основна складність з'являється після введення об'єкту в експлуатацію. Мало застосувати енергозберігаючі технології у виробничому процесі, потрібна грамотна експлуатація цих технологій. Закономірно, що за таких умов зумовлюється необхідність неперервного розвитку у майбутніх фахівців широких компетенцій і особливо компетенцій, що дозволяють забезпечувати енергоефективність виробничих процесів. Це вирішується шляхом вивчення фахівцями основ енергозбереження та енергоефективних технологій. На наш погляд, введення до навчальних планів обов'язкового навчального курсу «Основи енергозбереження» надасть можливість оволодіти компетенціями збереження енергоресурсів, їх ефективного використання під час виконання професійних видів робіт, і навіть у побуті. Крім того, студенти набуватимуть нових знань стосовно особливостей енергозберігаючих матеріалів, їхніх переваг під час використання у професійній діяльності, специфіки здійснення технологічних процесів на їх основі тощо.

Висновки. У контексті інтеграції України до ЄС чим раніше ми почнемо втілювати енергоефективність в українське життя, тим більш конкурентоздатною на європейських ринках та доступі до донорських коштів буде Україна. Енергоефективність не лозунг, а принцип економічної та соціальної політики Європи. Бізнес, освітні заклади, бюджетні установи, які першими розпочнуть впроваджувати енергоефективність у свої проєкти, здобудуть конкурентні переваги, адже економічний розвиток майбутнього будуватиметься на низькокарбовоних технологіях і енергоефективності. І тут варто пам'ятати, що енергоефективність не завжди пов'язана зі скороченням споживання енергії, майже завжди це питання ефективного використання та реалізації енергетичного потенціалу. Тож саме енергоефективність – додатковий ресурс для розвитку та зростання України.

Список використаних джерел

1. АСТЕД»: діяти заради змін – ПДАБА. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/acted-diyaty-zarady-zmin/> (дата звернення : 01.03.2024).
2. АСТЕД – ПДАБА : МЕМОРАНДУМ В ДІЇ – ПДАБА. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/acted-pdaba-memorandum-v-diyi/> (дата звернення: 01.03.2024).
3. Конституція України. Документ 254к/96-ВР, чинний, поточна редакція. Редакція від 01.01.2020, підстава – 27-ІХ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 01.03.2024).
4. Концепція безпеки закладів освіти. Розпорядження КМУ від 7 квітня 2023 р. № 301-р. Документ 301-2023-р, чинний, поточна редакція. Прийняття від 07.04.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/301-2023-%D1%80?find=1&text=%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0#Text> (дата звернення: 01.03.2024).
5. Мапа руйнувань. Назва з екрану. URL: <https://recovery.gov.ua/> (дата звернення: 01.03.2024).
6. Навчання під землею. 9 канал про нас, ПДАБА, ПГАСА, ДІБІ, ДИСИ. 2022. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NqWzbucrAS0> (дата звернення: 01.03.2024).
7. Про укриття ПДАБА розповідає Дніпро ТВ. 14.06.2023, 2023. ПДАБА, ПГАСА, ДІБІ, ДИСИ. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Iiw6H9o70Wg> (дата звернення: 01.03.2024).
8. Стратегія впровадження гендерної рівності у сфері освіти до 2030 року. Документ 1163-2022-р, чинний, поточна редакція. Прийняття від 20.12.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1163-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 01.03.2024).
9. Толока заради майбутнього, ПДАБА, ПГАСА, ДІБІ, ДИСИ. 2022. *YouTube*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=B6oJNQE_G58 (дата звернення : 01.03.2024).
10. Укриття – без зауважень! – ПДАБА. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/ukryttya-bez-zauvazhen/> (дата звернення : 01.03.2024).
11. Відділ працевлаштування та практичної підготовки «Кар’єрний ХАБ». URL: <https://pgasa.dp.ua/academy/struktura/viddili/viddil-pratsevlashtuvannya-ta-praktychnoyi-pidgotovky-kar-yernyj-hab/> (дата звернення: 01.03.2024).

УДК 69.624.04

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДВІЙНИКІВ БУДІВЛІ З BIM

Журавель А. О.¹, магістр, Кислиця Л. В.², к. т. н., доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
landneprua@gmail.com; lina.kalnysh@ukr.net

Постановка проблеми. Сучасне будівництво є одним із найбільших споживачів енергії та джерелом викидів парникових газів, що значно впливає на зміни клімату та загрозу сталого розвитку. Проблема з енергоефективністю та вуглецевим слідом стала нагальною, і вимагає впровадження нових технологій та методів для її вирішення. Використання інформаційних двійників будівлі із застосуванням технології будівельно-інформаційного моделювання (BIM) є важливим шляхом для вирішення даної задачі. Нажаль, до цього часу, дослідження їх впливу на оптимізацію енергетичного та вуглецевого сліду будівельних проєктів не були достатньо проведені.

Мета роботи. Метою даної роботи є проведення комплексного аналізу та оцінка впливу впровадження інформаційних двійників будівлі з використанням технології BIM на оптимізацію енергетичного та вуглецевого сліду будівельних проєктів характерних для нашої країни. Конкретні цілі включають вивчення ролі BIM у впровадженні енергоефективних рішень, аналіз впливу інформаційних двійників на процеси проєктування та будівництва, а також оцінку результатів оптимізації енергетичного та вуглецевого сліду за допомогою BIM.

Основна частина. Впровадження технології BIM в будівництво дозволяє проводити детальний аналіз енергоспоживання будівлі ще на етапі проєктування [1]. BIM дозволяє моделювати різні варіанти будівельних рішень та визначати їх вплив на енергоефективність будівлі до моменту її реалізації. Візуалізація та симуляція різних сценаріїв дозволяє інженерам та архітекторам знайти оптимальні рішення для зменшення споживання енергії під час експлуатації будівлі [2].

Інформаційні двійники будівлі дозволяють виявляти потенційні проблеми з енергоефективністю та вуглецевим слідом ще на етапі проєктування. За допомогою BIM можна проводити аналіз енергоефективності різних конструкцій, систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також ізоляції будівлі та використання природного світла [3]. Це дозволяє вносити корективи у проєкт у ранніх стадіях та уникнення додаткових витрат під час будівництва та експлуатації [4; 5].

Використання BIM сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів у будівництві [6; 7]. Мінімізація відходів матеріалів, оптимізація транспортування та виробничих процесів, все це допомагає зменшити загальний вуглецевий слід будівельного проєкту та сприяє створенню більш стійких та екологічно чистих середовищ [8].

Аналіз матеріалів при проєктуванні і створенні інформаційного двійника будівлі, дозволили оптимізувати енергетичний та вуглецевий слід. Результати створення такої моделі знайшли своє відображення в дипломній роботі автора (магістра). Для побудови досліджуваної моделі двійника житлового комплексу у м. Буча, було використано програмне забезпечення Autodesk Revit 2022 (рис. 1) і проведено подальший аналіз на платформі OneClickLCA (рис. 2). Використання цієї платформи дозволило оцінити характеристики використаних матеріалів при будівництві та їх вплив на навколишнє середовище, що сприяло вибору більш безпечних, без втрати механічних властивостей об'єкту.



Рис. 1. BIM модель (інформаційний двійник будівлі)

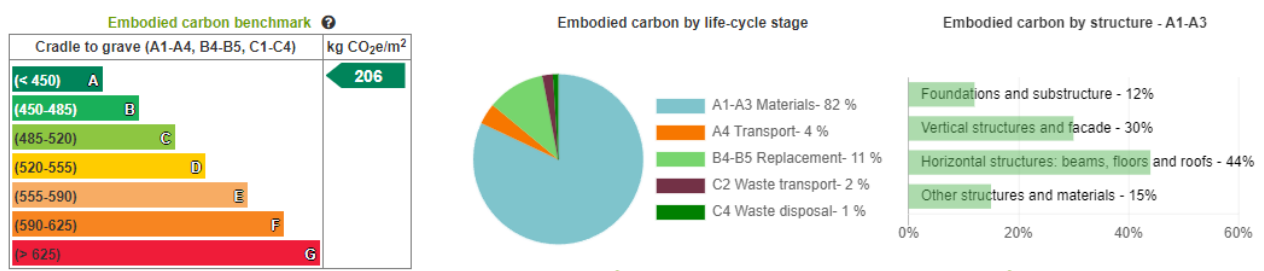


Рис. 2. Результати аналізу характеристик використаних матеріалів при будівництві

Висновок. Впровадження інформаційних двійників будівлі з використанням технології BIM є важливим кроком у напрямку оптимізації енергетичного та вуглецевого сліду будівельних проєктів. Ці технології дозволяють ефективно використовувати ресурси, зменшувати викиди та створювати більш екологічно чисті будівлі та інфраструктуру.

Список використаних джерел

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook : a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (2nd ed.). 2011. Wiley.
2. Succar B. Building information modelling framework : a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*. 2009. Vol. 18 (3). Pp. 357–375.
3. Azhar S., Nadeem A., Mok J. Y., Leung B. H. Building information modeling (BIM) : a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proceedings of the 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. 2011. Pp. 1–10.
4. Koo B., Hong T., Kuhn T. E. Integration of building energy simulation and computational optimization for building design. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 128. Pp. 31–43.
5. Mahdavi A., Mathew P., Wong N. H. (Eds.). Computational support for the assessment of building performance. Routledge. 2018.
6. Al-Sallal K. A. Building information modeling (BIM) : Future opportunities and challenges. *International Journal of Civil and Structural Engineering*. 2013. Vol. 3 (2). Pp. 165–171.

7. Gül L. F. An Integrated Building Information Modeling (BIM) Framework for Sustainable Building Design and Construction. *Buildings*. 2020. Vol. 10 (2). P. 31.

8. Succar B., Sher W., Williams A. Measuring BIM performance : Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*. 2012. Vol. 8 (2). Pp. 120–142.

УДК 728.1.:681.51: 004.5

РОЗУМНИЙ БУДИНОК

Журба І. А.¹, студ., Дьяченко О. С.², асист., Дьяченко Л. Ю.³, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 vanraice280@gmail.com](mailto:vanraice280@gmail.com); [2 olgadiachenko303@gmail.com](mailto:olgadiachenko303@gmail.com);

[3 diachenko.larysa@pdaba.edu.ua](mailto:diachenko.larysa@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Зараз все популярнішою стає ідея «розумних будинків», що призводить до збільшення кількості доступних даних, які можуть бути зібрані та проаналізовані. У кожному сучасному будинку, в тій чи в іншій мірі, функціонує велика кількість обладнання, що забезпечує побут, комфорт, затишок, зв'язок і безпеку, що допомагає відпочити і створює повноцінне робоче середовище. Зручність управління цими системами, можливість злагоджено працювати разом, збільшуючи тим самим функціональність кожної з них окремо – все це і дає можливість назвати будинок, в якому вони застосовуються, «розумним будинком». Для збору, аналізу та відображення даних в комп'ютерних системах «розумних будинків» використовуються різні методи та засоби, такі як: сенсорні мережі, бездротові мережі, машинне навчання та хмарні технології. Ці інструменти дозволяють не тільки збирати дані про стан будинку та мешканців, але і аналізувати їх для прийняття рішень щодо оптимізації споживання енергії.

Мета роботи. Визначити склад технічних засобів автоматизації системи «розумний будинок» та проаналізувати їх сумісне використання.

Основна частина. «Розумний будинок» – це житловий будинок, у якому присутня система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії та вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини, з можливістю керування цими пристроями.

Загальна схема системи управління виглядає наступним чином [3]:

- центральний процесор управління / головний блок управління;
- датчики(температури, освітленості, задимленості, руху);
- керуючі пристрої (диммери, реле, ПЧ-емітери тощо);
- інтерфейси управління(кнопкові вимикачі, пульти ІК і радіопульт, сенсорні панелі, web / wap інтерфейси);
- власна мережа управління, що об'єднує вище вказані елементи;
- керовані пристрої(світильники, кондиціонери, компоненти домашнього кінотеатру тощо);
- допоміжні мережі (телефонна мережа, дистрибуція аудіо і відеосигналу);
- програмне забезпечення проєкту.

«Розумний будинок» може підвищити енергоефективність [1; 2]:

1. *Автоматизоване управління освітленням і терморегулюванням.* Системи управління освітленням та терморегулюванням здатні оптимізувати використання енергії, вимикаючи або знижуючи світло та температуру у приміщеннях, коли це потрібно.

2. *Моніторинг споживання енергії.* Системи моніторингу дозволяють власникам будинку відстежувати своє споживання енергії та ідентифікувати області, де можна здійснити заходи щодо зменшення витрат.

3. *Інтелектуальні прилади та системи керування.* Використання інтелектуальних пристроїв, таких як енергоефективні домашні прилади та системи керування енергоспоживанням, дозволяє автоматично регулювати споживання енергії відповідно до потреб користувачів та оптимальних умов.

4. *Використання відновлювальних джерел енергії.* Смарт-хауси можуть інтегрувати сонячні панелі, вітрові турбіни або геотермальні системи для генерації власної енергії, що допомагає зменшити залежність від комерційних джерел енергії та знизити викиди CO₂.

5. *Оптимізоване управління енергією.* Використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації розподілу енергії в будинку враховує поточні умови та звички мешканців для максимально ефективного використання енергії.

Переваги «розумного будинку»[1; 3]:

1. *Зручність та комфорт.* Однією з головних переваг «розумного будинку» є зручність для мешканців. Використання технології «розумного будинку» дозволяє проводити налаштування багатьох процесів з розрахунком під кожного члена сім'ї, від включення будильника в задані дні та час, до запуску різної побутової техніки. Це включає в себе можливість віддаленого управління всіма системами в будинку через мобільний додаток або голосового асистента. Також ви можете вимкнути світло, встановити температуру або перевірити системи безпеки, навіть якщо ви не вдома.

2. *Оптимізація електроенергії.* «Смарт-будинки» допомагають зменшити витрати на енергію завдяки системам автоматизації, незважаючи на збільшення кількості технологічних виробів. Розумний термостат регулює температуру відповідно до ваших портеб, а датчики світла вимикають освітлення в пустому приміщенні. Це не тільки зменшує рахунки за комунальні послуги, але й допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

3. *Збільшена безпека.* Системи безпеки «розумного будинку» включають в себе: відеоспостереження, датчики диму, води та проникнення в будинок, охоронно-пожежну сигналізацію; контроль відкриття дверей, воріт, рошетів; контроль відкриття та розбиття вікон; датчики руху; контроль затоплення та протікання; контроль витоку газу; звукові сирени; повідомлення про несанкціоноване проникнення на пульт охоронної компанії; повідомлення про нештатні ситуації у служби порятунку. Ви можете миттєво отримувати повідомлення про будь-які події або загрози в вашому будинку та віддалено керувати системами безпеки. Важливо використовувати складні паролі та регулярно оновлювати програмне забезпечення, щоб запобігти потенційним кіберзагрозам і забезпечити високий рівень безпеки в «смарт-будинку». Сучасні засоби безпеки легко інтегруються в системи «розумного будинку».

Усі події приходять власнику на смартфон. Встановивши програму, ви завжди матимете повний контроль над поточною ситуацією у вашому будинку з будь-якої точки світу за наявності інтернет-з'єднання [1].

4. *Розваги та відпочинок.* «Розумний будинок» дозволяє насолоджуватися справжніми розвагами та відпочинком. Можливо налаштувати звукові системи, великі телевізори та навіть домашні кінотеатри для максимального комфорту та задоволення. Для тих, хто любить готувати або насолоджуватися коктейлями, «розумний будинок»

може бути обладнаний «розумними» барами та кухнями. Вони включають в себе вбудовані системи для приготування напоїв, автоматичне приготування страв та вибір рецептів за допомогою голосових команд.

Недоліки «розумного будинку».

1. *Високі витрати на встановлення.* Встановлення систем «розумного будинку» може бути високовартісним, особливо якщо ви хочете покрити всі аспекти вашого житла. Витрати включають в себе дороговартісне підключення пристроїв, дротових та бездротових систем, а також професійну інсталяцію. Відповідно, це може бути недосяжним для багатьох людей.

2. *Спеціалізована експлуатація.* «Розумний будинок» потребує деякої спеціалізованої технічної експлуатації. Ви повинні бути готові до регулярного оновлення програмного забезпечення та технічного обслуговування систем, щоб забезпечити їх надійну роботу. Це вимагає додаткових витрат і зусиль.

3. *Залежність від Інтернету та електроенергії.* «Розумний будинок» повністю залежить від доступності Інтернету та електроенергії. В разі відключення Інтернету чи електропостачання, можливості управління розумними системами можуть бути обмежені або взагалі втратити свою функціональність. Це створює певні ризики, особливо в надзвичайних ситуаціях.

4. *Приватність та кібербезпека.* Підключені до Інтернету пристрої «розумного будинку» можуть стати об'єктом кібератак та порушень приватності. Якщо не вживаються належні заходи забезпечення, зловмисники можуть отримати доступ до особистих даних та систем керування. Захист від кіберзагроз вимагає постійного моніторингу та оновлення захисного програмного забезпечення.

Висновок. Розумний будинок не є розкішною або недосяжною мрією лише для обмеженого кола осіб. Навпаки, він стає все більш доступним та відкритим для широкого кола користувачів, оскільки технологічні рішення швидко розвиваються і стають більш економічно досяжними. Зазначені у тексті приклади підтверджують, що елементи розумного будинку вже існують у повсякденному житті багатьох людей.

Однак важливо враховувати, що для досягнення максимального потенціалу «розумного будинку» потрібна деяка інвестиція часу та ресурсів на вибір та налаштування відповідних пристроїв та систем. Крім того, для ефективної роботи розумного будинку важливо розуміти принципи його функціонування та вміти правильно використовувати технології.

Система «розумний будинок» включає в себе наступні об'єкти автоматизації: управління освітленням; управління електроприводами; клімат-контроль; управління системою вентиляції; централізоване управління системами, на кшталт, домашнього кінотеатру; мультимедіа; системи відеоспостереження; охоронно-пожежна сигналізація (ОПС); системи контролю доступу; контроль електричних навантажень і аварійних станів; управління інженерним обладнанням з сенсорних панелей. У цілому, розумний будинок є перспективним напрямком для розвитку сучасного житлового сектору, який сприяє підвищенню комфорту, безпеки та енергоефективності житлових приміщень. І хоча він може потребувати певних зусиль та витрат на початкове налаштування, його переваги варто розглядати як інвестицію у якісне та зручне життя.

Список використаних джерел

1. Бобровнікова К. Ю., Товстуха Е. В. Методи забезпечення енергоефективності та енергозбереження в системі розумного будинку. *Комп'ютерні системи та інформаційні технології*. 2020. № 1. С. 54–59. URL: <https://u.to/RTBNGw>
2. Іванова Д. В., Діордієв В. Т. Засоби реалізації концепції «Розумний будинок» Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів : матер. VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конф. молод. учених, магістрантів та студ. за підсумками наук. дослідж. Мелітополь, 2019. Вип. VI. С. 51–52. URL: <https://cutt.ly/uvJvUgh>
3. Сопер М. Е. Практичні поради та рішення щодо створення розумного будинку. 2007. 432 с.

УДК 721.01:004.9:624

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З ІНДИВІДУАЛЬНИМ УКРИТТЯМ НА ПОВЕРСІ В REVIT

Кашура Сергій¹, студ., Сопільняк Артем², к. т. н., доц., Голощук І. В., студ.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
2sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Сучасні тенденції в архітектурному проектуванні висувають вимоги до інноваційних та функціональних рішень. Однією з цих тенденцій є індивідуалізація простору житла та забезпечення безпеки під час ракетних обстрілів. У цій роботі розглянемо концепцію проектування багатоповерхового будинку, де кожен мешканець має своє індивідуальне укриття-капсулу у квартирі.

Монолітний залізобетон, завдяки своїй структурі, є одним з найнадійніших матеріалів для конструкцій. Укриття капсули на поверсі, виготовлене з монолітного залізобетону, забезпечить високий рівень міцності та стійкості до навантажень.

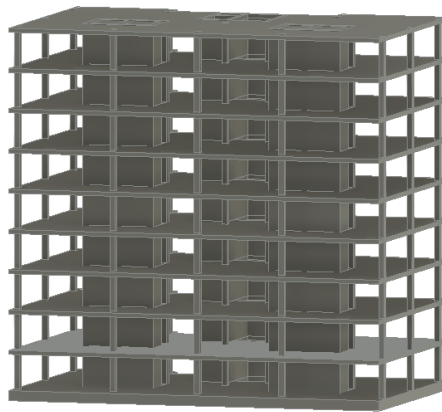


Рис. 1. 3D модель каркасу будинку

Конструкції можуть бути легко формовані та литі на місці, що дозволяє адаптувати конструкцію укриття під конкретні потреби. Це надає гнучкість у проектуванні та дозволяє досягти оптимальних форм та розмірів для капсули.

Зокрема, залізобетонна конструкція капсули здатна витримувати ударну хвилю з надлишковим тиском до 200 кПа, забезпечуючи надійний захист внутрішнього простору.

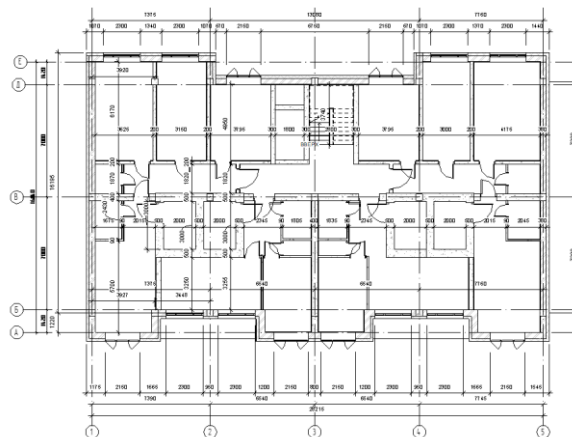


Рис. 2. Планування простору

Укриття також враховує потреби користувача, де функціональність гардеробу поєднується з комфортом. Застосовані матеріали гарантують високий рівень теплоізоляції та звукоізоляції, що робить його ідеальним для використання в області приватного простору.

Revit, як інтегроване середовище проектування, надає можливість ефективно імпортувати модель у розрахункові програми. Це дозволяє інженерам та архітекторам співпрацювати, обмінюючи необхідні дані для виконання аналізу та розрахунків. Це особливо корисно при інтеграції архітектурно-будівельної моделі (BIM) у програми для структурного аналізу, теплотехнічних розрахунків тощо.

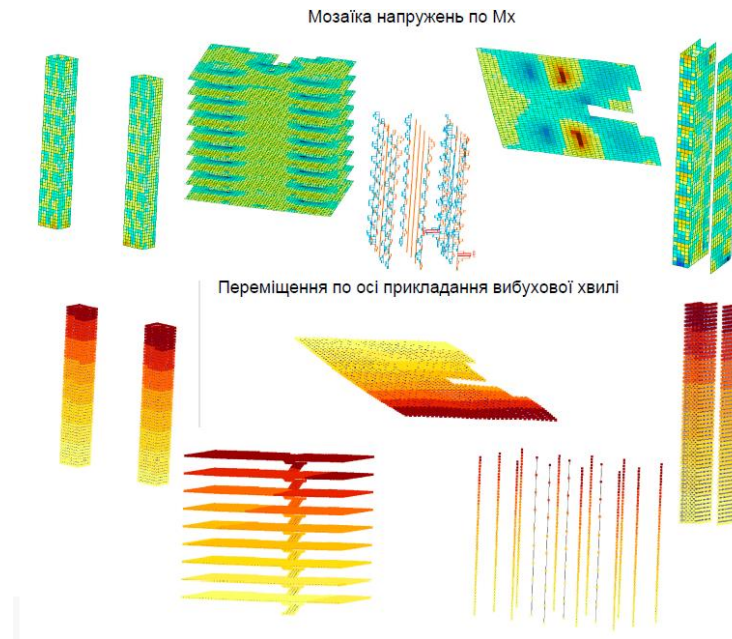


Рис. 3. Результати розрахунків

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwIhYscH54j6thT5aQqTDHtTZgVMI5pGlvYIU>

УДК 377(477.63)

М 54

МОЖЛИВОСТІ ПРОФТЕХОСВІТИ У ПІДГОТОВЦІ КВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ДЛЯ ВІДБУДОВИ

Ключник В. М., методист

*Навчально-методичний центр професійно-технічної освіти
у Дніпропетровській області, м. Дніпро*

За даними Kyiv School of Economics (KSE) сума прямих збитків, нанесених інфраструктурі України в ході війни, станом на січень 2024 року сягнула майже \$155 млрд (враховуючи збитки, завдані Україні через підриг країною-агресором Каховської ГЕС 6 червня 2023 року).

За даними, на першому місці за сумою збитків залишається житловий фонд.

Внаслідок бойових дій та регулярних обстрілів щодня збільшується кількість пошкоджених та зруйнованих житлових будинків: станом на січень 2024 року таких понад 250 тисяч будівель. З них – 222 тисячі приватних будинків, понад 27 тисяч – багатоквартирних та 526 гуртожитків. Прямі збитки від руйнувань цих об'єктів оцінюються у \$58,9 млрд.

Порівняно зі звітом на кінець 2023 року ця сума збільшилася на \$4,8 млрд [1].

Незважаючи на те, що війна в Україні триває, про плани післявоєнної відбудови країни говорять вже зараз. Для вирішення такого масштабного завдання потрібні кошти та люди.

Допомогу у фінансуванні обіцяють наші союзники та партнери. Перед нами стоїть завдання: забезпечити себе кваліфікованою робочою силою – робітниками як будівельних, електротехнічних професій, так і тих, які стануть в пригоді під час відбудови.

Пріоритетними галузями у повоєнній відбудові буде будівництво, дорожнє будівництво, аграрний сектор та ІТ-сфера.

Війна актуалізувала попит на машиністів екскаватора та будівельної техніки, водіїв, зварювальників та слюсарів.

Підготовку за всіма цими професіями здійснюють заклади професійної (професійно-технічної) освіти.

Виклики, які постають перед профтехом:

- кадровий голод серед майстрів виробничого навчання;
- низький рівень оплати їх праці;
- велика кількість педагогів пенсійного віку;
- відсутність взаємодії з роботодавцями в частині виробничої практики;
- зменшення закладів профтеху;
- застаріла матеріально-технічна база;
- зменшення кількості здобувачів освіти ЗП(ПТ)О;
- не престижність профтехосвіти.

Можливості ЗП(ПТ)О Дніпропетровської області.

1. Налагодження організації освітнього процесу за дуальною формою освіти.

В Дніпропетровській області 12 ЗП(ПТ)О за 27 професіями готують кадри (953 здобувача освіти) з 53 підприємствами – соціальними партнерами (з них 13 великих підприємств) за дуальною формою.

У співпраці з ФОРД в рамках українсько-німецького проекту запроваджено навчання наставників з підприємств (145 осіб).

Запровадження освітніх комбінованих програм здобуття П(ПТ)О (дистанційна освіта зі стажуванням на виробництві) під запит роботодавця.

2. Використання можливостей кваліфікаційних центрів.

Підтвердження професійної кваліфікації, отриманої неформальним чи інформальним шляхом, через постійно зростаючу мережу кваліфікаційних центрів.

7 акредитованих кваліфікаційних центрів з 12 професійних кваліфікацій – підтверджено професійну кваліфікацію 26-ти особам;

3 підприємства працюють за декларацією – підтвердили професійну кваліфікацію 1406 особам.

3. Короткострокове навчання за частковими кваліфікаціями за вимогою роботодавців 885 осіб отримали підготовку за 49 професіями, скориставшись вхідним контролем.

421 особа за 2023 рік здійснила навчання за ваучерами у 8 ЗП(ПТ)О (15,4 % від загальної чисельності) з 13 професій запровадження освітніх комбінованих програм здобуття П(ПТ)О (дистанційна освіта зі стажуванням на виробництві) під запит роботодавця 859 осіб здійснили навчання за частковими кваліфікаціями з отриманням Сертифікату

4. Використання можливостей для самоосвіти.

Напрацьовано електронний ресурс (проект ЄФО) для самостійного опанування 8-ми онлайн курсів.

5. Здобуття часткових кваліфікацій на базі НПЦ.

1 309 осіб пройшли навчання за 125 короткостроковими сертифікаційними програмами на базі 38 оснащених НПЦ.

Понад 15 ЗП(ПТ)О подали заявки на участь у конкурсі на отримання субвенції для відкриття НПЦ з професій, визначених пріоритетними для відбудови.

Список використаних джерел

1. Звіт KSE від 12 лютого 2024 року. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zroslo-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-sichen-2024-roku/>

УДК 721.01:004.9:624

ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ З МАНСАРДНИМ ПОВЕРХОМ

Ковальчук Сергій¹, студ., Вершкова Юлія², студ.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
vjylias2004@gmail.com

Актуальність вивчення та застосування методів моделювання та створення сімейств для проектування приватних будинків у середовищі Revit надзвичайно важлива в контексті сучасного будівництва та дизайну. Зокрема, розглянемо випадок проекту індивідуального будинку у Revit, де великий акцент було зроблено на розробку різноманітних сімейств меблів та застосування індивідуалізованого підходу до проектування.

Створення сімейств меблів у Revit виявляється вкрай ефективним інструментом для втілення унікальних концепцій дизайну. Вибір, конфігурація та впровадження індивідуальних сімейств дозволяє підняти функціональність простору та забезпечити адаптацію до конкретних вимог замовника. Крім того, цей підхід сприяє збереженню дизайну та відтворенню концепційної єдності у всьому будинку.

Розроблено базові архітектурні сімейства, такі як стіни, двері, вікна, та інші елементи, використовуючи інструменти Revit. Враховано особливості їх позиціонування та взаємодії для забезпечення легкості використання у реальних проектах.

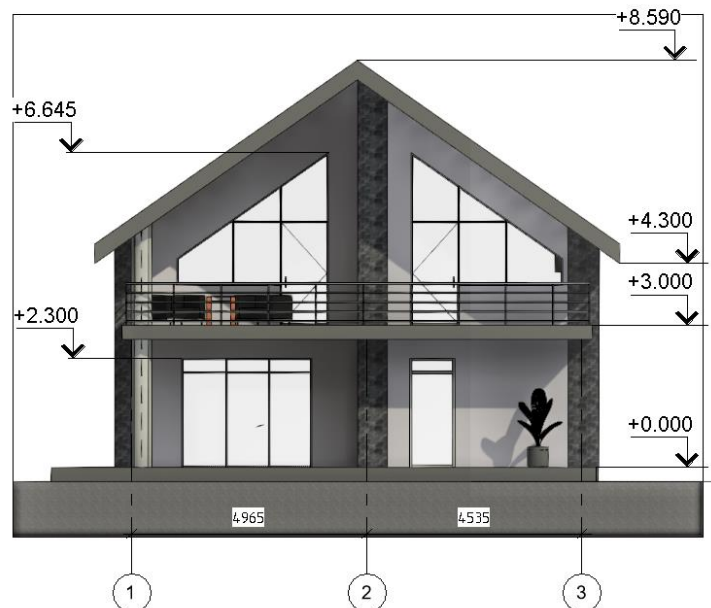


Рис. 4. Оформлення фасаду у проекті

Адаптовано процес визначення параметрів для сімейств, зокрема розмірів, матеріалів, та інших характеристик. Встановлено параметри, які дозволяють забезпечити мобільність використання та змінність елементів при їх застосуванні в різних проектах.

Розглянуто техніки та підходи до деталізації архітектурних сімейств для забезпечення реалістичності та точності проектів. Включено вивчення методів

додавання текстур, складних форм та інших деталей для поліпшення візуального враження.



Рис. 5. Оформлення розрізу в архітектурній частині

Проведено внутрішню валідацію сімейств шляхом їх використання в реальних архітектурних проектах. Здійснено тестування зручності використання сімейств, їхню сумісність з іншими елементами проекту, та виявлено можливі недоліки чи покращення.



Рис. 3. Розроблені сімейства для проекту

Отримано комплексні сімейства для приватного будинку, які можна ефективно використовувати у Revit. Розроблено методику визначення параметрів та забезпечення гнучкості проектів.

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwIhYschH54j6thT5aQqTDHfTZgVMI5pGlvYIU>
2. Liu Xuesong, Akinci Burcu. Requirements and Evaluation of Standards for Integration of Sensor Data with Building Information Models. In Caldas Carlos H., O'Brien William J. *Computing in Civil Engineering*. 2019. Pp. 95–104. ISBN 978-0-7844-1052-3. doi:10.1061/41052(346)10.

УДК 721.01:004.9:624

ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ В М. ДНІПРО

Конін Андрій¹, студ., Титюк Андрій², к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

² tytiuk.andrii@pgasa.dp.ua

В сучасному будівництві, особливо у контексті приватних будинків, ефективне використання технологій та інтегрованих підходів до проектування стає важливим фактором у створенні інноваційних та комфортабельних житлових просторів. Проектування в середовищі Revit, яке є сучасним інструментом Building Information Modeling (BIM), дозволяє не лише створювати 3D-моделі, а й інтегрувати дані про всі аспекти будівництва.

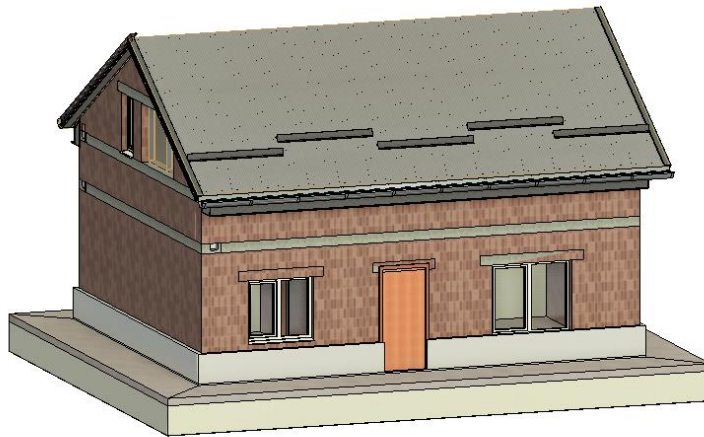


Рис. 6. 3D вигляд будинку

Створення детальних залізобетонних та дерев'яних креслень в середовищі Revit включає в себе точне моделювання конструкцій, розрахунок навантажень та оптимізацію матеріалів для досягнення оптимального балансу між міцністю та естетикою. Це дозволяє забезпечити не лише безпеку будівлі, але і збереження природних ресурсів та зниження екологічного впливу.

Цей аспект відіграє ключову роль у розрахунках специфікацій та оптимізації матеріалів, а також має значення для візуалізації вузлових з'єднань. Одним із важливих аспектів є точне моделювання несучих конструкцій, що дозволяє враховувати всі необхідні параметри, такі як геометрія, розміри та взаємодія з іншими елементами будівлі. Це не тільки забезпечує безпеку будівлі, але і сприяє оптимізації використання матеріалів, зменшенню витрат та покращенню загальної міцності конструкцій.

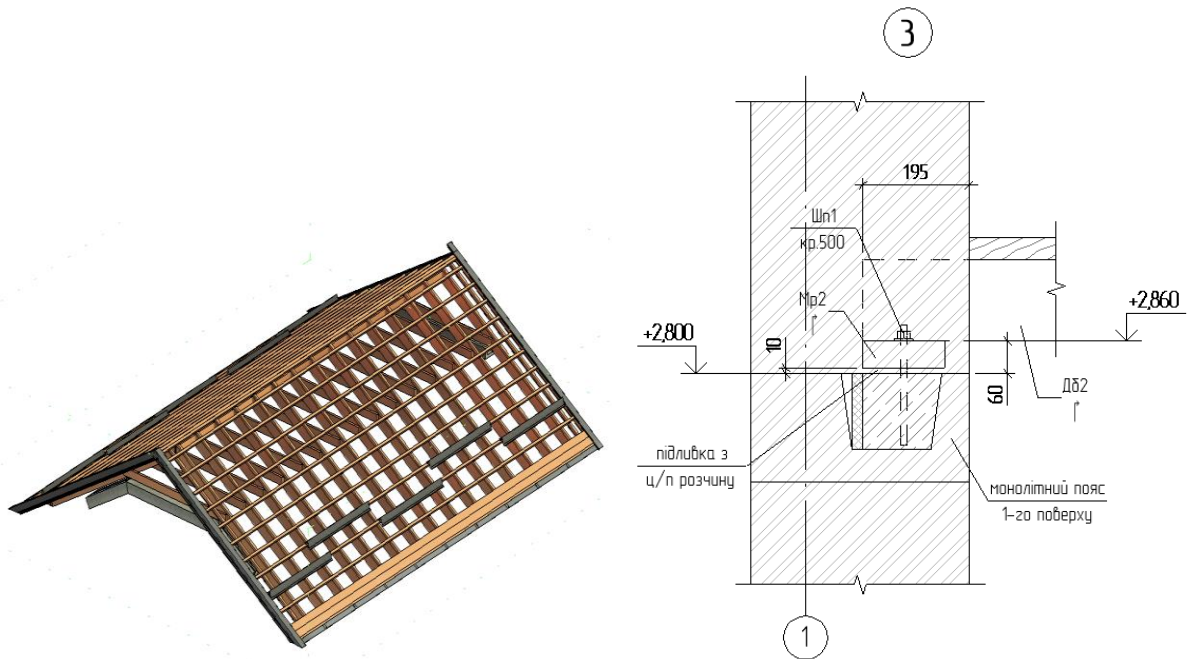


Рис. 7. Детальна розробка несучих елементів будівлі та вузлових з'єднань

Додатково, створення 3D-моделей має важливе значення у візуалізації вузлових з'єднань та деталей конструкцій. Це дозволяє інженерам, архітекторам та іншим фахівцям більш детально розглядати і взаємодіяти з конструкціями, виявляти можливі недоліки та вирішувати їх на етапі проектування, що призводить до покращення загальної якості та безпеки будівлі.

Крім того, створення 3D-моделей несучих конструкцій в середовищі Revit допомагає мінімізувати людський фактор при розрахунках, оскільки програмне забезпечення може автоматизувати багато процесів та запобігти можливим помилкам. Це підвищує точність розрахунків і забезпечує високу якість проекту, що є важливим кроком у напрямку створення надійних та ефективних будівельних об'єктів.

Отримання 3D-моделі стає важливим етапом взаємодії із замовником, дозволяючи йому віртуально «перебувати» у майбутньому просторі, розглядати різні конфігурації та вносити корективи до власних потреб та уподобань.

Такий інтегрований підхід до проектування приватного будинку в м. Дніпро в середовищі Revit не лише сприяє створенню інноваційних та естетично виглядних об'єктів, але і підвищує рівень комфорту майбутніх мешканців, забезпечуючи їм сучасне та функціональне житло.

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwIhYscH54j6thT5aQqTDHtTZgVMI5pGlvYIU>

УДК 721.01:004.9:624

РЕКОНСТРУКЦІЯ ДВОПОВЕРХОВОЇ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ З ПРИБУДОВОЮ ПОВЕРХУ

Конін Михайло¹, студ., Ярова Тетяна², доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
yarova.tetyana@pgasa.dp.ua

Розглядаючи інженерно-архітектурний аспект реконструкції громадського туалету в місті Дніпро, відзначається важливість та складність змін, проведених з метою розширення та модернізації приміщення. Дослідження спрямоване на аналіз структурних змін, виконаних під час реконструкції, включаючи добудову нової частини, демонтаж другого поверху та відновлення в новому плануванні.

Для вирішення проблем просторової нестачі та підвищення функціональності була проведена добудова нової частини. Інженерно-архітектурне проектування забезпечило інтеграцію нового приміщення з існуючою структурою. Дотримання архітектурного стилю та використання сучасних матеріалів сприяли створенню єдиного та гармонійного образу.



Рис. 8. 3Д модель будівлі

Демонтаж другого поверху існуючої будівлі виявився ключовим етапом реконструкції, спрямованим на забезпечення необхідної структурної міцності та зв'язку з старою будівлею. Створено монолітний пояс, який функціонує як сполучна структура, об'єднуючи стару та нову частини будівлі. Цей підхід дозволив створити цілісну та стабільну конструкцію.

Відновлення другого поверху було здійснено з урахуванням нового планування та вимог ергономіки. Використання сучасних технологій армування дозволило забезпечити оптимальну стійкість та міцність конструкцій. Архітектурні рішення були спрямовані на забезпечення естетичної відповідності та функціональності нового поверху.

Монолітний пояс та використання нових матеріалів сприяли підвищенню стійкості та здатності споруди витримувати різноманітні динамічні навантаження. Оптимізація планування забезпечила підвищення функціональності та зручності використання приміщення.

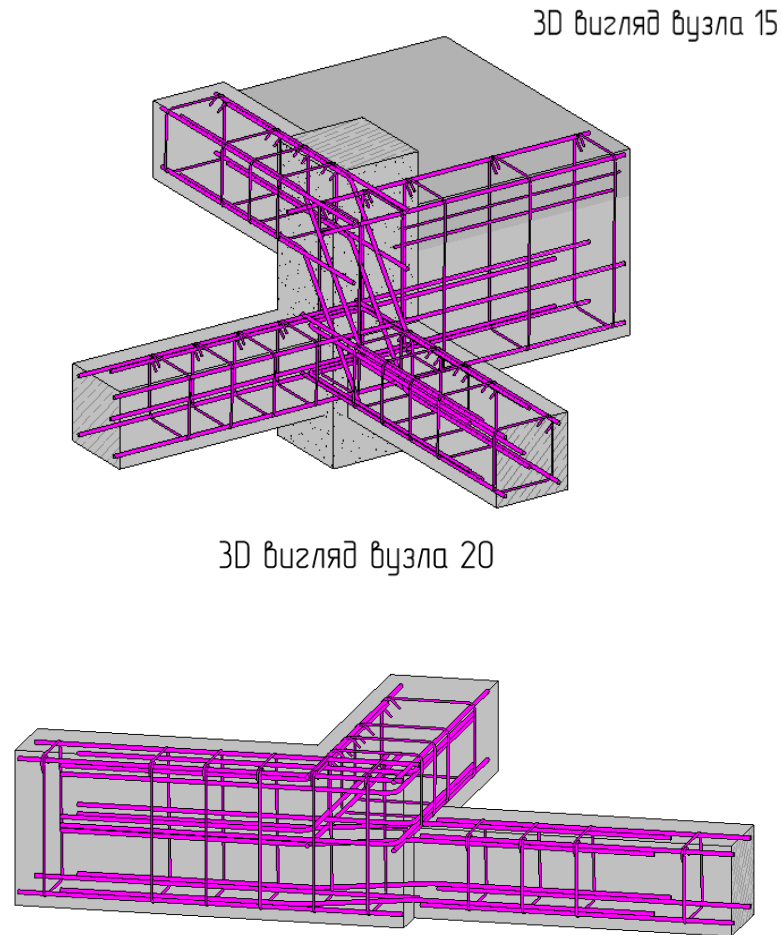


Рис. 9. 3D вигляд вузлів

Реконструкція громадського туалету в Revit є важливим етапом в розвитку міської інфраструктури. Використання сучасних технологій армування, інтеграція нової добудови та відновлення старої частини в новому плануванні підняли якість та функціональність споруди, а також позитивно вплинули на її структурну безпеку та естетичний вигляд. Дослідження реконструкції громадського туалету в контексті використання BIM моделювання та інтегрованого підходу у будівельній галузі свідчить про важливість та доцільність впровадження новітніх технологій у практику реконструкційних робіт.

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwlhYschH54j6thT5aQqTDHfTZgVMI5pGlvYIU>

УДК 622.063.4

РЕКОНСТРУКЦІЯ КОМПЛЕКСУ РОЗРОБКИ ЛІКУВАЛЬНИХ ГРЯЗЕЙ

Корольов В. М.¹, пошукач, Шатов С. В.², д. т. н., проф., Юрченко. Є. Л.³, к. т. н., доц., Євсєєв Є. В.⁴, магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ viktorkorolov21@gmail.com; ² shatov.sv@ukr.net; ³ yurchenko@pdaba.edu.ua;

⁴ fastfud@i.ua

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 середовища. 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 $3 \text{ м}^3/\text{год.}$ ($300 \text{ м}^3/\text{міс.}$).



*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 $0,01-0,5 \text{ м}$;
- необхідність залишати охоронний шар пелоїдів $0,1 \text{ м}$ 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.

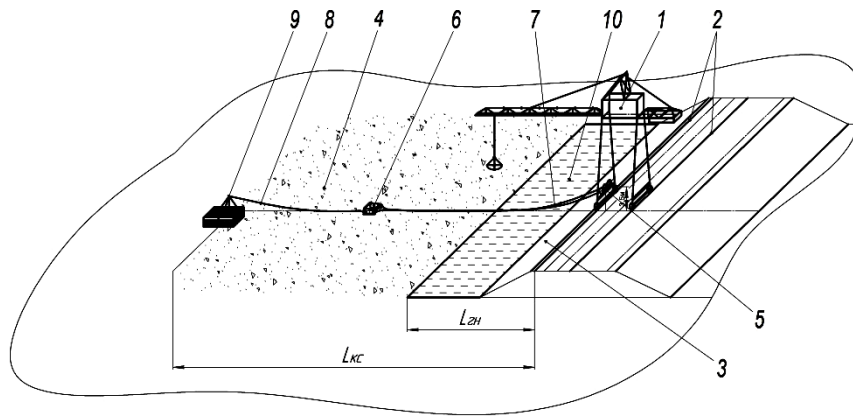
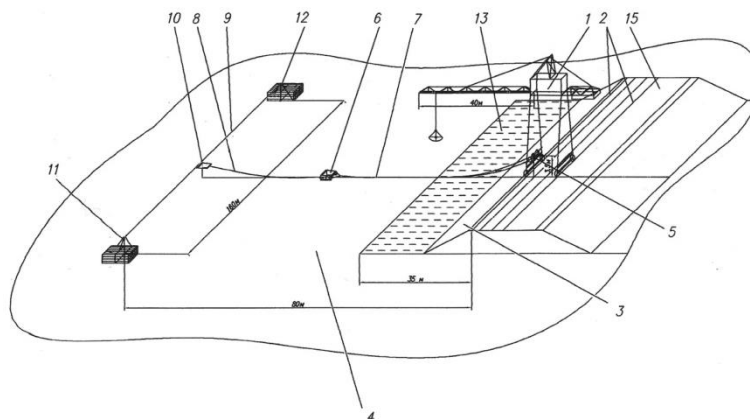


Рис. 3. Проект з одною анкерною опорою:

- 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. Анкерна опора; 13, 14. Ділянка 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*. 2018. № 3. С. 52–58.

2. Технологічна схема розробки ділянки Солонолиманського родовища - лікувальних мулових грязей. Придніпровська гідрогеологічна партія. Павлоград : КЗ «Південукргеологія», 2003. 108 с.

3. Державні будівельні норми ДБН В. 2.2-10-2001. Заклади охорони здоров'я. Київ : Держбуд України, 2002. 14 с.

4. Державні будівельні норми ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 24 с.

5. Державні будівельні норми ДБН В. 1.2-2-2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 34 с.

ОПТИМАЛЬНИЙ НАБІР ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОБІЛЬНОГО АВТОНОМНОГО БУДИНКУ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ

Кушнір І. А.¹, Волкова В. Є.², д. т. н., проф.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Постановка проблеми. Гострим питанням сьогодення в Україні є нестача та висока вартість будівництва нових житлових споруд, а також відсутність часу на довготривале капітальне будівництво. Виникли нові вимоги до мобільності будинків, також гострим питанням стало енергозабезпечення та автономність житлових споруд, особливо в місцях зруйнованої інфраструктури або віддалених рекреаційних локаціях. На сьогоднішій день можна відмітити, що у технологіях будівництва розширюється область використання не тільки капітальних будівель і споруд, а й швидкокомпонованих і мобільних споруд.

Активний розвиток типів та асортименту мобільного житла поряд зі зміною суспільно-соціального і професійного складу споживачів такого житла пов'язан з періодом індустріалізації, розвитком науково-технічного прогресу, потребі у більш мобільному способі життя великих мас населення [1]. Пересувні будинки стали доступним недорогим житлом в багатьох країнах. У сучасних умовах в архітектурно-будівельну діяльність в цілому світі втілюється концепція інтегрованої еколого- та енергоефективної оцінки (ландшафтно-містобудівного середовищного підходу, будівельних матеріалів, прогнозованої експлуатації будівель і т. п.) [3].

Мета роботи полягає в тому, щоб дослідити та визначити оптимальний набір технологій для управління мобільним будинком для забезпечення її максимальної автономності. Важливими техніко-економічними параметрами будуть швидкість та низька собівартість виготовлення будинку. Споруда повинна бути ергономічною та мати естетичний вигляд. Необхідно досягнути автономності та втілити філософію «розумного цифрового будинку». В рамках дослідження теми сформуємо перелік важливих функціональних характеристик мобільних автономних будинків, які задовольняють потреби у інтелектуальному керуванні але одночасно забезпечать оптимальну вартість будівлі.

Основна частина. В рамках дослідження теми пропонується набір функціональних характеристики мобільних автономних будинків, які забезпечують їх комфортне та безпечне використання [2]. Зокрема, характеристики, які стосуються таких систем як: розробка системи життєзабезпечення, яка гарантує автономне водопостачання, водовідведення, опалення, вентиляцію та електропостачання; розробка системи безпеки, яка забезпечує захист будинку від пожежі, злону та інших небезпек; розробка системи інформаційних технологій, яка забезпечує комфортне використання будинку та його управління.

Новітні підходи до формування наборів функціональних характеристик та технологій будівництва мобільних автономних будинків дозволять створити нові типи будинків, які будуть більш комфортними, безпечними та економічними у використанні [4].

Ось деякі конкретні приклади нової інформації, яка була отримана в рамках дослідження: оптимальна форма мобільного автономного будинку, яка забезпечує мінімальну витрату енергії на рух та максимальну опірність вітру, оптимальне розташування основних функціональних зон будинку, яке забезпечує комфортне та безпечне використання будинку, нові матеріали та технології будівництва, які

забезпечують високу якість, довговічність та енергоефективність мобільних автономних будинків.

Ця інформація може бути використана для розробки нових стандартів та технічних умов на мобільні автономні будинки. Вона також може бути корисною для виробників та споживачів мобільних автономних будинків.

В рамках забезпечення інтелектуального керування мобільною будівлею основний фокус на використанні інноваційних технологій в рамках дослідження полягає у визначенні технологій життєзабезпечення, які дозволяють отримувати переваги для власника будівлі. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрові турбіни дозволяє забезпечити автономне енергопостачання мобільного автономного будинку. Інноваційні системи водопостачання та водовідведення дозволяють зменшити споживання води та підвищити ефективність її використання. Сенсори для відстеження енергоспоживання, водопостачання, температури, вологості, якості повітря використовуються для розумного керування використанням енергії. Оптимальна система опалення та кондиціонування забезпечить смарт-використання ресурсів і незалежність від зовнішніх факторів [5].

Важливо скласти екосистему будинку, яка передбачає наявність трьох типів пристроїв для інтелектуального керування будівлею. Хаб (також носить назву контролер, централь, міст, шлюз і т. д.) — пристрій, що об'єднує всі елементи автономного будинку в єдине ціле і дає змогу віддалено управляти роботою системи, в тому числі в будь-якій точці світу через Інтернет. Датчики і сенсори – компоненти, які надають екосистемі інформацію про зовнішні умови, в тому числі температуру повітря, наявність руху або дим, рівні освітлення, герметичному закритті вікон і дверей. Виконавчі пристрої (актуатори) будуть найчисленнішою групою приладів, яка буде відповідальна за виконання різних команд і здійснює керування конкретними домашніми приладами. До актуаторів належать розумні розетки, вимикачі та Диммери, клапани для труб, різні реле, Клімат-контролери та інше [6].

Використання інноваційних технологій дозволить розробити нові типи будинків, які будуть більш комфортними, безпечними та економічними у використанні, а також задовольняти виклику сучасності – потребу у мобільності в поєднанні із комфортом.

Висновок. Визначення оптимального поєднання новітніх смарт-технологій у сфері інтелектуального керування будівлями (інтелектуальне керування, екосистема будинку) та їх інтеграція у готовий модуль допоможуть сформуванню серійний виріб із набором необхідних характеристик, що задовольняють таким сучасним потребам населення України в контексті житла, як швидкість будівництва, мобільність будівлі та власників, автономність будівлі та зниження вартості будівництва.

Список використаних джерел

1. Цимбалова Т. А. Мобільне житло як функціонально-типологічний різновид сучасного житлового будівництва : автореф. ... канд. арх.: 18.00.02. Харків, 2019.
2. Курбанов В.Р. Концепція формування архітектури мобільного житла. Київ : КНУБА, 2022.
3. Бенч Н. Як відбудувати українські міста сучасними. *Delo.ua*. URL: <https://delo.ua/opinions/yak-vidbuduvati-ukrayinski-mista-sucasnimi-422538/2>.
4. Матвеева О., Мунько А. Упровадження концепції розумного міста у процесі цифрової трансформації України заради сталого розвитку. *Науковий вісник : Державне управління*. 2023. № 1 (13). С. 138–162. DOI: [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2023-1\(13\)-138-1625](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2023-1(13)-138-1625)

5. Щербініна С. А., Жовнір Н. Н. Зарубіжний досвід реалізації заходів з підвищення енергоефективності житлового сектора економіки. *Multidisciplinary Academic Notes*.

6. Science research and practice. *International Science Group*. 2022. С. 202–207. URL: https://passivehouse.com/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm

УДК 721.01:004.9:624

**ПРОЕКТУВАННЯ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ З ВБУДОВАНИМИ
НЕЖИТЛОВИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ У М. ДНІПРО З ВИКОРИСТАННЯМ
ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ REVIT**

Левада Євген¹, студ., Сопільняк Артем², к. т. н., доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
² sopilniak.artem@pdaba.edu.ua

Проектний об'єкт концептуально поділяється на дві відокремлені планувально та конструктивно частини, кожна з яких визначається своєрідною функціональністю та архітектурною конфігурацією.

Перша частина, що складається із 24 поверхів, призначена для житлового використання. Комплексні технічні параметри цієї структури визначають висоту типового житлового поверху, яка становить 2,7 м від чистої підлоги до конструкції покриття. Ця частина об'єкту диференційована від інших як планувально, так і конструктивно, відділяючись від решти комплексу.

Друга частина представляє собою групу вбудовано-прибудованих нежитлових приміщень громадського призначення, розташованих на 9 поверхах. Функціонально ця частина поділена на різні зони, зокрема торговельні приміщення та кафетерій на першому поверсі, офісні приміщення на другому та третьому поверхах, і апартаменти на поверхах четвертого по дев'ятий. Ця структура є вбудованою-прибудованою до основного об'єкту, виконуючи роль центрального елемента комбінованого комплексу.

На основі конструктивних рішень, затверджених для проектного об'єкту, можна визначити ключові аспекти та технічні характеристики його елементів. Фундаменти об'єкту розроблені у вигляді пальового фундаменту, який включає стрічкові та стоячі ростверки товщиною 1 200 мм. Основною опорою для цих ростверків є буро ін'єкційні пали діаметром 620 мм, що забезпечує надійну основу для всього спорудження.

Каркас будівлі складається з колон прямокутного перерізу розмірами 300×1 400 мм та 200×1 400 мм, а також монолітних стін та плит перекриття різної товщини. Це конструктивне рішення сприяє стійкості та надійності будівлі. Особлива увага приділяється монолітним сходам, які виконані відповідно до визначеного класу бетону для забезпечення безпеки та довговічності.

Огороджувальні матеріали, використані для зовнішніх стін житлового будинку, включають газобетон та бетон, утеплені базальтовим утеплювачем. Перекриття реалізовано з застосуванням залізобетонних плит, що гарантує стабільність та надійність.

Внутрішні конструкції включають в себе використання газобетону для стін та перегородок. На внутрішніх перегородках санвузлів та житлових кімнат реалізовано використання силікатної цегли для забезпечення оптимальних умов в експлуатації. Внутрішньоквартирні перегородки виготовлені за індивідуальними проектами мешканців, враховуючи необхідність узгодження з проектною організацією.

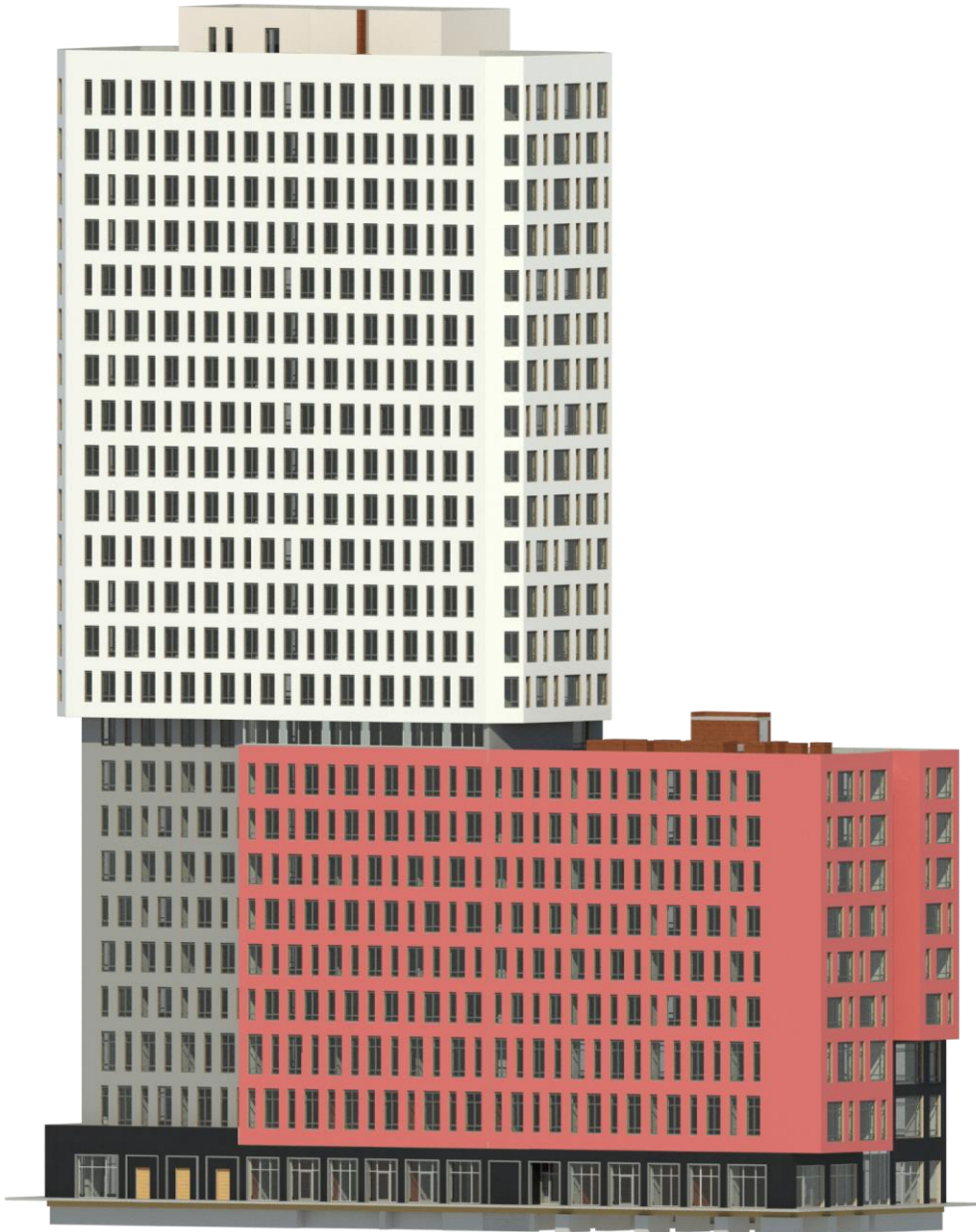


Рис. Візуальний вигляд об'єкту у програмному комплексі REVIT

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwlhYscH54j6thT5aQqTDHfTZgVMI5pGlvYIU>

УДК 372.8:721.021.2

РОЛЬ РОЗПОДІЛЕНОЇ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З МІКРОМЕРЕЖАМИ

Лінченко В. В.^{1,2}, Phd-аспірант, директор, Жук Д. О.¹, к. т. н., Жук І. Ю.³, ст. викл.

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв,

²ТОВ «Миколаївська електропостачальна компанія», м. Миколаїв,

³Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

[^1 linchenko_v@meta.ua](mailto:linchenko_v@meta.ua); [^2 dmytro.zhuk@nuos.edu.ua](mailto:dmytro.zhuk@nuos.edu.ua); [^3 irina_g2@ukr.net](mailto:irina_g2@ukr.net)

Постановка проблеми. В умовах складної економічної та політичної ситуації (військовий стан) в Україні актуальними є питання провадження енергетичної безпеки інфраструктури та уникнення високого рівня енергоспоживання в межах держави. Такі надзвичайно важливі для України питання пов'язані із підвищенням енергоефективності та розвитком відновлюваної енергетики, її інтеграцією з промисловими мережами тощо.

Вирішення таких питань пов'язане з утворенням мережі надійних комплексів розподіленої альтернативної генерації і потребує проведення попереднього аналізу, дослідження рівнів споживання енергії та, окремо, удосконалення засобів інтеграції (сполучення) вітро-, сонячних, біо-, гідро-електростанції з мережами промислових об'єктів в інфраструктурі України.

Окремо слід виділити задачу щодо забезпечення стійкої роботи підприємств критичної інфраструктури в умовах аварійних відключень, збоїв та нестабільного живлення у промислових мережах. Вона може бути вирішена, в одному з варіантів, за рахунок впровадження розподіленої альтернативної генерації у сукупності із системами накопичення і перетворення електроенергії в межах електричних мікромереж на об'єктах критичної інфраструктури.

Предмет дослідження. Дослідження у сфері енергозбереження, енергоменеджменту, фінансування заходів енергозбереження, законодавства у галузі енергозбереження, а також особливості державної політики з енергозбереження здійснювали як вітчизняні так і зарубіжні вчені: М. Булгакова, М. Приступа, Є. Бобров, А. Качинський, С. Єрмілов, В. Геєць, Ю. Яценко, В. Григоровський, М. Кулик, В. Горбулін, О. Кириленко, Є. Зябіна, О. Люльов, Т. Пимоненко, П. Макаренко, О. Калініченко, В. Аранчій та ін. [4–10; 11–15]. Аналіз динаміки розвитку відновлювальних джерел енергетики (ВДЕ) в Україні, зокрема обсяги виробництва «зеленої енергії» та «шкідливої енергії», нормативних документів та наявного стану щодо впровадження ВДЕ в Україні за останні роки, вказали на те, що недостатньо дослідженими залишилися актуальні питання застосування енергозберігаючих технологій у контексті техногенної та економічної безпеки. Серед невирішених проблем залишається розгляд впливу енергоефективних технологій на підвищення стійкості електроенергетичної складової об'єктів критичної інфраструктури.

Основні результати. Відновлювальну енергетику називають «зеленою енергетикою», адже її впровадження напряму пов'язано із підвищенням рівня екологічної безпеки. Найпоширенішими видами електростанцій, що використовують відновлювальні джерела енергії, є сонячні, вітрові та гідроелектростанції.

Загальносвітова доля електроенергії, виробленої з відновлювальних джерел, постійно зростає. У 2011 р. Україна приєдналася до Європейського енергетичного співтовариства та взяла на себе зобов'язання виконувати Рішення Ради Міністрів Енергетичного співтовариства «Про впровадження Директиви 2009/28/ЕС та Договору

про заснування Енергетичного Співтовариства», згідно з яким встановлюються обов'язкові національні цілі у сфері відновлюваної енергетики, насамперед для того, щоб надати певні гарантії інвесторам та заохотити до розвитку новітніх технологій та інновацій у цій сфері.

За 2021 рік виробництво електроенергії відновлюваними джерелами енергії (ВЕС, СЕС, біомаса) порівняно з 2020 роком збільшилось на 817,0 млн кВт·год або на 10,5 % та становило 8 568,8 млн кВт·год.

На виконання зазначеної Директиви Кабінет Міністрів України розпорядженням від 03.09.2014 № 791-р затвердив План заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС та розпорядженням від 01.10.2014 № 902-р затвердив Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р. Відповідно до зазначеного плану та Директиви, Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 р. виробляти 11 % електроенергії із відновлюваних джерел енергії й 25 % до 2035 р. та збільшити встановлені електроенергетичні потужності відновлюваної енергетики до 10 900 МВт [1].

Динаміка та структура показників, що характеризують виробництво електроенергії в ОЕС України у річному вимірі, наведені у таблиці [2; 16].

Таблиця

Динаміка та структура виробітку електричної енергії підприємствами альтернативної енергетики в Україні за роками

Виробіток електроенергії	2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.		2019 р.		2020 р.		2021 р.	
	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%
Всього	157665,2	100	154817,4	100	155414,2	100	159350,6	100	153964,8	100	148856,2	100	156575,7	100
ТЕС та ТЕЦ, з них:	55461,7	35,2	56611,6	36,6	55841,3	35,9	58807,8	36,9	55787,6	36,2	52360,8	35,2	45834	29,3
ТЕС ГК	49386,3	31,3	49902,3	32,2	44960	28,9	47791,9	30	44914,9	29,2	39562,4	26,6	37224,9	23,8
ТЕЦ	6075,4	3,9	6709,3	4,3	10881,3	7	11015,9	6,9	10869,7	7,1	12798,4	8,6	8609,1	5,5
ГЕС та ГАЕС, з них:	6808,5	4,3	9118,7	5,9	10567,7	6,8	12008,4	7,5	7869,6	5,1	7583,9	5,1	10445,8	6,7
ГЕС	5234,9	3,3	7484,9	4,8	8982,5	5,8	10429,4	6,5	6521,9	4,2	6026,5	4	9155,4	5,8
ГАЕС	1573,6	1	1633,8	1,1	1585,2	1	1579	1	1347,1	0,9	1557,4	1	1290,4	0,8
АЕС	87627,5	55,6	80950	52,3	85576,1	55,1	84398,2	53	83002,6	53,9	76202,6	51,2	86205,4	55,1
Альтернативні джерела	1591,1	1	1560,3	1	1898,1	1,2	2632,7	1,7	5544,3	3,6	10862	7,3	12519,7	8
Блок-станції	6176,4	3,9	6576,7	4,2	1530,9	1	1503,5	0,9	1766,3	1,1	1846,9	1,2	1570,8	1

З наведених даних зрозуміло, що в Україні станом на 2021 р. зменшився виробіток електричної енергії на 17,4 % генеруючими станціями ТЕС та ТЕЦ і разом з цим збільшився виробіток електричної енергії на 686% генеруючими станціями «альтернативної енергетики».

Донедавна об'єкти альтернативної генерації були відокремлені від єдиної енергосистеми, та здебільшого виконували функцію окремих резервних джерел живлення для локальних об'єктів. Наразі інтерес представляє їх інтеграція з мікромережами підприємств критичної інфраструктури. Приклад такої інтеграції наведено на рисунку.

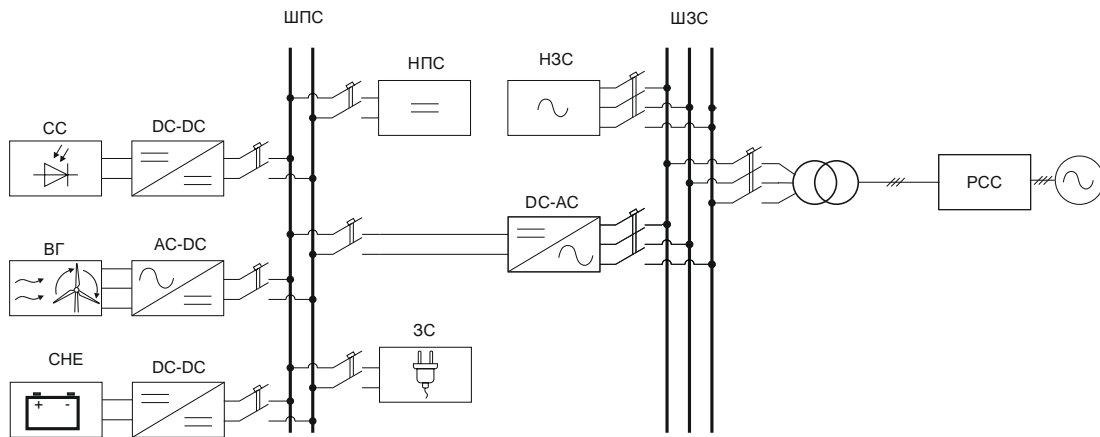


Рис. Узагальнена схема мікромережі підприємства з інтегрованими джерелами альтернативної генерації

До складу схеми, зображеної на рисунку, входять системи шин постійного і змінного струму, які з одного боку об'єднують джерела альтернативного живлення, що в автономному режимі роботи мікромережі об'єднують джерела активної генерації та навантаження різного роду струму. На схемі прийняті наступні позначення: СС – сонячна станція, ВГ – вітрогенератор, ШПС – шини постійного струму, ШЗС – шини змінного струму, СНЕ – система накопичення енергії, НПС – навантаження постійного струму, ЗС – навантаження змінного струму. Мікромережа може працювати як в автономному режимі, так і з підключенням до промислової мережі.

Згідно з дослідженнями [2; 3] всі зазначені в схемі джерела альтернативної генерації мають високу рентабельність та енергоефективність.

Така реалізація мікромережі має певні переваги з погляду ефективної роботи СНЕ за рахунок наявності шин постійного струму з подальшим перетворенням в змінний струм із використанням DC-AC перетворювачів.

Однак, при роботі в автономному режимі мікромережі (близькість потужності напівпровідникових перетворювачів у складі джерел електроенергії та напівпровідникових перетворювачів у складі навантажень) потребується подальше вирішення питань електромагнітної сумісності та якості електроенергії в структурі (рис.) для виключення або мінімізації втрат, аварій та збоїв, пов'язаних з електромагнітними перешкодами, що генеруються внаслідок функціонування силової перетворювальної техніки.

Висновки. Розглянуто динаміку та структуру показників, що характеризують виробництво електроенергії в ОЕС України, яка дозволила визначити збільшення виробітку електричної енергії на 686 % генеруючими станціями «альтернативної енергетики» у 2021 році, у порівнянні з показниками до 2015 року. Запропоновано узагальнену структуру мікромережі для підприємств критичної інфраструктури, яка є гнучкою до впровадження різних джерел енергії поряд з традиційними та може функціонувати в режимі «острів» або промислової мережі. Визначені питання для подальших досліджень енергоефективності мікромереж підприємств критичної інфраструктури з альтернативною генерацією та силовими напівпровідниковими перетворювачами.

Список використаних джерел

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2014 року № 791-р «Про затвердження план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та

Ради 2009/28/ЄС» [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80#Text>.

2. Лакатос Л., Гевессі Г., Ковács J. Переваги та недоліки використання сонячної енергії та енергії вітру. *Майбутнє світу*. 2011. Вип. 67. С. 395–408. [Google Scholar] [CrossRef]

3. Шахзад У. Кількісне порівняння енергії вітру та сонця. Умайр Шахзад—Academia.edu. Durresamin J. 2016. URL: <https://www.academia.edu/32941924/> (переглянуто: 04.12.2020).

4. Булгакова М., Приступа М. Енергозбереження в Україні : правові аспекти і практична реалізація. Рівне : Видавець О. Зень, 2011. 48 с.

5. Бобров Є. А. Енергетична безпека держави : монографія. Київ : Університет економіки та права «КРОК», 2013. 308 с.

6. Качинський А. Екологічна безпека України : системний аналіз перспектив покращення. Київ : НІСД, 2001. 312 с.

7. Єрмілов С. Ф., Геєць В. М., Яценко Ю. П., Григоровський В. В., Лір В. Е. та ін. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку : Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році. Київ : НАЕР, 2009. 93 с.

8. Кулик М. М., Горбулін В. П., Кириленко О. В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали). Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.

9. Зябіна Є. А., Люльов О. В., Пімоненко Т. В. Розвиток зеленої енергетики як шлях до енергетичної незалежності національної економіки: досвід країн ЄС. *Науковий вісник Полісся*. 2019. № 3 (19). С. 39–48. DOI: 10.25140/2410-9576-2019-3(19)-39-48.

10. Енергоефективність та енергозбереження : економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : колективна монографія. Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП «Астроя», 2019. 603 с.

11. Miraj Ahmed Bhuiyan, Qiannan Zhang, Vikas Khare, Alexey Mikhaylov, Gabor Pinter, Xiaowen Huang. Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus : a Systematic Literature Review. *Frontiers in Environmental Science*. April, 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.878394.

12. Kytaiev A., Chala N., Androsov Y. Failures of energy policy in Ukraine in the context of energy security priorities. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2020. Vol. 23 (3). Pp. 111–124. DOI: 10.33223/epj/127509.

13. Alagappan L., Orans R., Woo C. K. What drives renewable energy development? *Energy Policy*. Vol. 39, issue 9. 2011. Pp. 5099–5104. ISSN 0301-4215. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.003>

14. Souvik Sen, Sourav Ganguly. Opportunities, barriers and issues with renewable energy development – a discussion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 69. 2017. Pp. 1170–1181. ISSN 1364-0321. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.137>

15. Xiaofeng Xu, Zhifei Wei, Qiang Ji, Chenglong Wang, Guowei Gao. Global renewable energy development : Influencing factors, trend predictions and countermeasures. *Resources Policy*. Vol. 63. 2019. P. 101470. ISSN 0301-4207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101470>

16. Жук Д. О., Лисенко Н. В., Степенко С. А., Жук І. Ю. Зелена енергетика : проблеми охорони навколишнього середовища. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. № 2 (26). 2023. С. 58–68.

УДК 711.4:69

ПРИНЦИПИ ТА НАПРЯМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА ТА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ МІСТ

Мазур Г. Є.¹, студ., Дьяченко О. С.², асист., Дьяченко Л. Ю.³, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 mazur.a.19.1.9@gmail.com](mailto:mazur.a.19.1.9@gmail.com); [2 olgadiachenko303@gmail.com](mailto:olgadiachenko303@gmail.com);

[3 diachenko.larysa@pdaba.edu.ua](mailto:diachenko.larysa@pdaba.edu.ua)

Постанова проблеми. Сектор будівництва відповідальний майже за 40 % загальних викидів вуглецю пов'язаних з енергетикою. За прогнозами, більше 50 % населення світу проживатиме в урбанізованій місцевості, що вимагатиме вдвічі більше будівельного фонду. Негативний вплив сектора будівництва є результатом виробництва та переробки будівельних матеріалів, а також самого процесу будівництва та експлуатації будівель. Зважаючи на це екологічні методи будівництва є значною частиною глобальної боротьби проти зміни клімату та захисту навколишнього середовища.

Зелене будівництво та сталий розвиток стикаються з рядом викликів, серед яких:

1. Екологічний вплив будівництва. Традиційні будівельні методи спричиняють значний негативний вплив на довкілля через викиди парникових газів, використання нестійких матеріалів та невиправдане споживання ресурсів.

2. Енергоефективність та використання ресурсів: низька енергоефективність та неефективне використання ресурсів у традиційному будівництві призводять до перевищення витрат енергії та збільшення кількості відходів.

3. Фінансові обмеження: впровадження зелених технологій та практик може бути витратним.

4. Недостатня усвідомленість: багато будівельних компаній та споживачів можуть не мати достатньої усвідомленості щодо переваг та можливостей зеленого будівництва, що ускладнює їхнє впровадження.

5. Регуляторні перешкоди: наявність недостатньо сприятливого законодавства та регулювань може ускладнювати впровадження зелених будівельних практик та технологій.

Постановка проблеми передбачає аналіз цих та інших аспектів, щоб визначити ключові питання, які потрібно вирішити для досягнення успішного зеленого будівництва та сталого розвитку.

Мета роботи полягає у вивченні принципів та напрямів зеленого будівництва; досягнення сталого розвитку шляхом оцінки екологічного впливу, аналіз сучасних зелених та енергоефективних технологій та формулювання рекомендацій для підтримки зелених будівельних практик.

Основна частина. Зелене будівництво – це практика будівництва та експлуатації будівель, метою якої є зниження енергетичних і матеріальних ресурсів протягом всього життєвого циклу будівлі: від вибору ділянки до проєктування, будівництва, експлуатації, ремонту і знесення. Зелене будівництво зменшує негативний вплив на довкілля та забезпечує сталий розвиток. Це означає використання енергоефективних технологій, відновлюваних джерел енергії, ефективних матеріалів та методів будівництва, що зменшують викиди та споживання ресурсів.

Основними завданнями, що вирішуються для забезпечення стійкого розвитку міста, є:

- зниження негативної антропогенної дії на довкілля;

- забезпечення збалансованого розвитку екологічних, економічних, соціальних і адміністративних процесів; енерго- і ресурсозбереження;
- будівництво будівель нового типу з утилізацією всього внутрішнього тепла і заощадженням енергії.

Екореконструкція будь-якого міста повинна виконуватися на усіх рівнях – від генерального плану міста до окремих будівель та інженерних споруд, враховуючи прилеглі території. У регіоні, до складу якого входить місто, що реконструюється, головною метою має бути досягнення екологічно обґрунтованого співвідношення урбанізованих і природних територій.

Основні принципи функціонування екологічно стійкого міста:

- збалансованість економіки та екології, що передбачає при здійсненні господарської діяльності збереження і відновлення природного середовища;
- екологізація господарських і технологічних процесів, яка направлена на зменшення забруднення довкілля, збереження природних ресурсів;
- використання енергозберіжних технологій, пристроїв, приладів, відновлюваних і альтернативних джерел енергії;
- зменшення обсягів утворення відходів та їх утилізація;
- екологізація транспорту;
- екологічність проектування і будівництва, зокрема з використанням зелених технологій і конструкцій;
- компактне і сприятливе ефективне землекористування;
- відновлювання природних комплексів;
- забезпечення якісного міського життя і довкілля, а також здорового соціального клімату;
- естетичне поєднання елементів природи та будівель і споруд, що вписуються в них.

Принципи «зеленого будівництва»:

1. Оптимальний вибір місця, включення будівлі в загальний пейзаж, загальну інфраструктуру середовища і транспорту.
2. Орієнтування вікон на південь для максимального використання сонячної енергії та денного світла.
3. Покращена теплоізоляція, нешкідливе використання теплоізоляційних матеріалів, а також відновлюваних будівельних матеріалів.
4. Використовувати нешкідливі автоматизовані опалювальні системи: біомаси, теплові насоси, сонячні колектори.
5. Енергоефективне споживання води, можливість вторинного використання води.
6. Покращена якість повітря у приміщеннях, вентиляція з поверненням тепла.
7. Знижений вміст твердих відходів у процесі зносу або демонтажу будівлі.
8. Покращені економічні показники життєвого циклу будівель.

Сучасні технології у зеленому будівництві включають в себе використання сонячних панелей, вітрових турбін, систем енергозбереження, енергоефективних систем опалення та кондиціонування повітря, а також ізоляційні матеріали, що забезпечують оптимальне тепло- та звукоізоляцію [3; 4; 7; 8].

Економічний аспект зеленого будівництва полягає у визначенні витрат на впровадження зелених технологій та можливості отримання економічних вигід у результаті зменшення витрат на енергію та утримання будівель [2].

Екологічний вплив зеленого будівництва полягає у зменшенні викидів CO₂, використанні меншої кількості ресурсів та збереженні природного середовища.

Соціальний аспект зеленого будівництва включає в себе забезпечення комфорту та здоров'я мешканців, яке забезпечується за рахунок використання зелених технологій та матеріалів, що не викидають шкідливих речовин.

Максимально наблизити будівлю до стандартів зеленого будівництва допомагають сучасні технології. Наприклад, зелені конструкції, що є поєднанням будівельних конструкцій і рослин: зелені покрівлі, фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, зелені паркінги, озеленення схилів. Зелені дахи зараз викликають зацікавленість у всьому світі.

Цей інтерес пояснюється декількома причинами: по-перше, наявністю зелених насаджень у мегаполісі, які виглядають екзотично та сучасно; по-друге, посаджена газонна трава на верхніх майданчиках потребує небагато часу, фінансів вкладень та фізичних зусиль; по-третє, присутність зелені насичує повітря міста киснем і очищує атмосферу завдяки природним фільтрам. Трав'яний покрив на дахах будинків – чудовий утеплювач, що упереджує тепловтрати. А у спекотний літній період шар газонної трави на дахах ідеально утримує прохолоду і перешкоджає нестачі вологи в повітрі приміщень будівель. Ще один позитив газону на дахах – посилення звукоізоляції покриття, яка значно вища за більшість нових ізоляторів [1; 6].

У результаті військових дій в Україні відбувається масове порушення автомобільних шляхів разом з дощовим водовідведенням. Відновлення цих інженерних систем потребує великих грошових вкладень. Альтернативою цим системам є концепція міста – губки, в якому є максимальне використання площ для поглинання дощової води. Для вирішення цієї проблеми рекомендується використовувати спеціальні зелені конструкції для автодоріг – дощові сади-смуги. На відміну від зливоприймачів, сади збиратимуть воду вздовж усього автошляху. Це сприятиме більшій надійності дорожнього руху.

Висновок. Отже, слід відзначити, що зелене будівництво є не лише потужним інструментом для захисту навколишнього середовища, а й стратегічним кроком у напрямку сталого розвитку. Шляхом впровадження енергоефективних технологій, використання відновлюваних джерел енергії та зменшення викидів та використання ресурсів, зелене будівництво забезпечує населенню зручне та здорове житло, а також сприяє економічній ефективності. Також зазначимо, що успішне впровадження зеленого будівництва вимагає тісної співпраці між різними секторами суспільства, залучаючи галузеві компанії, урядові органи, наукові установи та громадськість. Лише через спільні зусилля можна забезпечити подальший розвиток цієї важливої галузі та створити більш стале та екологічно чисте майбутнє для всіх.

Список використаних джерел

1. Богінська Л. О. Зелене будівництво як складова сталого розвитку будівельного комплексу. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки*. 2023. Т. 34 (73), № 2. URL : http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/2_2023/part_2/40.pdf.

2. Данилюк М. М., Дмитришин М. В. Зелене будівництво у досягненні сталого регіонального розвитку. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2020. Вип. 16 (1). С. 153–162. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/aprer_2020_16%281%29_18

3. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика : основи теорії та задачі : навч. посіб. Львів : Магнолія, 2022. 188 с. (Вища освіта в Україні).

4. Дурас М. В., Войцицький А. П., Муляр О. Д. Перспективні технології нетрадиційної та відновлювальної енергетики : підруч. Житомир. агротехн. фак. коледж. Житомир : Поліський ун-т, 2022. 287 с.

5. Орловська Ю. В., Вовк М. С., Чала В. С., Мащенко С. О. Економічна політика ЄС з підтримки зеленого житлового будівництва : монографія. Дніпро, 2017. 148 с.
6. Орловська Ю. В. Зелене будівництво – шлях до стійкого розвитку урбоекосистем на основі досвіду ЄС. *Економічний простір*. 2017. № 120. С. 216–223.
7. Duffy A., Rogers M.; Ayompe L. Renewable Energy and Energy Efficiency : Assessment of Projects and Policies. USA : Wiley-Blackwell, 2015. 288 p.
8. Zhiqiang John Zhai. Energy Efficient Buildings : Fundamentals of Building Science and Thermal Systems. USA : John Wiley & Sons, 2022. 384 p.

УДК 624.95

СПІРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВІ ЄМНОСТІ – НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Пічугін С. Ф.¹, д. т. н., проф., Оксененко К. О.², аспір.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

¹ pichugin.sf@gmail.com; ² shvadchenkokate@gmail.com

Постановка проблеми. Важливість енергоефективності та енергозбереження, в умовах сьогодення, не викликає сумнівів. Використання поновлювальних джерел енергії є альтернативним рішенням цього питання. До основних поновлювальних джерел енергії відносяться: сонячна енергія, енергія вітру, біомаси. На території України біоенергетика займає 70 % серед всіх відновлюваних джерел енергії. В загальному, потенціал енергоощадження країни (в сільському господарстві, промисловості, сфері послуг і будівництві, житловому секторі та трансформації на ТЕС) оцінюється в більш ніж 27 млн т нафтового еквівалента, що відповідає майже 30 млрд м³ природного газу. Вирішення енергетичної проблеми знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології, а саме залежить від інноваційних рішень в цих галузях. Основними будівельними конструкціями у складі біоенергетичних комплексів є металеві ємності для зберігання або перетворення різних матеріалів.

Інноваційним рішенням легкої ємності є металеві циліндричні оболонки спірально-фальцевого типу.

Мета роботи полягає в аналізі галузі застосування металевих спірально-фальцевих ємностей в різних сферах біоенергетики.

Основна частина. Конструкції спірально-фальцевого типу є універсальними та економічними, вони можуть ефективно застосовуватись в різних біоенергетичних комплексах, зокрема як метантенки, пост-метантенки та ферментери в складі біоенергетичних установок, теплоаккумулятори резервуари та накопичувачі газів.

Спірально-фальцева ємність має циліндричний корпус, який являє собою систему спірального з'єднання сталевих стрічки шляхом подвійного вальцювання [1]. Технологія була винайдена німецьким вченим Ксавером Ліппом у 1968 р [2]. Унікальна технологія дозволяє безпосередньо на будівельному майданчику, без використання болтів і зварних з'єднань, вести компактний і швидкий монтаж ємностей високої міцності [3].

Компанією LIPP створено чотири різних типів метантенків: модульний реактор KomBio із вбудованим газовим акумулятором, універсальний метантенк з мембранним дахом, метантенк з зовнішнім нагрівом та центральним перемішувачем та метантенк EcoDigester (рис.1), кожен з яких підходить для різних сфер застосування [4].

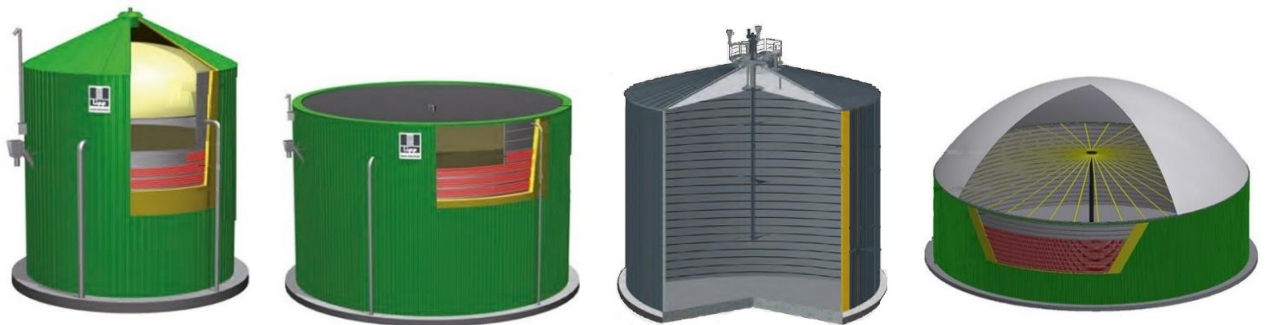


Рис. 1. Метантенки компанії LIPP

Для забезпечення ефективної утилізації залишкових газів та підвищення ефективності біогазової установки LIPP пропонує три гнучкі пост-метантенки: універсальний, KomBio, Eco (рис. 2).



Рис. 2. Постметантенки компанії LIPP

Теплоаккумулюючий резервуар (рис. 3, а) – це індивідуальне рішення для проміжного зберігання теплоти відновлюваних джерел енергії з ефективним об'ємом від 200 м³ до 2 000 м³. Доцільне акумулювання тепла є необхідною умовою для ефективного використання тепла від біогазових установок, когенераційних установок на біомасі, сонячних електростанцій або інших джерел тепла. Буферний накопичувач з гнучкою ємністю є ідеальним рішенням цієї задачі.

У біологічних процесах виробництво газу не є безперервним. Саме тому для утилізації газу (наприклад, на теплоелектростанції) потрібен акумулятор (рис. 3, б), щоб компенсувати коливання під час видобутку газу і заповнити проміжки часу, необхідні для ремонту та обслуговування установки.



Рис. 3. Спірально-фальцеві ємності: а) теплоаккумулюючий резервуар; б) газовий накопичувач

Висновок. Біоенергетика – перспективна галузь промисловості відновлювальної енергетики. Основними будівельними конструкціями у складі біоенергетичних комплексів є металеві ємності для зберігання або перетворення різних матеріалів. Спірально-фальцеві ємності є невід'ємними складовими біоенергетичних комплексів.

Список використаних джерел

1. Pichugin S., Oksenenko K., Hajiyev M., Sulewska M. Features of structures and calculation of steel spiral-fold silos. January 2021. *E3S Web of Conferences*. Vol. 280 (4). P. 03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202128003006.

2. Xaver Lipp [Інтернет ресурс]. URL: <https://xaver-lipp.com/>

3. Pichugin S., Oksenenko K. Spiral-fold Silo is Innovative Storage for Wood Chips. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2678. P. 020013. 2023. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0118821>.

4. Пічугін С., Оксененко К. Сталеві спірально-фальцеві конструкції у складі біоенергетичних комплексів. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022 : кол. моногр. Полтава – Львів : НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка», Дніпро, 2022. С. 470–484.

УДК 624.01:620.9

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ РЕЦИКЛІНГУ І РОЗПОДІЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Савицький М. В.¹, д. т. н., проф., Нікіфорова Т. Д.², д. т. н., проф.,

Шехоркіна С. Є.³, д. т. н., проф.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ms@pdaba.edu.ua; nikiforova.tetiana@pdaba.edu.ua;

svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. З 24 лютого 2022 р. Україна потерпає від широкомасштабної військової агресії російської федерації, наслідком якої вже стали значні обсяги руйнувань об'єктів критичної інфраструктури, будівель громадського та житлового призначення по всій території країни. Найбільших руйнувань на сьогодні зазнали райони, що перебувають в зоні ведення бойових дій, та наближені до фронту території. Не дивлячись на те, що бойові дії та ракетні атаки все ще тривають, вже сьогодні проводяться заходи з попереднього планування відновлення, зокрема міжнародна конференція Ukraine Recovery Conference (URC2022) у м. Лугано, Швейцарія (липень 2022 р.), де був представлений План відновлення України та відповідні Національні програми. Одним із ключових завдань Національної програми «Відновлення та модернізація житла та інфраструктури регіонів» встановлено відбудову та створення якісно нового житла із захисними, стійкими та інклюзивними рішеннями.

Ефективним рішенням проблеми швидкої відбудови соціальної інфраструктури України під час війни та у повоєнний період може стати створення та розгортання максимально наближених до району виконання відновлювальних робіт локальних будівельно-монтажних виробництв повного циклу (демонтаж окремих елементів або знесення зруйнованих будівель, сортування та переробка будівельних відходів, виготовлення будівельних виробів та конструкцій високої надійності з використанням вторинної сировини та місцевих матеріалів, капітальний ремонт, підсилення, реконструкція або зведення нової будівлі з інтегрованими укриттями) із забезпеченням автономності від централізованих мереж енергопостачання.

Мета роботи – аналіз сучасного стану науково-прикладної проблеми та розробка методологічних підходів до створення комплексної організаційно – технологічної системи відбудови житлових і громадських будівель з інтегрованими укриттями з використанням індустріальних архітектурно-конструктивно-технологічних систем за технологіями рециклінгу і розподіленої енергетики.

Основна частина. Новітні розробки методів та технологій обстеження будівель та споруд присвячені впровадженню нових автоматизованих методів діагностики, серед яких використання дронів для збору фото- та відеоінформації в поєднанні з методами цифрового моделювання (BIM) та штучного інтелекту (наприклад, методи дистанційного обстеження важкодоступних зовнішніх стін багатоповерхівок безпілотниками для збору зображень, виявлення та нанесення пошкоджень на BIM модель [1], методи комп'ютерного зору та машинного навчання для кодування геометричної інформації про будівлю та створення цифрового двійника з пошкодженнями [2]). Наведені дослідження мають пілотний характер, проте підтверджують перспективність використання робототехніки та безпілотних літальних апаратів в поєднанні з IT-технологіями для обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок бойових дій.

Стосовно відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених будівель та споруд сучасними трендами є розробки нових та удосконалення існуючих способів підсилення з високоефективних матеріалів, що відповідатимуть принципам «зеленого», ресурсоефективного будівництва та декарбонізації. Для ефективної утилізації будівель та споруд аварійного стану, непридатних до відновлення, можуть бути використані технології демонтажу та переробки будівельних конструкцій у вторинну сировину для подальшого виготовлення будівельних матеріалів (бетонних сумішей, заповнювачів, тощо). Досвід застосування та результати досліджень фізико-механічних характеристик бетонів на заповнювачах, отриманих методом рециклінгу, приведені в роботі [3; 4], доведено не лише позитивний екологічний ефект, але й можливість отримання високого класу міцності. Отже такі бетони за відповідного обґрунтування та розробки рецептур сумішей можуть бути використані для зведення укриттів цивільного захисту. Забезпечення прискореного зведення будівель та споруд досягається за рахунок автоматизації процесу виготовлення та будівництва використанням індустріального підходу та модульних конструктивних елементів [5].

Протягом військової агресії стало очевидно, що існуючі в Україні архітектурно-конструктивні системи мало- та багатопверхових будівель в переважній більшості не відповідають вимогам щодо захисту цивільного населення, зокрема маломобільних груп населення з безперешкодним доступом до приміщень укриттів. Оцінка надійності будівель при ударно-вибухових впливах є ключовим аспектом при обґрунтуванні конструктивних систем в Ізраїлі, Афганістані, Іраку, Сирії [6], а тепер і в нашій країні. В існуючих на сьогоднішній день конструктивних рішеннях житлових та громадських будівель дані вимоги не враховані.

Сьогодні вже розроблені та широко застосовуються різноманітні засоби обстеження, способи ремонту та підсилення будівельних конструкцій. Проте руйнування будівель від наслідків ракетно-бомбових ударів (вибухово-ударної хвилі, осколкових уражень тощо) мають специфіку, яка впливатиме на проведення робіт з обстеження та розбирання, вибір способу та можливість підсилення і не відображена в існуючій нормативно-технічній та науковій літературі. Для ідентифікації та визначення обсягів дефектів та пошкоджень на основі фото-, відеоматеріалів пропонується інтегрована система оцінки масштабів руйнувань, діагностування та встановлення технічного стану будівель і споруд, пошкоджених в результаті бойових дій, з використанням робототехніки та безпілотних літальних апаратів в поєднанні з технологіями цифрового моделювання та штучного інтелекту.

Для будівель і споруд неаварійного технічного стану потрібна систематизація існуючих та розробка методів ремонту та підсилення з на основі вторинних матеріалів та сировини місцевого походження з урахуванням вітчизняної типології будівель, специфіки пошкоджень внаслідок бойових дій. Аварійні та повністю зруйновані внаслідок бойових дій будівлі і споруди розглядаються як джерело сировини після демонтажу з урахуванням подальшої переробки для повторного використання. Відповідно, потрібно розробити конструктивно-технічні рішення дробильно-сортувальних ліній виготовлення будівельних матеріалів шляхом рециклінгу елементів демонтованих будівель та технологічні рішення розподілених автономних виробництв збірних конструктивних елементів житлових будівель з енергетичними системами продукування, трансформації, зберігання і використання енергії альтернативних джерел для виробничого процесу. Ефективне використання отриманих матеріалів буде забезпечено шляхом важких високоміцних фібробетонів та теплоізоляційних бетонів, ґрунтобетонів та сумішей для 3D-друку з використанням відсортованих та

перероблених будівельних відходів, сировини місцевого походження для виготовлення несучих і огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

З метою швидкого зведення нових будівель необхідно розробити архітектурно-конструктивні системи житлових і громадських будівель з використанням модульних конструктивних елементів індустріального виробництва. Системи повинні враховувати сучасні вимоги щодо енергоефективності, створення інклюзивного простору для маломобільних груп населення та інженерно-технічних заходів цивільного захисту. В складі запропонованих конструктивних систем будуть передбачені інтегровані укриття цивільного захисту, які будуть задовольняти не лише вимогам щодо надійності при ударно-вибухових впливах, але й забезпечуватимуть комфортне перебування з точки зору теплового режиму, якості внутрішнього повітря, освітлення тощо. Для забезпечення автономності від централізованих мереж необхідна розробка надійних інженерно-технічних систем забезпечення необхідних параметрів внутрішнього мікроклімату житлових приміщень та укриттів цивільного захисту при аварійних впливах (вимкнення електрики, пошкодження окремої ланки системи тощо).

Висновок. Виходячи з проведеного попереднього аналізу існуючих за проблематикою проекту досліджень та розробок, можна зробити висновок, що розробка проектних рішень та рекомендацій з відбудови житлових та громадських будівель є надзвичайно актуальною і, водночас, складною задачею. Для її вирішення необхідне проведення комплексних наукових теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на виявлення закономірностей створення і функціонування комплексної організаційно – технологічної системи відбудови житлових і громадських будівель з використанням індустріальних архітектурно-конструктивно-технологічних систем будівель з інтегрованими укриттями із застосуванням автоматизованого виробництва модульних конструктивних елементів, новітніх технологій рециклінгу, 3D-друку, сировини місцевого походження, альтернативних джерел енергії, ефективного використання людських ресурсів. Новизна запропонованого підходу полягає у застосуванні принципів стійкого (сталого) розвитку суспільства, циркулярної економіки, тобто створення замкнутого життєвого циклу будівельної продукції з повторним використанням матеріальних ресурсів і використання відновлюваних джерел енергії та сировини з мінімальним вуглецевим слідом.

Список використаних джерел

1. Tan Y. et al. Mapping and modelling defect data from UAV captured images to BIM for building external wall inspection. *Automation in Construction*. 2022. Vol. 139. P. 104284. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104284>.
2. Pantoja-Rosero B. G., Achanta R., Beyer K. Damage-augmented digital twins towards the automated inspection of buildings. *Automation in Construction*. 2023. Vol. 150. P. 104842. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104842>.
3. Wang D. et al. Mechanical performance of recycled aggregate concrete in green civil engineering : review. *Case Studies in Construction Materials*. 2023. Vol. 19. P. e02384. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02384>.
4. Tejas S., Pasla D. Assessment of mechanical and durability properties of composite cement-based recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 387. P. 131620. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131620>.
5. Olawumi T. O. et al. Automating the modular construction process : a review of digital technologies and future directions with blockchain technology. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 46. P. 103720. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103720>.

6. Anas S. M., Alam M., Umair M. Reinforced cement concrete (RCC) shelter and prediction of its blast loads capacity. *Materials Today: Proceedings*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.125>.

УДК 621.311

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЯМИ НА ПРИКЛАДІ ЖК «ПАНОРАМА»

Савицький О. М.¹, к. т. н., Спиридоненков В. А.², Циганкова С. Г.³, к. т. н.

¹ ПБМП «Строитель-IP²»,

² ТОВ «Дніпро ЗБК»,

³ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹ san.stroitel@gmail.com; ² sva.stroitel@gmail.com, ³ tsygankova.svetlana@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Зміна клімату та негативний вплив на навколишнє середовище, внаслідок необережного ставлення, становлять загрозу існування для усього світу. Прийнята Європейським Союзом Європейська зелена угода ставить головною метою досягнення сучасної ресурсоефективної та конкурентоспроможної економіки, при цьому кліматична нейтральність є ключовим пріоритетом. На початку 2020 року Україна задекларувала свої наміри стати частиною Європейського зеленого курсу та сприяти досягненню кліматичної нейтральності, що передбачає, серед інших завдань, вирішення проблеми збереження енергетичних ресурсів, підвищення ефективності використання енергії та посилення рівня енергонезалежності. Як відомо, більш ніж 40 % енергії, що виробляється, припадає на енергоспоживання в існуючих будівлях. Слід відмітити, за високий відсоток втрат енергії через низьку якість керування несе відповідальність житлово-комунальний сектор, що викликає необхідність розробки та впровадження систем та засобів покращеного управління енергоспоживанням. Останнім часом розробці та впровадженню систем енергоменеджменту будівель з використанням «розумних» або смарт-технологій та концепції інтернету речей (IoT) приділяється дуже багато уваги, оскільки такі системи дозволяють збирати та аналізувати дані про споживання, що допомагає більш ефективно управляти будівлею, а також дистанційно відслідковувати та коригувати показники та оптимізувати налаштування систем будівлі. Нажаль, швидкому розгортанню систем енергоменеджменту будівель заважає ціла низка факторів, обумовлених різними причинами.

Мета роботи. Проаналізувати проблеми та перешкоди для впровадження систем енергоменеджменту будівель з використанням «розумних» або смарт-технологій розумних будинків. Освітити досвід впровадження системи енергоменеджменту, розробленої в рамках міжнародного наукового гранту «A novel decentralized edge-enabled PREsCRIPTivE and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings» - PRECEPT Проактивні розумні будинки з підвищеною енергоефективністю та якістю життя» [1] за програмою досліджень та інновацій Європейського Союзу Horizon 2020 на прикладі ЖК «ПАНОРАМА» в м. Дніпро (Україна).

Основна частина.

Велика кількість публікацій [2–6] присвячена проблемам та перешкодам у розробці, впровадженні та подальшому користуванні систем енергоменеджменту будівель. Безумовно, енергозбереження в житлових будинках може бути досягнуто шляхом правильного використання та вибору системи опалення, електропобутових

приладів, освітлення, застосування новітніх технологій для організації життєвого простору та використання відновлюваних ресурсів в процесі експлуатації будівлі. Але ж будь-яка система енергоменеджменту повинна задовольняти вимоги комфорту користувачів у будівлях з врахуванням того факту, що комфортність житла – індивідуальний параметр, й мешканці бажають проживати у надійному і теплому будинку зі здоровою атмосферою та із низьким споживанням енергії, що означає прийнятний рахунок за електроенергію та газ. При цьому користувачі будівлі вимагають від системи енергоменеджменту безпечності, функціональної гнучкості, та обов'язкової захищеності отриманої та обробленої інформації. За результатами аналізу проведених досліджень можна виділити багато проблем, пов'язаних із впровадженням систем енергоменеджменту будівель – недосконалість законодавчих та нормативно-правових актів у сфері регулювання енергоефективності; складність розробки проектів систем енергоменеджменту та необхідність оптимізації чи оновлення зовнішніх мереж енергопостачання; наявність достатньо великої кількості додаткових систем, вбудованих у будівлю; необхідність задоволення конкретних вимог користувачів та їх очікування щодо технологій, які будуть використовуватися; потреба отримання, обробки, передачі та управління великими обсягами даних; потреба контролювати структуру й організацію енергоменеджменту; відсутність бажання співвласників житла та представників будівельної індустрії в цілому відходити від традиційних практик; необхідність впровадження нових і не завжди ретельно перевірених технологій; потреба в кваліфікованому спеціалізованому персоналі; потреба в коштах на підтримку та обслуговування встановленої системи енергоменеджменту та ін.

Слід відмітити, що більшість вищеперахованих задач виникає при впровадженні інтелектуальних систем енергоменеджменту в Україні. По-перше, слід враховувати високу вартість улаштування таких систем та суттєві витрати на придбання пристроїв, їх монтаж, налаштування та подальшу експлуатацію в складі створеної системи. Смарт-пристрої, що використовуються, повинні мати можливості для оновлення у випадку несправностей або наявності новіших оновлень програмного забезпечення. Необхідно також контролювати сумісність смарт-пристроїв вже на етапі постачання та передбачати можливість керування встановленими приладами з точки зору протоколів передачі повідомлень або форматів обміну повідомленнями та даними. Кінцевих користувачів інтелектуальних систем енергоменеджменту будівель також турбують питання моніторингу, конфіденційності та безпеки даних, пов'язаних із використанням інтелектуальних технологій у домі, а також зростаюча залежність домашнього життя від систем забезпечення технологій та зменшення автономії та незалежності дому від зовнішніх систем, які будуть отримувати та обробляти дані. Користувачі «розумних будинків» не впевнені в безпеці даних, які генеруються та надсилаються пристроями. Для них не завжди зрозуміло, як будуть усуватися вразливості систем енергоменеджменту після виявлення збоїв у безпеці. Існують також проблеми з надійністю мережі та з підключенням через коливання сигналів мережі, що погіршує доступність послуг. Вочевидь, існує певна недовіра до «надто» інтелектуальних програм, які, наприклад, просять користувачів використовувати камеру, місцезнаходження пристрою чи доступ до списку контактів. Також виникає необхідність мати джерело надійного живлення для встановленого обладнання та можливість опції резервного копіювання на випадок нештатних ситуацій, що тягне за собою виділення додаткових коштів із бюджету користувачів будинку.

Окремим питанням є необхідність залучення до розробки проектів та рішень інтелектуальних систем енергоменеджменту висококваліфікованих інженерів, а також

спеціалістів з установки і налаштування, тестування та обслуговування смарт-обладнання в будівлях. Недолік таких фахівців є великою проблемою.

При впровадженні системи управління ЖК «ПАНОРАМА» в м. Дніпро (Україна) з метою підвищення енергоефективності будівлі та покращення якості внутрішнього середовища, яке було здійснено за грантовою угодою PRECEPT [1], 10 квартир-волонтерів з трьох корпусів ЖК «ПАНОРАМА» були оснащені за рахунок ЄС бездротовим обладнанням для моніторингу та індивідуального управління споживанням енергією та комфортом у приміщеннях. Оснащення передбачало встановлення бездротових смарт датчиків-сенсорів та міні-комп'ютерів, які виконують роль бездротового комутуючого пристрою-хаба та дають 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.

Однак, в процесі впровадження системи управління ЖК «ПАНОРАМА» виконавці стикнулися з цілою низкою проблем, пов'язаних, насамперед з особистими побажаннями власників квартир – учасників проекту, складністю вибору місця для встановлення смарт датчиків-сенсорів та міні-комп'ютерів в умовах необхідності збереження дизайнерських рішень приміщень квартир, організації централізованого управління та передачі даних, необхідністю ретельного відбору постачальників та монтажників обладнання.

Слід підкреслити виклики, які вимагали особливої уваги при впровадженні системи енергоменеджменту ЖК «ПАНОРАМА»:

1. Труднощі проведення тренінгів з кінцевими користувачами в зв'язку з виїздом деяких жителів за кордон.
2. Труднощі налаштування та тестування смарт-обладнання в квартирах-волонтерах.
3. Здійснення комунікації між міжнародною командою PRECEPT та командою ПБМП «СТРОЇТЕЛЬ-П» враховуючи військові дії;
4. Комунікація з менеджментом ОСББ ПАНОРАМА-ДНІПРО стосовно установки обладнання, передбаченого проектом, на території комплексу ПАНОРАМА-ДНІПРО.

Висновки. Для вирішення існуючих проблем при впровадженні інтелектуальних систем управління будівлями необхідно забезпечувати постійну комунікацію між кінцевими користувачами, ІСТ компанією-підрядником, відповідальною за установку обладнання у квартирах, збір та передачу даних та менеджментом управляючої компанії. Слід організувати постійний збір і систематизацію відгуків від зацікавлених сторін щодо покращення рішень PRECEPT. Потрібно обов'язково налагодити технічний супровід установки, налаштування та обслуговування смарт-обладнання в пілотних будівлях. Було б доцільно звернення зацікавлених сторін, в тому числі компаній будівельної індустрії та громадських організацій до відповідних органів влади з метою формування відповідної державної політики в сфері регулювання енергоефективності.

Список використаних джерел

1. 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>.

2. Ma Z., Badi A., Jorgensen B. N. Market opportunities and barriers for smart buildings. *IEEE Green Energy and Systems Conference (IGSEC)*. Long Beach, CA, USA, 2016. Pp. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1109/IGESC.2016.7790078>.
3. Smarten – SMART ENERGY EUROPE. Scalable Innovative Financing for Smart Buildings. 2018. URL: <https://smarten.eu/scalable-innovative-financing-for-smart-buildings/>.
4. Vargas R. V., Soares C. A. P., Rodrigues A. M., Chinelli C. K., Qualharini E. L., Haddad A. Barriers and Challenges of Smart Buildings Projects in the Context of Construction 4.0 *3rd Latin American Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. São Paulo, Brazil, 2022. URL: rvarg.as/1ga/
5. Miazzi M. N. S., Erasmus Z., Razzaque M. A., Zennaro M., Bagula A. Enabling the Internet of Things in developing countries : opportunities and challenges. *5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*. Dhaka, Bangladesh, 2016. Pp. 564–569. URL: <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2016.7760066>.
6. Aliero M. S., Asif M., Ghani I., Pasha M. F., Jeong S. R. Systematic Review Analysis on Smart Building : Challenges and Opportunities. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, iss. 5. P. 3009. URL: <https://doi.org/10.3390/su14053009>.

УДК 721.01:004.9:624

ПРОЕКТУВАННЯ РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ В м. ЖИТОМИР З ВИКОРИСТАННЯМ BIM ТЕХНОЛОГІЙ

Самойленко Антон¹, студ., Серeda Світлана², ст. виклад.

² sereda.svitlana@pgasa.dp.ua

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

У сучасному світі, де технології стрімко розвиваються, будівельна галузь також використовує інновації для створення більш ефективних та стійких будівель. Проектування реабілітаційного центру в місті Житомир є відмінним прикладом використання BIM технологій для оптимізації процесів та забезпечення найвищого рівня комфорту та підтримки для осіб з обмеженими можливостями.

BIM відзначається своєрідною здатністю інтегрувати різноманітну інформацію з усіх аспектів будівництва в єдиний цифровий модельний комплекс. Це забезпечує виняткову єдність та узгодженість в усьому проекті. Кожен елемент будівельного об'єкта, від структурних компонентів до інженерних систем, вводиться у цифровий формат, створюючи деталізовану тривимірну модель, що відображає всі аспекти проекту.

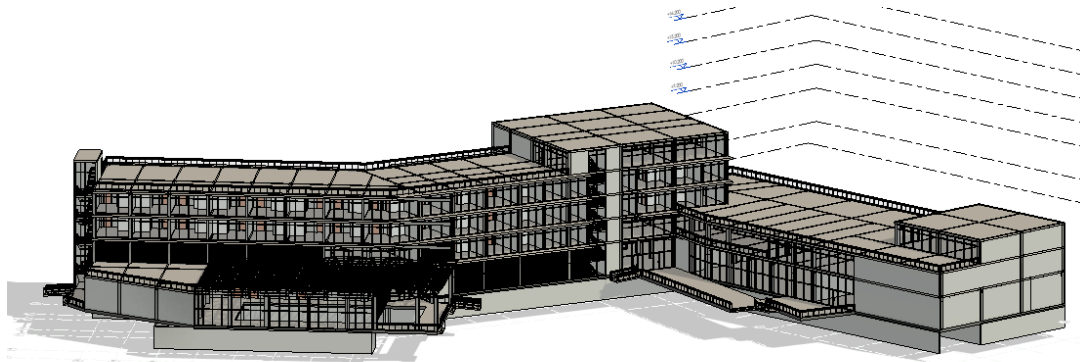


Рис. 10. 3D-модель комплексу

При використанні BIM технологій для проектування реабілітаційного центру в місті Житомир, особлива увага приділяється конструктивним рішенням, що включають в себе високоточне 3D-моделювання та докладну проробку вузлів.

Одним із ключових конструктивних рішень є використання залізобетонного каркасу для створення надійної та міцної основи будівлі. Це забезпечує високий рівень стійкості та довговічності, а також сприяє оптимальному розподілу навантажень.

Ще однією важливою конструкційною особливістю є використання сталевих структур для покриття над басейном. Це забезпечує велику прозорість та відкритість простору, а також високий ступінь стійкості конструкції.

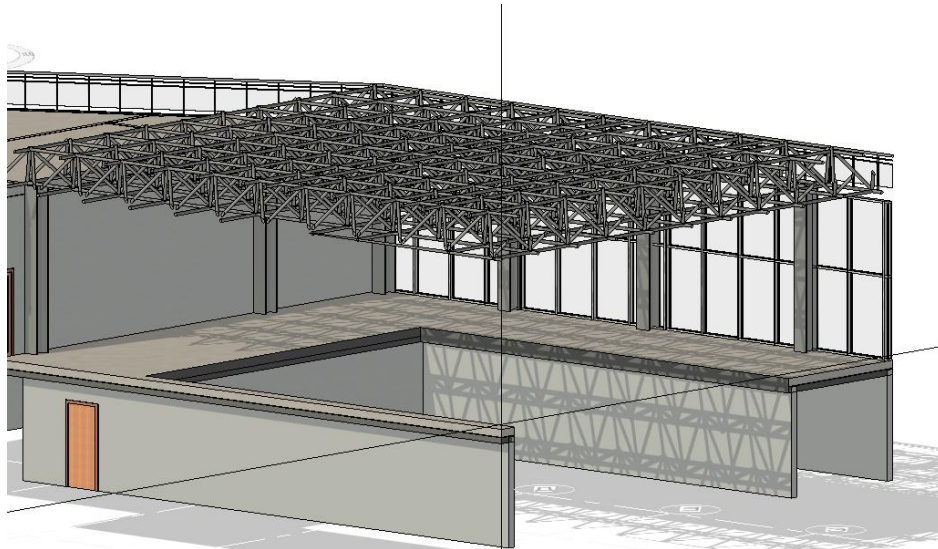


Рис. 11. Структурне покриття

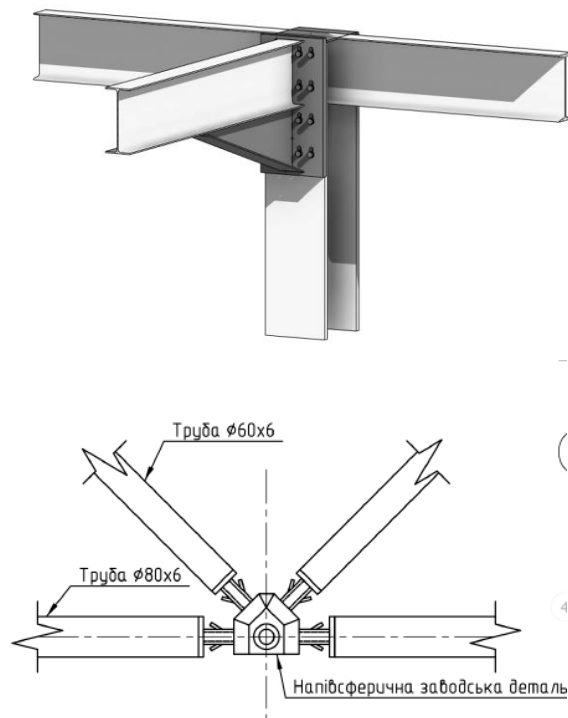


Рис. 3. Детально розроблені вузли з'єднання

Revit надає можливість ефективно працювати з архітектурними та структурними елементами, враховуючи їх дизайн, розташування та конструктивні особливості. Програма включає в себе різноманітні інструменти для створення планів, розділів, виглядів, архітектурних та інженерних систем, а також для розрахунків та аналізу різних параметрів будівельного об'єкта.

Однак, крім технічної потужності, Revit також дозволяє створювати привабливі та докладно оформлені презентації проекту. Зручний інтерфейс та можливості графічного дизайну дозволяють створювати красиві візуалізації, анімації та плани, що сприяє зручній комунікації з клієнтами, іншими фахівцями чи зацікавленими сторонами.

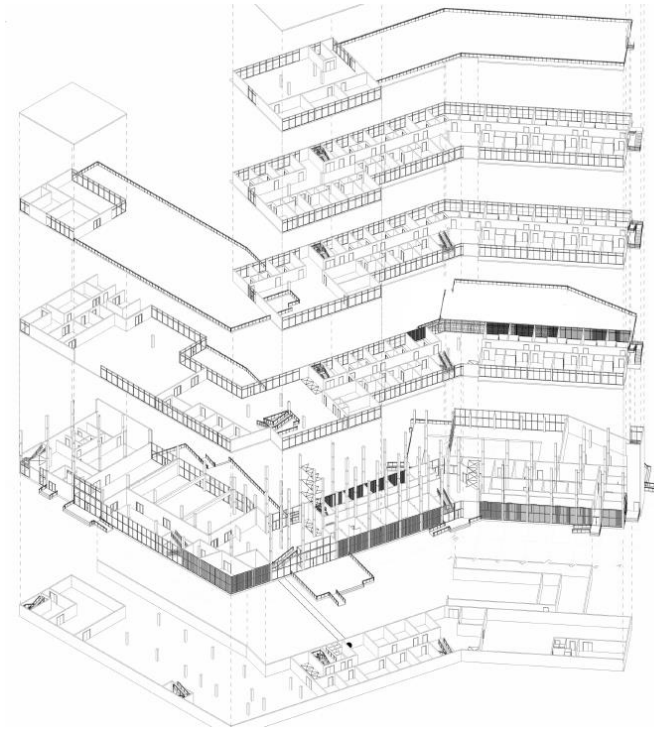


Рис. 4. Дизайнерське оформлення креслень

Таким чином, Revit не лише надає технічні інструменти для створення ефективних та деталізованих будівельних проєктів, але і дозволяє креативно виражати дизайн та естетичні аспекти проєкту через його візуальне оформлення.

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 40 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf?fbclid=IwAR3Y4wb2WdmHTTSLHjvUIZxwYscH54j6thT5aQqTDHfTZgVMI5pGlvYIU>
2. Liu Xuesong, Akinci Burcu. Requirements and Evaluation of Standards for Integration of Sensor Data with Building Information Models. In Caldas, Carlos H., O'Brien William J. *Computing in Civil Engineering*. 2009. Pp. 95–104. ISBN 978-0-7844-1052-3. DOI: 10.1061/41052(346)10.

УДК 697:004.942

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Солод Л. В.¹, к. т. н., доц., Адегов О. В.², к. т. н., доц., Березюк Г. Г.³, ст. викл.,

Ткачова В. В.⁴, к. т. н., доц., Прокоф'єва Г. Я.⁵, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 solod.leontina@pdaba.edu.ua](mailto:solod.leontina@pdaba.edu.ua); [2 adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua);

[3 berezuik.hanna@pdaba.edu.ua](mailto:berezuik.hanna@pdaba.edu.ua); [4 tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua](mailto:tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua);

[5 chornomorets.halyna@pdaba.edu.ua](mailto:chornomorets.halyna@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. Актуальність пошуку та впровадження енергоефективних рішень або рішень з підвищення енергоефективності в інженерних системах не викликає сумнівів. Це обумовлено загальним європейським рухом до кліматичної нейтральності, а в Україні ще й викликами, пов'язаними з війною.

Зокрема:

– «декарбонізація економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізація із ініціативою «Європейський зелений курс»)» є одним з орієнтирів в економічній політиці нашої держави, зазначеним в Національній економічній стратегії на період до 2030 року [1];

– головна тенденція для відновлення України в енергетиці, згідно проекту Плану відновлення України, розробленому Національною радою з відновлення України – «швидка електрифікація економіки завдяки енергетичному переходу, а також значне підвищення енергоефективності» [2].

Велике значення для аналізу та оцінки доцільності та ефективності тих чи інших рішень має можливість проведення досліджень інженерних систем, а також підготовка фахівців для таких досліджень.

Мета роботи представити можливості удосконалення навчального процесу шляхом набуття студентами навичок постановки задач моделювання для дослідження інженерних систем, що сприятиме отриманню базового досвіду пошуку енергоефективних рішень в інженерних системах.

Основна частина. Інженерні системи складні об'єкти для досліджень. Це обумовлено їх специфікою: велика протяжність трубопроводних мереж; інерційність (зміни в системах відбуваються повільно); залежність від зовнішніх факторів, які неможливо точно передбачити (температура зовнішнього повітря, перерви в електропостачанні тощо); взаємозалежність процесів в елементах систем (зміни в одному елементі впливають на функціонування інших). Відповідно, натурні дослідження таких об'єктів потребують значних часових та матеріальних витрат.

Моделювання процесів, що відбуваються в інженерних мережах є засобом спрощення їх дослідження. Результати отримані при дослідженні моделі можуть бути проаналізовані та використані для прогнозування процесів в реальних системах. В той же час, застосування такого моделювання у навчальному процесі сприяє формуванню відповідних спеціальних компетентностей у здобувачів освіти.

Певний досвід використання моделювання в навчальному процесі є в Придніпровській державній академії будівництва та архітектури. Зокрема, на кафедрі, яка зараз називається опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання є розроблені комп'ютерні моделі для лабораторних робіт з курсів «Тепломасообмін», «Технічна термодинаміка», «Теплопостачання» [3–5]. Моделі створені в навчальній версії одного з моделюючих середовищ-конструкторів, вони доповнюють дослідження

на реальних лабораторних установках, а під час дистанційного онлайн навчання використовуються самостійно під час лабораторних занять. Застосування комп'ютерних моделей для лабораторних робіт закріплює та поглиблює знання здобувачів про тепломасообмінні процеси та гідравлічні режими, сприяє набуттю навичок експериментальних досліджень.

Розвитком застосування моделювання в початковому процесі є отримання навичок постановки задач моделювання для дослідження інженерних систем. Цьому вчать студенти освітньо-наукової програми «Теплогазопостачання, вентиляція і кондиціонування (ТГПВК)» в рамках курсу «Аналіз і фізико-математичне моделювання в теплогазопостачанні, вентиляції та кондиціонуванні». Інструментів та програмного забезпечення для моделювання існує багато, ними володіють фахівці з інформаційних технологій, а фахівець з інженерних систем повинен вміти правильно сформулювати задачу для побудови моделі.

Процес моделювання має свої етапи, моделі мають класифікацію, структуру, призначення, задачі моделювання розрізняються за специфікою. Це все враховується при формулюванні задач моделювання.

Як відомо з теорії моделювання [6], основними етапами моделювання є: системний аналіз об'єкта дослідження та формулювання цілей та задач моделювання; опис моделі; формалізація моделі; реалізація та верифікація моделі; перевірка адекватності (достовірності) моделі.

Задачами фахівців з моделювання (фахівців з комп'ютерних наук, програмістів) є пропозиція відомих засобів формального представлення, методів моделювання, та реалізація моделі за допомогою обраного програмного забезпечення. На всіх інших етапах моделювання основна роль належить фахівцю з інженерних систем.

В процесі моделювання, як правило, необхідно неодноразово повертатись до тих чи інших етапів, вносити корективи, зміни, уточнення. Сталих алгоритмів тут немає, процес та результат моделювання залежить від постановки задачі, особливостей об'єкту моделювання, впливу зовнішніх факторів. При чому, під постановкою задачі мається на увазі не просте її формулювання («створення моделі певної системи»), а конкретизація задачі на різних етапах моделювання.

Завдання фахівця з інженерних систем на різних етапах процесу моделювання системи та/або процесів, що в ній відбуваються, а також засоби формування відповідних навичок в навчальному процесі представлені в таблиці.

Таблиця

Завдання фахівця з інженерних систем в процесі розробки моделі системи та засоби формування відповідних навичок в навчальному процесі

Завдання фахівця з інженерних систем на етапах моделювання	Формування відповідних навичок в навчальному процесі (дисципліна Аналіз та фізико-математичне моделювання в ТГПВК)
Етап: Системний аналіз об'єкта дослідження та формулювання цілей та задач	
<ul style="list-style-type: none"> - аналіз зовнішніх факторів, що впливають на систему (кліматичні та геологічні умови, призначення будівель, наявність інших комунікацій тощо); - аналіз вимог до системи (гігієнічні вимоги, комфортність, фінансові можливості); - аналіз самої системи (її особливостей, її складових, процесів її роботи) 	<p>Цей етап передує процесу моделювання. Вивченню етапів, можливих алгоритмів та особливостей системного аналізу систем ТГПВК присвячена перша половина курсу «Аналіз і фізико-математичне моделювання в ТГПВК»</p>
Етап: Опис моделі	
<ul style="list-style-type: none"> - визначення в структурі моделі вхідних і вихідних змінних та параметрів системи, - опис залежностей одних змінних від інших 	<p>Ознайомлення з типами задач моделювання (пряма та зворотна задачі, задачі ідентифікації, оптимізації, прогнозування), формулювання задач та мети моделювання, визначення змінних та параметрів системи, залежностей змінних, можливих обмежень</p>
Етап: Формалізація моделі	
<ul style="list-style-type: none"> - фіксація зв'язків між елементами системи та зв'язків із зовнішнім середовищем, - складання математичної моделі, - пропозиція видів представлення елементів чи результатів моделювання (креслення, схеми, графіки тощо) 	<p>Застосування знань про тепломасообмінні процеси в системах та зовнішньому середовищі, рівняння, що їх описують і стають складовими математичної моделі.</p>
Етап: Реалізація та верифікація моделі	
<ul style="list-style-type: none"> - отримання результатів моделювання та оцінка їх відповідності цілям дослідження; - тестування моделі (варіювання вхідних змінних і оцінка реакції на це моделі); - співпраця з фахівцем з моделювання щодо удосконалення моделі 	<p>Виконання дослідів на комп'ютерних моделях в різних режимах, при задаванні різних вхідних змінних, виявлення та фіксація недоліків для подальшого удосконалення моделей</p>
Етап: Перевірка адекватності (достовірності) моделі	
<ul style="list-style-type: none"> - порівняння даних отриманих на моделі та експериментально, в реальних умовах; - висновки щодо адекватності моделі, оцінка похибки; - пошук причин суттєвих похибок, повернення до попередніх етапів моделювання 	<p>Порівняння даних отриманих на комп'ютерній моделі та на реальній лабораторній установці. Висновки</p>

Висновок. Отримання здобувачами вищої освіти навичок постановки задач моделювання для дослідження інженерних систем сприятиме пошуку енергоефективних рішень в інженерних системах та підвищенню рівня підготовки фахівців для відбудови України.

Список використаних джерел

1. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#n25>.
2. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Енергетична безпека». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf>.
3. Сокурєнко В. І., Солод Л. В., Чорнойван А. А. Інтерактивна модель лабораторної роботи з курсу тепломасообмін [Електронний ресурс]. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве.* 2014. Вип. 76. С. 254–257. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmeect_2014_76_47
4. Сокурєнко В. І., Солод Л. В., Чорнойван А. А. Використання комп'ютерних моделей лабораторних робіт в навчальному процесі денної форми навчання. *Дистанційна освіта у ВНЗ : інноваційні та психолого-педагогічні аспекти : зб. наук. праць Міжнар. наук.-метод. конф.* 19–20 листопада 2015 р. Харків : Харківський нац. автомобільно-дорожній ун-т, 2015. С. 181–184.
5. Солод Л. В., Черчата А. О. Теоретичні та практичні аспекти застосування інноваційних технологій навчання в закладах вищої освіти. Інструменти та методи комерціалізації інноваційної продукції : монографія. За ред. д. е. н., проф. Ілляшенка С. М., к. е. н., доц. Біловодської О. А. Суми : Територія, 2018. 382 с. ISBN 978-966-97865-2-4. С. 370–379.
6. Стеценко І. В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст]. Мін-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2010. 399 с. URL: <http://surl.li/rewmp>.

УДК 721.01:004.9:624

РОЗВИТОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В REVIT ТА MY INSIGHT ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ НА ЕНЕРГІЮ В БУДІВЛЯХ

Сопільняк Федір¹, студ., Вершкова Юлія², студ.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
vjylias2004@gmail.com

Для ілюстрації роботи додатку ми створили кілька інформаційних моделей будинку:

1. З цільною стіною на південь і відсутністю вікон.
2. З вітражними вікнами (одинарне скління, одна віконна рама) загальною площею 25,3 м² встановленими в цегляній кладці 380 мм.
3. З двома вікнами (одинарне скління, одна рама) в цегляній кладці та шарі утеплювача.
4. З трьома вікнами в цегляній кладці, утеплювачі та кладці фасадної цегли.

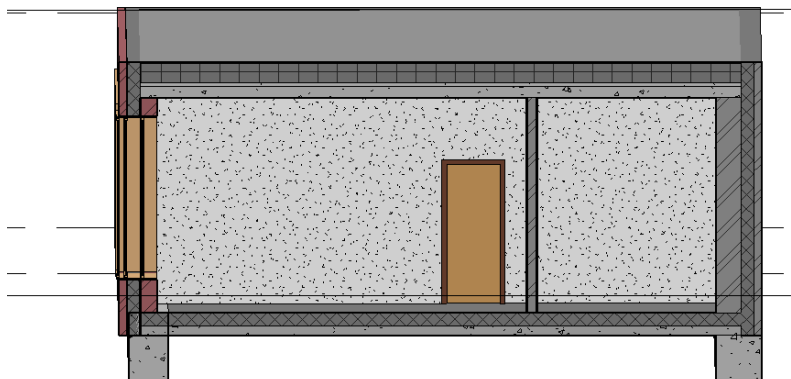


Рис. 12. Розрахункова модель будинку

Матеріали стінових огорожуючих конструкцій:

Назва матеріалу	Товщина
Керамічна цегла	380 мм
Плити з мінеральної вати на синтетичному в'язучому (вміст в'язучого за масою від 4,0 % до 5,0 %) $\rho_0 = 80 \text{ кг/м}^3$	200 мм
Облицювальна цегла	120 мм

Матеріали покрівлі:

Назва матеріалу	Товщина
Залізобетонна плита	175 мм
Ухилостворюючий шар з бетону	50 мм
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою від 4,0% до 5,0 %) $\rho_0 = 80 \text{ кг/м}^3$	100 мм
Рубероїд	20 мм

Додаток My Insight автоматично обчислює річне споживання електроенергії, враховуючи вказані матеріали у проекті, метеорологічні дані регіону (м. Київ, Україна), тип будівлі (житлові, промислові, торговельні центри, офіси), графік роботи та тип систем ТГПВ. Якщо не вказано в проекті, можна вибрати необхідні параметри з запропонованого переліку. Кількість віконних рам і склінь має значний вплив на витрати електроенергії, яка потрібна для опалення та охолодження будинку.

Розміщення віконних панелей в кожен шар стінового огороження може призвести до зменшення витрат електроенергії на рівні глухої стіни без вікон.

Крім того, додаток демонструє поточний рівень споживання енергії та показує можливості зменшення цього рівня за допомогою різних конструктивних та архітектурних рішень, а також змін в обладнанні будинку.



Рис. 13. Показник тепловитрат

У підсумку можна визначити, що вдосконалення енергоефективності в програмному забезпеченні Revit та його додатку My Insight може сприяти зменшенню споживання енергії будівлями і зменшенню витрат на опалення та кондиціонування повітря. Це важливо як для збереження ресурсів планети, так і для зниження витрат власників будівель. Використання таких інструментів дозволяє створювати енергоефективні та стійкі до змін клімату будівлі, що стає критично важливим у сучасному світі.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021.
2. Габріель І., Ладенер Х. Реконструкція будівель за стандартами енергоефективного будинку. Vom Altbau zum Niedrigenergie und Passivhaus. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. С. 478. ISBN 978-5-9775-0574-1.
3. Your Home Technical Manual-4.7 Insulation. 25 March 2012. Archived from the original on 2012-03-25.

УДК 728.1:692.232.7

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ ЗА ТЕХНОЛОГІЮ «ТЕРМОДИМ» ПРИ ЗВЕДЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Стрижак С. О.¹, студ., Дьяченко О. С.², асист.,
Дьяченко Л. Ю.³, к. т. н., доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

[1 sem.strizhak@gmail.com](mailto:sem.strizhak@gmail.com); [2 olgadiachenko303@gmail.com](mailto:olgadiachenko303@gmail.com);

[3 diachenko.larysa@pdaba.edu.ua](mailto:diachenko.larysa@pdaba.edu.ua)

Постановка проблеми. У наш час актуальним є енергоефективне будівництво, яке дозволяє заощадити паливно-енергетичні ресурси, такі як: вугілля, нафта та природний газ. Ключовим завданням є максимально повне та ефективне використання всіх наявних енергоресурсів та їх збереження. Рішенням цієї проблеми може стати зведення енергоефективного житлового будинку методом незнімної опалубки за технологію «Термодім».

За чинними нормами в Україні дозволено зведення будівель зі стінами з незнімною опалубкою висотою до 5 поверхів включно. У Німеччині, наприклад, будівельні норми дозволяють будувати, застосовуючи дану технологію, до 22-х поверхів, а в Грузії – до 9-ти поверхів.

Мета роботи полягає у дослідженні особливостей застосування незнімної опалубки за технологією «Термодім» при зведенні енергоефективного житлового будинку.

Основна частина. Для стін будівель використовуються наступні види незнімної опалубки: плити, що монтуються як щити знімної опалубки, за допомогою стяжок, та зміцнюються опорами; цільні литі блоки, за допомогою яких можна навіть одній людині звести стіни; збірні блоки, які встановлюють один над одним, зміцнюють арматурою та всередину заливають бетон.

Метод незнімної опалубки за технологію «Термодім». При зведенні будинків з незнімною опалубкою за технологією «Термодім» модульна облицювальна опалубка встановлюються рядами, утворюючи єдину опалубну систему для стін будинку, внутрішній простір якої заповнюється бетоном. Суть технології в тому, що спочатку збираються опалубні форми з блоків, потім встановлюється арматура і заливається бетон. Знімати форми не потрібно, вони залишаються частиною зведеної будівлі. Принцип монтажу незнімної опалубки з бетонних блоків дозволяє не лише використовувати їх для влаштування фундаменту, але й будувати з них несучі стіни або монолітні підпорні стіни. Перший ряд блоків нанизується на вертикальну арматуру, виступаючу з фундаменту. Між собою блоки скріплюються за допомогою вбудованих кріплень. Найбільш зручним і практичним є використання блоків, виготовлених з екструзійного пінополістиролу. Спінений полістирол є особливо якісним ізоляційним матеріалом, завдяки своїй низькій щільності і закритій комірчастій структурі.

Пінополістирольна незнімна опалубка з термоблоків складається з пластин пінополістиролу товщиною 50 мм, які з'єднані між собою перемичками. Внутрішній простір блоків, який зазвичай складає 150 мм, армується сталевую або полімерною арматурою, заповнюється бетоном або фібробетоном [1–3]. У виробництві термоблоків застосовується пінополістирол марки ПСВ-С, який не горить і не підтримує горіння, стійкий до старіння і при правильному використанні зберігає стабільні властивості, форму і розміри тривалий час, тобто є довговічним матеріалом. Таке конструктивне рішення потребує обов'язкової обробки декоративними матеріалами (рис. 1).

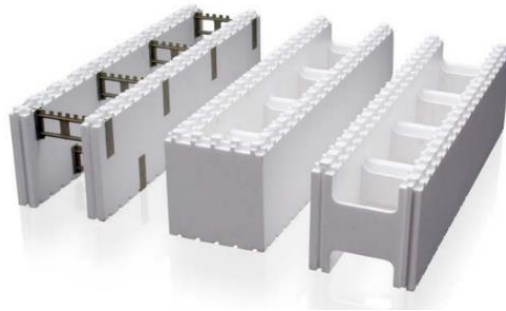


Рис. 1. Термоблоки незнімної опалубки

«Комблок» – вдосконалений розбірний термоблок, призначений для зведення стін будинків і будівель за технологією «Термодім».

«Комблок» – блок незнімної опалубки з регульованою шириною бетонного ядра стіни. Незнімна опалубка «Комблок» призначена для зведення стін будівель з ультранизьким споживанням енергії, за технологією монолітного будівництва. У стандартному варіанті дозволяє зводити будівлі до п'яти поверхів. Розміри блоку в зборі: висота 300 мм; довжина 1 000 мм, ширина залежить обраної товщини утеплювача і бетонного ядра, які розраховується в залежності від району будівництва та обирається за теплотехнічним розрахунком. Незнімна опалубка «Комблок» складається з: утеплювача Neopor (товщиною від 50–300 мм, спеціальної литої панелі з гіпсу та семи пластикових регульованих стяжок (перемичок), які дозволяють отримати товщину бетонної стіни від 100 до 450 мм [1–3]. Пінографіт (Neopor) – це спінений пінополістирол (або EPS – англійська аббревіатура), легкий та міцний термоізоляційний матеріал, який виготовляється з твердих гранул полістиролу з додаванням графітового наповнювача. Графіт поглинає та відбиває теплове випромінювання, тим самим збільшуючи ефективність теплоізолюючих властивостей EPS майже на 20 % (рис. 2).

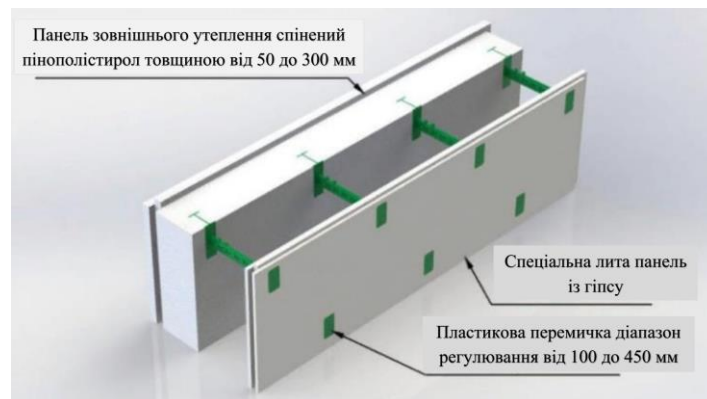


Рис. 2. Інноваційний блок комбінованої незнімної опалубки «Комблок» для будівництва енергоефективних будівель

Переваги при будівництві:

- **Енергозбереження.** Товщина утеплювача до 300 мм дозволяє застосовувати «Комблок» для будівництва пасивних та енергоефективних будинків [4–6].
- **Герметичність.** Монолітний бетон забезпечує герметичну оболонку захисних конструкцій побудованого об'єкту.
- **Швидкість.** Висота блоку 300 мм – 1 поверх (9–10 рядів) – один день. Робочий термін – поверх за 10–12 днів.

- *Якісні теплотехнічні властивості.* Пінопласт винесено на фасадну частину стіни згідно з усіма правилами теплотехніки. Відсутня зона конденсації вологи.
- *Міцність.* Армований монолітний бетон є надміцним конструкційним матеріалом.
- *Вигідна конструкція: 3 в 1.* «Комблук» одночасно вирішує три завдання: несучі стіни, утеплення та штукатурка.
- *Екологічність.* Відсутність пінопласту в середині будівлі виключає, навіть, саме питання про його шкідливість.
- *Економія коштів.* Непотрібно витратити кошти за роботи з утеплення стін зовні і штукатурки всередині будівлі, а треба тільки оплатити роботу зі зведення стін.
- *Висока пожежна безпека.* Внутрішня поверхня будинку повністю виключає пінопласт.

Недоліки технології незмінної опалубки:

- необхідність обмеження навантаження, що надається на несучі стіни, тиск на несучий елемент не повинен перевищувати 70 кг;
- погана паропроникність матеріалу змушує будувати ефективно працюючу вентиляцію в приміщенні;
- неможливість вторинного використання – витрати на купівлю опалубки збільшують вартість будівництва.

Висновок. Технологія «Термодім» призначена для швидкого зведення теплих і недорогих будинків. Стіна термобудинку товщиною 25 см за здатністю зберігати тепло еквівалентна цегляній стіні товщиною 1,5 метра. Витрати на опалення в Термодомі нижче, ніж в цегляному в 2–3 рази. Опалювати термодім необхідно починати при температурі зовнішнього повітря нижче нуля градусів. При більш теплій погоді, для підтримки комфортної температури всередині термобудинку вистачає побутового тепла, що виділяється при роботі побутових приладів. Особливо важливо, що при будівництві з використанням блоків незмінної опалубки не залишається відходів.

Будинки побудовані з застосуванням незмінної опалубки за технологією «Термодім» мають наступні властивості: високий теплозахист та звукоізоляцію, комфортність, довговічність, швидкість зведення і низьку вартість будівництва.

Список використаних джерел

1. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення : ДБН В.2.2-15:2019. [На заміну : ДБН В.2.2-15-2005, ДБН В.3.2-2-2009 ; чинні від 2019-12-01]. Мінрегіон України. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2019. 44 с. (Державні будівельні норми України).
2. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність : ДБН В.1.2-11:2021. [На заміну ДБН В.2.6-11:2008; чинні від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 17 с.
3. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2021. [На заміну ДБН В.2.6-31:2016; чинні з 2022-09-01]. Мінрегіон України. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2022. 23 с. (Державні будівельні норми України).
4. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві : навч. посіб. 2-ге вид., випр. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. 236 с.
5. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 170 с.
6. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ : Гамма-принт, 2009. 137с.

УДК 72.06

ПРИНЦИПИ УКРАЇНСЬКОГО ЕТНОСТИЛЮ У ДИЗАЙНІ СУЧАСНИХ ІНТЕР'ЄРІВ (НА ПРИКЛАДІ ПРИДНІПРОВ'Я)

Толчева В. О.¹, студ., Ковальчук О. П.², канд. арх., доц.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 valerytol2016@gmail.com](mailto:valerytol2016@gmail.com); [2 kovalchuk.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:kovalchuk.oleksandr@pdaba.edu.ua)

Україна має багатий культурний спадок, включаючи український національний стиль в будівництві та дизайні житла. Український етностиль в інтер'єрі допомагає відзначити та зберегти національну культурну ідентичність в умовах глобалізації та уніфікації.

Застосування елементів українського етностилю в інтер'єрі дозволяє створити гармонійне поєднання традиційних значень і сучасного дизайну. Використання українських народних ремесел і традиційних технік в інтер'єрному дизайні сприяє підтримці та розвитку майстрів народного мистецтва. Використання природних матеріалів та екологічно чистих технологій, характерних для українського етностилю, підходить до сучасних тенденцій екологічної обізнаності.

Формування української стилістики в дизайні інтер'єру є складним процесом, що ґрунтується на різноманітних факторах: історія, фольклор та традиції, етнографічні особливості регіонів, взаємодія з сучасністю, вплив національної ідентичності.

На початку ХХ століття український етностиль був тісно пов'язаний з рухом національного відродження та модернізацією мистецтва. Художники та архітектори, такі як Василь Кричевський, Михайло Бойчук та Василь Петров, активно використовували національні мотиви, виготовляючи вишукані роботи, що стали символами національної ідентичності.

У сучасному контексті спостерігається повернення до традиційних елементів, проте з іншим підходом. Дизайнери не обмежуються точним копіюванням старовинних орнаментів; вони творчо адаптують їх, вносячи сучасні елементи та інтерпретації. Важливим є не просто відтворення старовинних зразків, а й їх переосмислення та інновації

Важливим аспектом порівняння є також визначення ролі культурного контексту у формуванні українського етностилю. Історичний контекст визначався політичними, соціальними та економічними подіями кожної епохи. Наприклад, під час періоду боротьби за незалежність українські художники і архітектори намагалися втілити національну ідею та підтримували розвиток української культури через мистецтво.

Сучасний дизайн інтер'єру викликає необхідність адаптації традицій до потреб і смаків сучасного споживача. Сучасна людина, взаємодіючи з глобальним світом та сучасними технологіями, шукає не лише комфорт, а й вираження своєї ідентичності через дизайн. Тому важливо, щоб український етностиль в інтер'єрі не втрачав свою специфіку, але одночасно відповідав новим реаліям.

Зокрема, український етностиль може слугувати не лише способом декорації інтер'єру, але й елементом створення унікального ідентичного бренду. Використання у дизайні місцевих громадських просторів, таких як ресторани, готелі чи магазини, може створювати не лише естетично приємне оточення, а й сприяти підтримці та популяризації національної культури.

У відповідь на виклики сучасності український етностиль може використовувати високотехнологічні рішення для збереження та відтворення традиційних ремесел та мистецтва. Наприклад, використання комп'ютерного моделювання для створення

сучасних варіацій традиційних орнаментів або використання 3D-друку для створення унікальних декоративних елементів.

Сучасні технології, матеріали та функціональність грають велику роль у відображенні українського етностилю в інтер'єрі. Якщо минулі століття використовували переважно дерево, ткацькі техніки та кераміку, то сучасні дизайнери можуть поєднувати традиційні матеріали зі скляними, металевими, пластиковими елементами, створюючи нові визначні образи.

Критерії визначають якість і відповідність стилю, тоді як принципи визначають основні правила та підходи до впровадження українського етностилю.

Критерії українського етностилю в інтер'єрі Придніпров'я:

1. Аутентичність та узгодженість:

- Створення інтер'єрів, які відповідають історичним та культурним контекстам Придніпров'я, використовуючи аутентичні елементи українського етностилю.

- Збереження узгодженості між різними елементами дизайну, створюючи гармонійний та цілісний образ.

2. Функціональність та практичність:

- Вибір матеріалів та декору, які не лише естетично виглядають, але й є практичними та зручними у використанні.

- Врахування практичних потреб мешканців та функціональних особливостей приміщень при виборі елементів дизайну.

3. Кольорова гама:

- Використання традиційних кольорів українського етностилю, таких як вишневий, глибокий синій, вишневий відтінок, для створення аутентичного візуального враження.

- Узгодження кольорів так, щоб вони відображали не лише традиційність, але і створювали затишну та приємну атмосферу.

Принципи українського етностилю:

1. Архітектурна гармонія:

- Створення архітектурних форм, які гармонійно вписуються у сучасне оточення, але водночас виражають елементи традиційного українського будівництва.

2. Мистецтво та ремесла:

- Інтеграція мистецтва та ремесел, таких як вишивка, глибокі витинанки чи кераміка, для створення унікальних та автентичних деталей у дизайні.

3. Гармонія з природою:

- Використання натуральних матеріалів та елементів, що взаємодіють з природним оточенням та створюють зв'язок із природою.

4. Індивідуальний підхід:

- Розгляд кожного проекту як унікального, з урахуванням індивідуальних особливостей клієнта та конкретного простору.

5. Культурна спадщина:

- Повага до культурної спадщини регіону, використання символіки та орнаментів, які відзеркалюють традиції та історію Придніпров'я.

Також слід зазначити, що сучасний український етностиль в інтер'єрі не втрачає своєї глибини та автентичності, але трансформується, щоб відповідати вимогам сучасного життя. Це не просто стиль, а спроба створення унікальної синергії між минулим і сьогоденням, між традицією і інновацією.

Сучасна практика у використанні українського етностилю в дизайні інтер'єру відображає різноманіття підходів та тенденцій, які виходять за межі традиційного мистецтва та адаптуються до сучасних реалій. Аналіз цього досвіду може розкрити

прогресивні підходи та визначити виклики, які можуть виникнути у процесі впровадження українського етностилю в інтер'єр.

Одним з гарних прикладів є студія MAKHNO. MAKHNO — студія сучасної архітектури, дизайну інтер'єру та кераміки, що продовжує і вдосконалює традиційні підходи в контексті сьогочасного арту, використовуючи автентичні техніки та природні матеріали, щоб створювати об'єкти, що живуть на перетині культурної традиції, функціонального дизайну та сучасного мистецтва. Унікальність підходів студії MAKHNO полягає у збереженні автентичних технік ручного виробництва та авторських ноу-хау від майстрів, які є прямими нащадками мистецьких та ремісничих династій. У міксі традиційних та новітніх форм і смислів, а також у поєднанні натуральних екологічно чистих матеріалів. Кожен об'єкт — ексклюзивний і неповторний, живий і справжній, недосконало-досконалий.

Висновок. Український етностиль стає не лише засобом декорування простору, але і важливим чинником у формуванні національної ідентичності. Використання традиційних елементів сприяє утвердженню та підтримці національної самосвідомості. Враховуючи ці аспекти, можна стверджувати, що український етностиль в інтер'єрному дизайні є не лише рядом стилізованих елементів, але і важливим виразником культурної спадщини та ідентичності. Поглиблений аналіз цих передумов визначає основу для подальших розділів дослідження, спрямованих на конкретизацію та застосування українського етностилю в інтер'єрах.

Список використаних джерел

1. Ткач О. В., Сиваш Н. С. Традиції народного житлового будівництва в сучасній українській архітектурі. Дніпро, 2017.
2. Самойлович В. П. Українське народне житло (кінець XIX – початок XX ст.) Київ: Наукова думка, 1972. 51 с.
3. Євсеева Г. П., Савицький М. В. Історія та традиції українського житла Придніпровського регіону. Дніпро : ПДАБА, 2016. 265 с.
4. Інтернет-джерело. URL: <https://makhnostudio.com/uk/studio/about-us/>

УДК 620.9

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОМПЛЕКСУ

Юрченко Є. Л.¹, к. т. н., доц., Шапа Н. М.², к. е. н.,
Шапа Б. А.³, студ.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

¹yel@pdaba.edu.ua; ²shapa.nadia@pdaba.edu.ua; ³17020.shapa@365.pgasa.dp.ua

Постановка проблеми. Одним із найважливіших напрямів у сучасному будівництві є скорочення витрат на модернізацію та експлуатацію споруд. Для цього зазвичай розробляють проекти енергоефективних заходів (далі ЕЕЗ). Ці проекти пов'язані або з удосконаленням огорожувальних конструкцій будівлі або з установленням додаткового енергозбережного обладнання (теплообмінники, автоматичні регулятори енергоспоживання, тощо). Досягнення максимальної ефективності передбачає оцінювання проекту (заходу) у конкретних умовах його реалізації, з погляду його економічної доцільності, що потребує чіткої методологічної бази оцінювання.

Мета дослідження – виконати економічну оцінку різних варіантів енергозберігаючих заходів адміністративно-побутового комплексу та запропонувати шлях визначення найбільш ефективного варіанту.

Виклад основного матеріалу. Будь-який проект з підвищення енергоефективності будівлі передбачає впровадження енергозберігаючих заходів, які забезпечують суттєве скорочення споживання енергоресурсів. Актуальність таких проектів значною мірою підвищується на тлі постійного зростання вартості енергоносіїв. Реалізація енергоефективних проектів дозволяє власникам об'єктів мінімізувати платежі за комунальні послуги (в період окупності капіталовкладень) та значною мірою зменшити їх (після завершення періоду окупності). Поряд з цим, для власників важливими аргументами на користь таких проектів є зростання ринкової вартості нерухомості в термомодернізованих спорудах, збільшення терміну ефективної експлуатації таких будівель приблизно на 30 років [3].

Обов'язковою умовою оцінювання досягнутого ефекту від реалізації ЕЕЗ є порівняння за певними показниками як у натуральному, так і в грошовому вираженні. Величина досягнутої економії дає змогу зіставити показники до- та після- проведення ЕЕЗ. На підставі отриманих даних, по-перше, формують перелік рекомендованих ЕЕЗ (найбільш ефективних заходів у натуральному й грошовому вираженні), які доцільно впроваджувати на досліджуваному об'єкті; по-друге, визначають оптимальні для реалізації ЕЕЗ рішення. Співвідношення результатів і витрат характеризує ефективність проекту і є основною інформацією для осіб, які приймають рішення про доцільність вкладання інвестицій [4; 5].

З огляду на вищесказане, потрібно провести порівняння декількох альтернативних варіантів технічних рішень з погляду їх економічної доцільності. Такі проекти можуть відрізнятися один від одного розміром капіталовкладень, термінами окупності інвестицій втратами енергії та іншими поточними витратами. Варіант, за яким задіяне більш дороге енергозбережне обладнання, зазвичай забезпечує менший розмір поточних витрат. Для визначення економічної оцінки енергоефективних заходів застосовують сучасні комп'ютерні програми.

Розглянемо приклад алгоритму розрахунку ЕЕЗ для адміністративно-побутового комплексу у м. Дніпро. Розрахуємо три варіанти (розрахунок перший – Р1, розрахунок другий – Р2, розрахунок третій – Р3) економічної оцінки енергоефективних заходів

адміністративно-побутового комплексу у м. Дніпро за показниками, зазначеними в таблиці. Для розрахунку показників була застосована програма, яка рекомендована Фондом Енергоефективності в рамках навчання енергоаудиторів.

Таблиця

**Показники економічної оцінки енергоефективних заходів
адміністративно-побутового комплексу у м. Дніпро**

Показники	Одиниці виміру	P1	P2	P3
Споживання теплової енергії до проведення заходів	МВт*год./рік	4 318,5		
		4 194,7		
		123,8		
Споживання теплової енергії після проведення заходів	МВт*год./рік	3 697,5	3 164,7	1 831,5
		3 577,6	3 044,7	1 707,7
		120,0	120,0	123,8
Питоме споживання теплової енергії до проведення заходів	кВт*год./м ² за рік	611,9		
		594,3		
		17,5		
Питоме споживання теплової енергії після проведення заходів	кВт*год./м ² за рік	523,9	448,4	259,5
		506,9	431,4	242,0
		17,0	17,0	17,5
<i>Інвестиції</i>	Євро	187 900	292 800	655 500
<i>Економія</i>	МВт*год./рік	621,9	1 154,7	4 207,5
	Євро/рік	24 254	45 035	164 094
<i>Простий термін окупності</i>	Роки	7,7	6,5	4,0

Для першого варіанту візьмемо мінімальні показники опору тепло передачі для огорожувальних конструкцій, що зазначені в ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Оскільки цей ДБН на даний момент не діючий використовувати ці показники опору теплопередачі не актуально, але на основі цих даних можна подивитись тенденцію вимог по енергозаощадженню будівель [1].

У другому варіанті розрахуємо коефіцієнти опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, які прийняті в діючому ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». У P2 ми бачимо суттєву економію енергії на підтримку такого самого мікроклімату у приміщеннях. Разом з цим бачимо об'єм інвестицій та час їх окупності [2].

Для третього варіанту розрахунку приймаємо коефіцієнти опору теплопередачі огорожувальних конструкцій більшими, що наведені в ДБН В.2.6-31:2021 для зменшення витрат енергоспоживання будівлі. Таким чином бачимо, що енергоефективні заходи збільшують витрати на будівництво об'єкту, але в подальшому амортизують витрати на споживання енергії при експлуатації.

Обрати найбільш доцільний з економічної точки зору варіант EE3 адміністративно-побутового комплексу дозволить проведений розрахунок. Критеріями вибору можуть бути як окремі показники: обсяг вкладання інвестицій, розмір економії енергії, термін окупності інвестицій, так і комплекс показників. Наприклад, у нашому випадку найбільш важливими можуть бути показники економії споживання енергії та термін окупності інвестицій. У цьому разі доцільно обрати третій варіант EE3.

Висновок. Економічна оцінка енергоефективних заходів адміністративно-побутового комплексу може бути виконана шляхом порівняння низки показників. Для цього доцільно застосовувати комп'ютерні програми щоб розрахувати та порівняти декілька варіантів. Для визначення оптимального варіанту можуть збути застосовані такі критерії як: обсяг вкладання інвестицій, розмір економії енергії, термін окупності інвестицій.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017. 37 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
3. Комплексне дослідження результативності та економічної ефективності державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв із відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2020 роки за результатами обстеження учасників програми у 2016–2017 рр. [Електронний ресурс]. URL: https://sae.gov.ua/sites/default/files/Ocinka_0.pdf
4. Самойленко І. О. Оцінка ефективності енергоощадних заходів підприємства: методологічний підхід. *Економіка і суспільство*. Вип. 14. 2018. [Електронний ресурс]. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/14_ukr/72.pdf
5. Виконання енергетичних аудитів [Електронний ресурс]. URL: <https://cee.com.ua/energy-audit.html>

**МАТЕРІАЛИ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ПРОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ
ДЛЯ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ»**

(13 березня 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/PSACEA.978-966-3232-50-8

ISBN 978-966-323-250-8

УДК 711.168:620.9:378 (477)

Матеріали науково-практичної конференції «Просування енергоефективності та підготовка фахівців для відбудови України» (13 березня 2024 р.): збірник тез під редакцією Миколи Савицького, Костянтина Сухого, Владислава Данішевського, Анатолія Радкевича, Євгенія Юрченка, Олени Коваль, Марини Ляховецької-Токаревої. Дніпро: Енерго-інноваційний хаб ПДАБА, 2024. 128 с. (електронне видання)

У збірнику тез розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду в сфері енергоефективності та інноваційних технологій при відбудові України.

Для представників бізнесу і влади, вчених, аспірантів, викладачів, 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