Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Словацький технологічний університет у Братиславі
Академія будівництва України
Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій
Приватне будівельно-монтажне підприємство «СТРОЇТЕЛЬ П»
Машиненфабрік Густав Айрих ГмбХ & Ко КГ
Німецьке товариство міжнародного співробітництва GIZ
Енерго-інноваційний хаб

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

XVIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З НАГОДИ 90-РІЧЧЯ ДВНЗ ПДАБА

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ, ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ ТА АРХІТЕКТУРІ»

26 листопада 2020 року

Дніпро, Україна
2020

Ministry of Education and Science of Ukraine
SHEI "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"
Slovak University of Technology in Bratislava
Academy of Civil Engineering of Ukraine
State Research Institute of Building Constructions
Private construction and assembly enterprise "STROITEL P"
Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
Energy Innovation Hub

ABSTRACTS

XVIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC and PRACTICAL CONFERENCE DEDICATED to the 90th ANNIVERSARY OF SHEI PSACEA

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION, CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

November 26, 2020

Dnipro, Ukraine
2020

ISBN 978-966-323-212-6
УДК 330.341.1:[69+72](06)
І-66

Упорядники :
Ректор ДВНЗ ПДАБА, д. т. н., проф. ***Микола Савицький.***
Завідувач кафедри будівельної механіки та опору матеріалів, д. т. н., проф. ***Владислав Данішевський.***
Директорка ПНОІТБ ДВНЗ ПДАБА, к.т. н., с. н. с. ***Олена Коваль.***
Керівник енерго-інноваційного хабу, к. т. н., доц. ***Євген Юрченко.***

Матеріали друкуються в авторській редакції

Тези XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.) / упорядники: Микола Савицький, Владислав Данішевський, Олена Коваль, Євген Юрченко. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2020. – 123 с.

Відповідальний за випуск: радник ректора з редакційно-видавничої роботи, к. т. н., доц. каф. екології та охорони навколишнього середовища ДВНЗ ПДАБА ***Олена Тимошенко*.**

Робочі мови конференції – українська, англійська.

Для вчених, будівельників, проектувальників, докторантів, аспірантів, магістрів, а також для широкого кола читачів.

Затверджено до видання вченою радою ДВНЗ ПДАБА (протокол № 3 від 27.10.2020).

© ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітекутри»
© Академія будівництва України

ЗМІСТ

Mykola Savytskyi, **Maryna Bordun**, **Oksana Zinkevych**, **Andrii Zinkevych**
ENERGY EFFICIENT RECONSTRUCTION
OF BETHANY SHELTER CENTER BUILDING
IN MALACKY, SLOVAKIA.....8

Mykola Savytskyi, **Vladyslav Danishevskyy**, **Anastasia Gaidar**
DYNAMIC MODELLING AND OPTIMAL DESIGN
OF MULTI-STOREY BUILDINGS WITH FRICTION DAMPERS.....11

Mykola Savytskyi, Viktor Kolokhov,
Artem Sopilnyak, Kostiantyn Shlyakhov, Andrii Tytiuk
INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY
OF WALLS WITH WINDOW STRUCTURES.....14

Mykola Savytskyi, **Marina Skladanovska**
SUSTAINABLE DEVELOPMENT
AND ENVIRONMENTAL THINKING.....16

Dmytro Bezverkhyi, **Vladyslav Fedyn**, **Anastasia Myslytska**
3D PRINTING FOR A NEW CONSTRUCTION
PROCESS ENTITLED "EGG SHELL".....18

Tymur Biliavskyi, Anastasia Myslytska, Tetiana Nikiforova
3D PRINTING IN INNOVATIVE HOUSE-BUILDING.....21

Ihor Davydov, **Viacheslav Chaban**, **Tetiana Kovtun-Horbachova**
THE ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF TOWER
STEEL FRAMES ACCORDING TO THEIR
DYNAMIC CHARACTERISTICS.....23

Mykola Frolov, Anastasia Myslytska
STRESS-STRAIN STATE OF COMPOSITE STEELCRETE
BEAMS AT THE ASSEMBLY STAGE.....26

Tomáš Funtík, Pavol Mayer
A REVIEW OF USING VIRTUAL REALITY FOR AS-BUILT
QUALITY CHECKS AND SAFETY TRAININGS
ON THE CONSTRUCTION SITE.....28

Oleh Makarenko, Anastasia Myslytska, Kostiantyn Shlyakhov
INNOVATIVE BUILDING MATERIALS:
SELF-HEALING CONCRETE.....30

Anastasia Myslytska, **Mykola Frolov**, **Mykola Savytskyi**
WOODEN-CONCRETE FLOORS AND THE PROBLEM
OF JOINT WORK OF WOODEN AND REINFORCED
CONCRETE ELEMENTS OF STRUCTURES.....32

Roman Rabenseifer, Jozef Oláh, Šimon Vacek, Matej Holečka
EXTENSIVE ROOF GREENERY QUESTIONED.....34

Olena Rabich, Iryna Mescheryakova, Larysa Chumak,
Ludmyla Laukhyna, Tetiana Velykokhatska
IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
IN CREATION OF OPTIMAL WORKING CONDITIONS
ACCORDING TO THE LIGHT ENVIRONMENTAL FACTOR.....36

Svitlana Shekhorkina, Yevhenii Yurchenko, Olena Koval, Oleksandr Kolokhov
ASSESSMENT OF THE CARBON FOOTPRINT
OF MULTI-STOREY HYBRID TIMBER-CONCRETE BUILDING.....39

Dmytro Tkach, Tetiana Yarova, Svetlana Sereda, Anastasia Kistol
SYSTEMATICITY OF DESCRIPTIVE GEOMETRY
AS A CONCEPTUAL BASIS OF ITS FUNDAMENTALITY.....41

Denis Yaroshenko, Anna Guslysta
DYNAMIC INCREASE FACTOR FOR CALCULATION
OF STRUCTURAL RESPONSE AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE.....43

Бекетов О. В., Лаухін Д. В., Дадіверіна Л. М.,
Бабенко Є. О., Слупська Ю. С.
ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУЙНУВАННЯ
НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ МІКРОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ.....45

Бердников М. Р.
РОЗВИТОК ДЕРЕВ'ЯНОГО ДОМОБУДІВНИЦТВА:
НОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ
І ПИЛОМАТЕРІАЛІВ, ЇХ МОЖЛИВОСТІ І ОБМЕЖЕННЯ.....47

Березюк А. М., Ганник М. І., Мартиш О. П., Мартиш О. О.
ПРИРОДА ЗЧЕПЛЕННЯ СТЕРЖНЕВОЇ АРМАТУРИ
ПЕРІОДИЧНОГО ПРОФІЛЮ З ПОЛІМЕРБЕТОНОМ.....50

Білоконь А. І., Білоброва Ю. О.
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ
В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ
ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ.....53

Богаченко С. В., Смирнов А. С., Савицький М. В.,
Шатов С. В., Ковба В. В.
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЦИКЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПЕЧЕЙ
НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ГАЗОХОДІВ ТА ФУНДАМЕНТІВ ДИМОВИХ ТРУБ
(НА ПРИКЛАДІ ДИМОВОЇ ТРУБИ КІЛЬЦЕВОЇ ПЕЧІ № 1
ДІЛЯНКИ ПРОКАТУ У ТПЦ № 4 ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»).....56

Гільов В. В., Полторацька В. М., Прокоф'єв І. Б.
ОЦІНЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ
ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ В РАЙОНІ ПРОЕКТУЄМОГО АЕРОПОРТУ.....60

Дерев'янко В. М., Мороз В. Ю., Мороз Л. В.
ПРОБЛЕМИ ДИСПЕРГАЦІЇ НАНОСИСТЕМ
ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....62

Дікарев К. Б., Кислиця Л. В., Куценко А. О.
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ПОКРІВЛІ
ЦИВІЛЬНИХ БУДИНКІВ.....65

Євсєєва Г. П., Савицький М. В., Шатов С. В.
3D-ДРУК БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ:
ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ТЕРМІНОСИСТЕМИ.....67

Єгоров Є. А., Кучеренко О. Є.
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ СТРИЖНЕВИХ СИСТЕМ,
ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ВИПАДКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ
І ВПЛИВІВ.....70

Івченко Ю. В.
ОЦІНКА НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕВИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ
ПРИ ВІТРОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ.....73

Ковальов В. В.
ЧИННИКИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА
РОБІТ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ
БУДІВЕЛЬ ЗІ ЗМІНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....75

Кожемякіна І. Ф.
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТА ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ
ПЛАСТИН ЗА ДІЇ РУХОМОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....77

Колохов В. В., Сопільняк А. М., Тимошенко О. А., Колохов В. В.
ЩОДО ВІМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ
ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ.....80

Кравчуновська Т. С., Заяць Є. І., Ткач Т. В., Орищенко А. О.
ВРАХУВАННЯ ФАКТОРУ ЗНАЧНОЇ ВИСОТИ
ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ.....83

Кривоконь А. А., Кравчуновська Т. С., Заяць Є. І.
ПЕРСПЕКТИВИ І ПЕРЕВАГИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА
В УКРАЇНІ.....84

Ляховецька-Токарєва М. М., Юрченко Є. Л., Коваль О. О.
РОЛЬ СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ
ПІД ЧАС ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ.....87

Нагорна А. В., Дадіверіна Л. М., Ткач Т. В.
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ 3D ДРУКУВАННІ У БУДІВНИЦТВІ.....89

Папірник Р. Б., Огданський І. Ф., Дікарєв К. Б.
РОЗРОБКА РЕСУРСНОГО МЕТОДУ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ
ІЗ МОНОЛІТНОГО ТА ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ.....91

Пригорницька К. В., Бондаренко А. В., Юрченко Є. Л., Коваль О. О.
ПЕРВИННИЙ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....94

Савицький М. В., **Бордун М. В.**, **Зінкевич О. Г.**, **Зінкевич А. М.**
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЛІ
ЦЕНТРУ-ПРИТУЛКУ БЕТАНІ В м. МАЛАЦКИ, СЛОВАЧЧИНА.....97

Сєдін В. Л., **Волнянський Ю. Ю.**, **Ковба В. В.**, **Бікус К. М.**
ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ НДС
ОСНОВИ БАГАТОВИТКОВОЇ ПАЛІ У НАТУРНИХ УМОВАХ.....100

Солод Л. В., **Адегов О. В.**, **Березюк Г. Г.**
ДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІД ЧАС
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВИБОРУ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ
ЗА УМОВИ ЇХ КОМБІНУВАННЯ.....103

Тимошенко О. А., Перчаник Н. В., **Колохов В. В., Тимошенко Л. О.**
ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАХОДІВ
З РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЖИТЛОВОГО МАСИВУ.....106

Титюк А. О., Шатов С. В., Титюк А. А.
ОБСТЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СПОРУД НАДШАХТНИХ КОПРІВ,
ВИКОНАНИХ ЗА РІЗНИМИ ТИПОВИМИ ПРОЕКТАМИ
ДП «СХІДГЗК».....108

Ткач Н. О.
ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ШУМОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ.....111

Трегуб О. В., **Кірічек Ю. О., Коник В. С.**
РЕЗЕРВИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО ОБТИСНЕННИХ
ОСНОВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....114

Чабан Вячеслав, **Давидов Ігор**, **Ковтун-Горбачова Тетяна**
ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТА ПІДСИЛЕННЯ
СПОРУД КАРКАСНОГО ТИПУ.....116

Шатов С. В., Лисиця В. В.
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГРУНТІВ.....119

Яковишина Т. Ф.
ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ СТАНДАРТІВ «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА
ЯК ІНСТРУМЕНТУ ДОСЯГНЕННЯ
СТІЙКОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ.....122

UDC 728.98.012.18

ENERGY EFFICIENT RECONSTRUCTION OF BETHANY SHELTER CENTER BUILDING IN MALACKY, SLOVAKIA

Mykola Savytskyi[1], Dr. Sc. (Tech.), Prof., **Maryna Bordun**[1], Postgrad. Stud.,
Oksana Zinkevych[1], PhD, Assoc. Prof., **Andrii Zinkevych**[2], PhD, Assoc. Prof.
[1] *State Higher Education Institution*
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture",
[2] *Dnipro National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan*

Problem statement. According to the European directive of energy efficiency of buildings [1] all new buildings from December 31, 2020 must meet the standard of a building with zero energy consumption or be "positive", all existing buildings must be thermally modernized to meet modern requirements.

Scientists and students of SHEE PSACEA took part in cross-training of the design of buildings and structures on the principles of sustainable development in the framework of the International Project InStep Project "International Sustainable Engineering Practices", which was supported by the Visegrad Foundation. One of the tasks to be solved was to increase the comfort of staying in the Shelter Center for women with children in Malacky (Slovakia).

Centers of social help for families and children are social service institutions directed to provide social, household, medical, psychological or legal assistance to families, children and individuals. The building of Shelter-Center is quite old and does not meet modern requirements in the field of energy efficiency, in the center there is no in-patient station for the provision of qualified medical care, there is no program for the rehabilitation of the shelter residents, there are no playgrounds for children and landscaping around the center.

Purpose of the study. To propose measures for improving the energy efficiency of the building and to improve the quality of the internal environment of a social institution for women with children in Malacky (Slovakia). The paper proposes a number of measures aimed to the energy efficiency of the building by insulating the external enclosing structures and reducing the energy consumption of the building. The next step was the design of a greenhouse combined with the building of the Center, which will partially solve the issue of psychological rehabilitation and leisure for residents of the center by growing, caring for and contemplating various plants [2].

Main results. To analyze the state of the building, a visual inspection of the building of the Shelter Center was performed. The building of the Center is one-storey with dimensions in terms of 42.38 × 12.53 m, height 4.85 m, attached to the end of a multi-storey residential building. The composition of external walls is profiled sheet + brick + interior plaster, total width is 330 mm, total area is 469,3 m^2, the heat transmission coefficient is U = 1,78 W/m^2K, significantly exceeds the standard value. 90 % of windows are plastic and have a two-chamber profile, but have a high coefficient of thermal conductivity. The rest (10 %) are old windows with aluminum profiles. The total area of windows and doors is 62,08 m^2, U = 2.0 W/m^2K. Roof construction of building is presented of flat roll roofing, the total area is 494,4 m^2, U = 0,6 W/m^2K. The heat transmission coefficient of floors is U = 0,27 W/m^2K.

Heat losses were calculated through the building envelopes every month during the heating period after the methodology [2]. The climatic condition data and calculated temperatures were taken according to [3].

The results of calculation show that the greatest heat losses occur through external walls – 60 %.

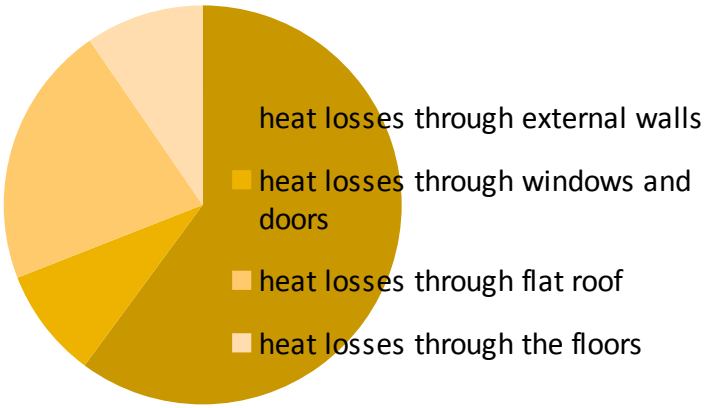


Fig. 1. Heat losses through Center's building envelope during the heating period, kWh, %

To reduce heat loss through the building envelope we proposed to do measures for the thermal insulation protection of the external building envelope and to attach the greenhouse on the southern and eastern side of the building [4].

Fig. 2. Greenhouse attached to the Center's building from the southern and easten side

The part of the enclosing structures of the Center building, which do not contact with the greenhouse, is proposed to be insulated with the use of ventilated systems, where basalt wool slabs are used as a heat-insulating layer. It is necessary to replace window filling with modern energy-efficient structures for reducing heat losses through translucent openings. For the construction of greenhouses in the center of Bethany, we propose to use a frame made of light steel thin-walled structures. As a material of translucent coating in the greenhouse we use cellular polycarbonate, 16 mm thickness.

Heat losses were calculated monthly for the heating period, as well as monthly solar heat gains were calculated every month for Center's building.

According to the results of the calculations, it was found that the annual heat inputs significantly exceed the annual heat losses of the building. But at the same time, due to the climatic conditions, heat inputs are unevenly distributed throughout the year.

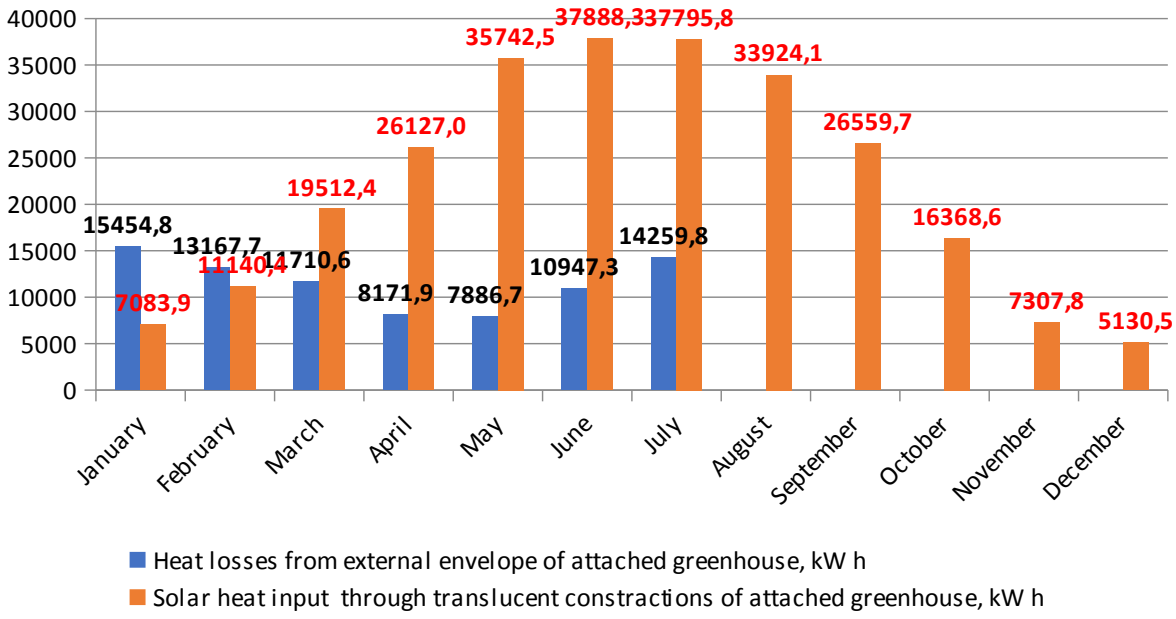


Fig. 3. Annual heat losses and heat inputs through the translucent structures of the attached greenhouse

Therefore, for the operation of the greenhouse all year around, it is necessary to provide additional sources of heating during the coldest period or means of external protection of translucent structures from overcooling (external louvers). Additional sources of heating can be proposed heat accumulators: daily allowances for the autumn-spring transitional periods, and seasonal for the coldest winter months.

Conclusion. The erecting of a greenhouse, combined with the building of the Center, has a multifunctional value for increasing the comfort and quality of stay in the Center. The design of the greenhouse can serve as an additional heating source during the cold period, and solar energy stored in the greenhouse can be used as an additional source for heating the building. Also, the greenhouse design serves as a transitional thermal zone between the exterior and interior space.

On the social and domestic side, building a greenhouse and growing plant products in it will diversify the daily diet of Bethany residents with high-quality and healthy food, save money for buying food, and possibly give additional gains from selling the overage products.

Another positive aspect of the construction of the greenhouse can be considered the organization of leisure activities of the residents of Bethany by employment in gardening, which is very important not only for adults, but especially for children from the point of view of education and becoming a personality.

References

1. Eur-Lex. Access to European Union law URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX :32012L0027

2. DBN V.2.6-31:2016. *Teplova izolyacia budive*. [Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Minregionbud Ukraïni, 2017, 35 p.

3. DSTU-N B V.1.1-27:2010. *Budivel'na klimatologija* [Civil Engineering Climatology]. Kyiv : Minregionbud Ukraïni, 2011, 123 p.

4. Savytskiy M., Bordun M. and Spiridonenkov V. The Sustainable Design of the Greenhouse by Criteria of Heat Losses and Solar Heat Gains. *Lecture Notes in Civil Engineering Proceedings of EcoComfort' 2020.* Vol. 100. Springer Nature Switzerland AG, 2020, pp. 393–401.

UDC 624.94+519.6

DYNAMIC MODELLING AND OPTIMAL DESIGN OF MULTI-STOREY BUILDINGS WITH FRICTION DAMPERS

Mykola Savytskyi, Dr. Sc., Prof., **Vladyslav Danishevskyy**, Dr. Sc., Prof.,
Anastasia Gaidar, Senior Lecturer
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. A challenging problem of Civil Engineering is the protection of buildings against dynamic loads and earthquake impacts. The advanced solutions employ lightweight, material saving structures equipped with special damping devices. These devices can be active or passive and their application depends, in general, on the investments for the project. The active devices change their properties depending on the structural response and they are the most expensive ones. On the other hand, passive devices are essentially cheaper and, in many cases, require minimal costs of installation and maintenance.

Last decades, passive friction dampers are widely used for the earthquake protection of multi-storey buildings [1]. The friction dampers make use of the effect of solid friction to dissipate the mechanical energy and to reduce the amplitude of the vibration of the structure. The friction is developed between two solid bodies sliding in relation to one another. As usual, pairs of metal, polymer or concrete components can be utilized. Determination of the optimal location of friction dampers inside the building presents a complicated task for the practical design.

Purpose of the study. Several studies have been devoted to predicting the best properties and placements of friction dampers (e.g., see papers [2-4] and references therein). From the mathematical point of view, this is a non-linear optimization problem and, in generally, such problems can be nonconvex. They may be treated by different methods; for a general overview of the subject we refer, for example, to the well-known books [5, 6]. In recent years, the methods of artificial collective intelligence are rapidly developed providing a number of advantages comparing to the classical procedures [7]. In this study, a new approach to determine the optimal location of friction dampers is proposed basing on the method of particle swarm optimization (PSO). The PSO method presents an artificial simulation of the phenomenon of collective intelligence, which is observed in many decentralized biological systems like ant colonies, bee swarms, flocks of birds and even social groups of human individuals [8].

Main results. As an illustrative example, the 2D model of a six-storey concrete frame building with three friction dampers is considered. In a case of horizontal seismic loads, the stress-strain state of the structure is determined mainly by the bending deformations of the columns, while the longitudinal deformations of the frame elements can be neglected. Following this assumption, the dynamic model of the building is adopted in a form of a vertical cantilever rod with lumped masses. Let us note that the natural frequencies and the normal modes of the proposed simplified model are in a good agreement with the frequencies and the modes of the original structure, which are determined using the FEM program package «LIRA-SAPR».

Several sets of dynamic simulations are performed. The differential equations of motions are integrated numerically by the Runge-Kutta method. The software implementation is developed using the open-source CAS Maxima. Solutions of the optimization problems are obtained employing the population of 16 particles, while the number of iterations does not exceed 10.

In the case of a harmonic resonant load, the horizontal acceleration amplitude of the basement is assumed to be equal 0.4g, which corresponds to the 9th degree of seismic intensity by the Medvedev–Sponheuer–Karnik scale. The frequency of the load is equal to the lowest natural frequency 2.96Hz. Two types of the objective functions are considered to be minimized: the displacements of stories and the interstorey drifts. For the both functions the same optimal solution is obtained implying installation of the all three dampers at storey 1. Figs. 1, 2 present

the obtained results for the displacements and for the interstorey drifts. Here we denote: – uncontrolled structure without dampers; 2 – a uniform distribution of damper loads over the all stories; 3 – the optimal location of the dampers.

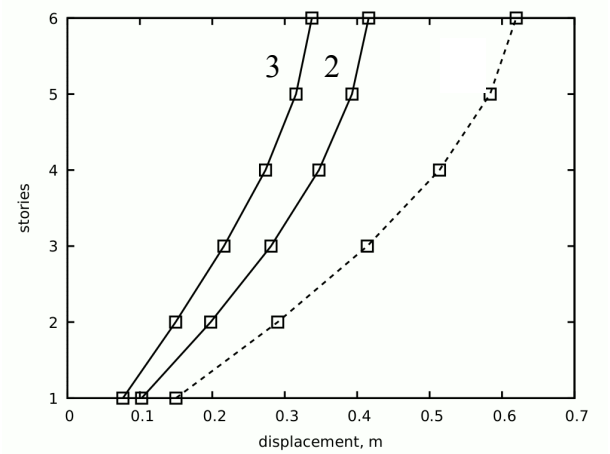


Fig. 1. Displacements of stories under the harmonic resonant load

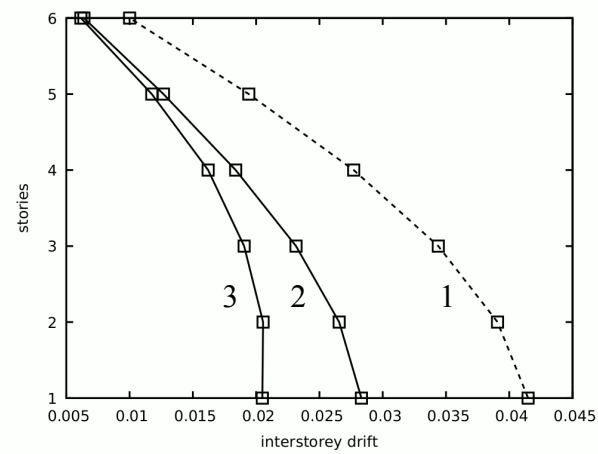


Fig. 2. Interstorey drifts under the harmonic resonant load

The seismic load is described by a zero-mean normal random process simulated by a superposition of harmonic modes with different frequencies and random phases [9]. The power spectral density is determined using Kanai-Tajimi model [10]; the peak ground acceleration is 0.4 g. The minimal displacements are achieved installing the dampers at stories 1, 3, 4, while for the minimal interstorey drifts the optimal location of the dampers is predicted at stories 1, 2, 3. The latter solution ensures also the minimal accelerations of the stories, which makes it the most reasonable from the engineering point of view. Numerical results are displayed at Figs. 3–6. Dashed curves correspond to the uncontrolled structure without dampers and solid curves – to the obtained optimal solution.

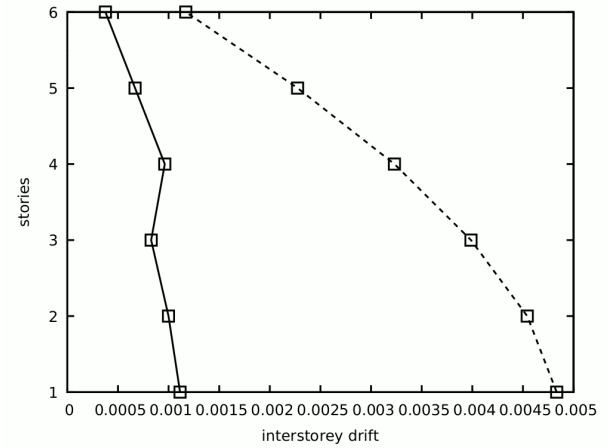


Fig. 3. Interstorey drifts under the seismic load

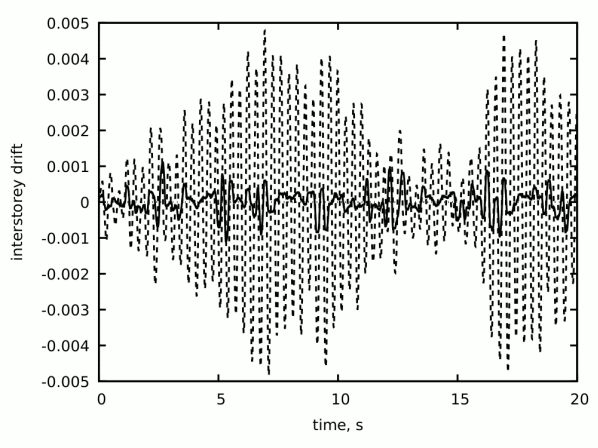


Fig. 4. Interstorey drift at storey 1

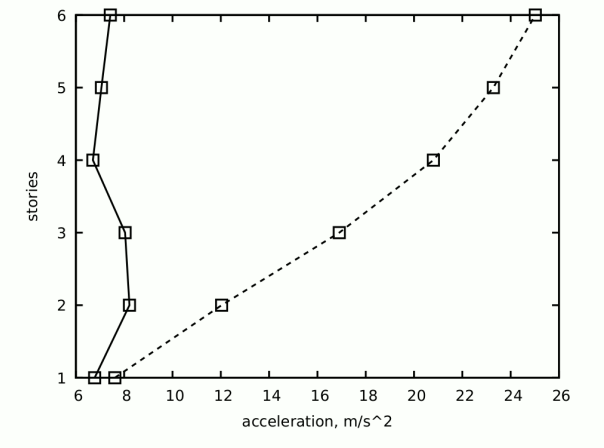


Fig. 5. Accelerations of the stories under the seismic load

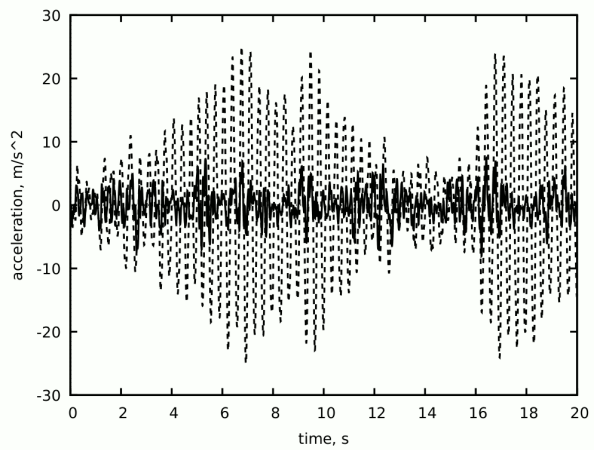


Fig. 6. Acceleration of storey 6

Conclusions. The analysis of the results shows that installing friction dampers at the optimal locations allows reducing the displacements of the stories up to 45 %, the interstorey drifts up to 50 % and the accelerations up to 70 %. The developed approach can be extended to various problems of the optimal design of buildings and structures.

Acknowledgement. This work is supported by EU Horizon 2020 project “A novel decentralized edge-enabled prescriptive and proactive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings”, grant ID 958284.

References

1. Soong T.T. and Dargush G.F. Passive energy dissipation systems in structural engineering. Chichester, New York : Wiley, 1997, 368 p.

2. Ontiveros-Pérez S.P., Miguel Letícia F.F. and Miguel Leandro F.F. A new assessment in the simultaneous optimization of friction dampers in plane and spatial civil structures. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2017, 2017, 18 p.

3. Ontiveros-Pérez S.P., Miguel L.F.F. and Riera J.D. Reliability-based optimum design of passive friction dampers in buildings in seismic regions. *Engineering Structures*. Vol. 190, 2019, pp. 276–284.

4. Nabid N., Hajirasouliha I. and Petkovski M. Adaptive low computational cost optimisation method for performance-based seismic design of friction dampers. *Engineering Structures*. Vol. 198, 2019.

5. Mordecai A. Nonlinear programming: analysis and methods. Mineola, New York: Dover Publishing, 2003, 512 p.

6. Ruszczyński A. Nonlinear optimization. Princeton: Princeton University Press, 2006, 464 p.

7. Simon D. Evolutionary optimization algorithms: biologically-inspired and population-based approaches to computer intelligence. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2013, 784 p.

8. Eberhart R., Shi Yu. and Kennedy J. Swarm Intelligence. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2001, 512 p.

9. Shinozuka M., Jan C.-M. Digital simulation of random processes and its applications. Journal of Sound and Vibration. Vol. 25, 1972, p. 111–128.

10. Kanai K. An empirical formula for the spectrum of strong earthquake motions. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*. Vol. 39, 1961, p. 85–95.

UDC 692.82:699.86

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF WALLS WITH WINDOW STRUCTURES

Mykola Savytskyi, Dr. Sc. (Tech.), **Viktor Kolokhov,** Cand. Sc. (Tech.),
Artem Sopilnyak, Cand. Sc. (Tech.), **Kostiantyn Shlyakhov,** Cand. Sc. (Tech.),
Andrii Tytiuk, Cand. Sc. (Tech.)
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. Not so long ago, wooden windows with double frames or twin frames were installed in our houses. And such windows had many cracks which created a draft and allowed dust to pass through. Since heating costs were relatively low at the time, no one paid much attention to this.

But over the time, realizing the timing of the depletion of energy sources and the rapid rise in prices for them, people began to spend money wisely on utility costs and count heat losses.

Thanks to modern technologies, today it is possible to manufacture sealed metal-plastic windows with a single-chamber or two-chamber glass unit. At the moment, the main advantages of metal-plastic structures are determined by glass, fittings and a profile that is used for the manufacturing of sashes and frames, as well as energy-saving glass coatings.

So, during the construction of new housing or its reconstruction, the windows must have the minimum permissible values of heat transfer resistance: − for the first temperature zone of Ukraine − 0.75 ($m^2 \cdot K$)/W, and the walls − 3.3 ($m^2 \cdot K$)/W [12].

This indicator can be easily ensured for walls, but it is not so simple and very expensive for windows.

Also, to increase comfort, it is necessary to take into account the fact that condensation can form on the surface of the glass units, and moisture can accumulate on the slopes of the window openings, leading to the destruction of the trim and the appearance of mold.

Modern conditions of comfort and periodic increases in energy efficiency requirements for enclosing structures make us constantly improve the construction of window filling. And one of these types of window construction is a double-frame window construction with modern metal-plastic windows spaced at a distance (by calculation) to ensure thermal conductivity and increase noise insulation.

Purpose of the study. Increasing the heat transfer resistance of translucent structures for filling window openings.

Main results. For some covering constructions with windows, thermal conductivity calculations were performed using the "Elcut 5" software package.

When determining the reduced resistance of heat transfer of the structure, the following materials were taken: material of the bearing wall − heavy concrete λ = 2.04 W/(m·K) for operating conditions B [1]; window 3-chamber PVC profile − 0.63 W/(m·K) [3]; air gap − 0.15 W/(m·K) according to table 12 (with a closed layer width of 5…30 cm) [4] taking into account the phenomena of convection and radiation; standard window glass − λ = 1.0 W/(m·K) [5].

As an initial constructive solution, the enclosing structure (according to Fig. 1) was adopted, the walls of which were made of large reinforced concrete wall blocks, wooden windows with double frames, and a reinforced concrete decorative U element.

As a result of the calculation in the "Elcut 5" software package, data on the temperature distribution isofields before (on the left) and after insulation (on the right), as well as the change in the heat flux, were obtained.

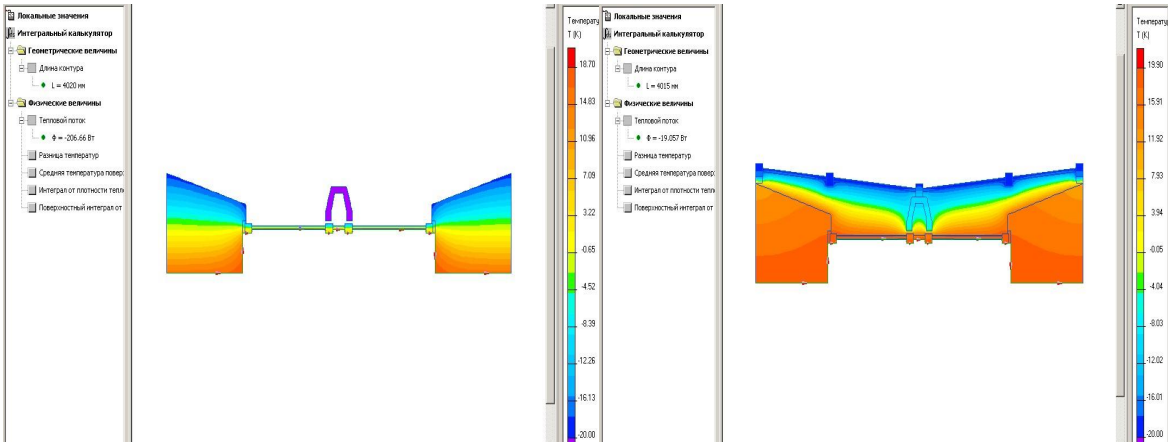


Fig. 1. Variant of a fragment of the enclosing structure before (left) and after (right) insulation with temperature distribution isofields

As seen in Figure 1, the heat flux decreased from 206 to 19 W, and, accordingly, the thermal conductivity coefficient of such a structure will decrease from 1.29 to 0.12 W/(m·K). At the same time, the reduced resistance to heat transfer increases from 0.31 to 3.36 (m^2 K)/W.

Conclusion. For enclosing translucent structures, the installation of an additional window frame increases the resistance to heat transfer, thereby reducing heat losses, the slopes become warmer, which prevents the formation of condensation on the window and the formation of fungus on the surface of the slopes.

References

1. *DBN V. 2.6-31:2006. Konstruktsiyi budinkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budIvel* [Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Ministry of Construction of Ukraine, 2006, 42 p.

2. СервисБУД 2000. URL: http://servisbud2000.com.ua/n100392-novye-trebovaniya-teploprovodnosti.html

3. *DSTU B V.2.7-130:2007. Budivelni materiali. ProfIlI polivinilhloridni dlya ogorodzhuvalnih budivelnih konstruktsIy. ZagalnI tehnIchnI umovi* [Building materials. Sealants for enclosing structures. General technical conditions]. Kyiv : Ministry of Construction of Ukraine, 2007, 38 p.

4. Malyavina Yu.G. *Teplopoteri zdaniya. Spravochnoye posobiye*. Moscow : «AVOK-PRESS», 2007

5. *DSTU B V. 2.7-122-2009. Budivelni materIali. sklo listove. Tehnichni umovi* (EN 572:2004, NEQ) [Building materials. Glass sheet. Specifications]. Kyiv : Ministry of Construction of Ukraine, 2010, 35 p.

6. Sopilnyak A.M. *Povysheniye teplozashchity ograzhdayushchey svetoprozrachnoy konstruktsii* [Increasing the thermal protection of the enclosing translucent structure]. Construction, materials science, mechanical engineering : coll. of scient. papers. Vol. 98, SHEE PSACEA; edited by V.I. Bolshakov. Dnipro, 2017, pp. 161−165.

7. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii, Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. Sustainable housing and human settlement : monograp. Dnipro − Bratislava : SHEE "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture" − Slovak University of Technology in Bratislava, 2018, pp. 94−101.

UDC 008:159.9

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL THINKING

Mykola Savytskyi, Dr. Sc., Prof.,
Marina Skladanovska, Dr Phil.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. The concept of sustainable development integrates environmental, social and economic components and provides for the creation of stable conditions for a healthy life for present and future generations in harmony with nature. The leading idea of sustainable development − the interaction of all segments of the population, scientific and cultural community in solving the most urgent problems of civilization: to ensure quality of life and preserve the environment, not only as a source of resources for future generations, but also as a biological condition of the species Homo Sapiens and spiritual development of human civilization. Taking into account the human factor and the possible consequences of human behavior − this is the main difficulty of predicting the development of mankind and the coevolution of man and nature. Greening the public awareness, education, thinking is the main condition for implementing the concepts of sustainable development of modern society.

Purpose of the study − an analysis of the importance of environmental thinking in implementing the concept of sustainable development and need of its formation and development in process of engineering education.

Main results. We consider the environmental thinking as the level of understanding of reality, forming conclusions as a result of reflection and motivation for further action. Theoretical and practical research allowed to determine the main components of the formed environmental thinking:

1. Developed logical thinking as a necessary tool for understanding information, its analysis and establishing patterns and relationships in the system "man-nature", "man-environment", the essence of the interaction of the biosphere and technosphere;
2. Developed figurative thinking associated with the aesthetic perception of the environment, with the process of transition of information into personally meaningful knowledge associated with one's own experience, images of his imagination and memory;
3. Creative thinking, characterized by originality, flexibility, non-standard approach to solving existing problems.

Environmental thinking is a systemic thinking that requires the study of not one factor, one aspect in the system "man-nature", but a set of relationships, interactions of abiotic and anthropogenic factors.

Of particular importance is the need for the development of environmental thinking in the process of forming professional thinking - a leading tool of engineering education. Priority in this area get new pedagogical models and technologies, methods and teaching aids that have a shape future competence at first as a specialist subject of sustainable development concept: problem teaching, dialogic, interactive forms, the development of reflexivity, creativity, logic reasoning. The most important are the ability and the need to acquire new knowledge, the independent cognitive activity, the ability to analyze unusual situations and based on this analysis, the knowledge gained by working in a team of professionals, make informed decisions and take responsibility for their consequences.

Results of the study are introduced to the work of the Laboratory of Environmental inculturation − the structural unit of the Ukrainian National Center for Environmental Architecture and Green Building, which is established in the Dnieper State Academy of Construction and Architects, in the development of innovative technology projects based on the synthesis of modern technical and humanitarian culture [2; 3].

Conclusions. The human factor is becoming decisive in the implementation of innovative projects and environmentally friendly technologies. The need for rigorous environmental expertise, the search for new creative solutions, mastering environmental thinking − this is a requirement for a modern specialist, for modern engineering education. The developed environmental thinking that allows us to conclude that the only way to resolve disputes and conflicts is through negotiations, the path of compromise, and the achievement of consensus. This way not only morally justified but also sensible from a pragmatic point of view: economic, political, ecological. Now we want to remember the words of our great compatriot V.I. Vernadskyi that the noosphere must be created [1]. It is a process that includes not only scientific knowledge, education, intellectualization of all spheres of human activity, but also the formation of democratic and social organizations of people capable of uniting humanity, social structures capable of ensuring the purposeful development of the biosphere and controlling these processes on a global scale.

References

1. Vernadskyi VI. Biosphere and noosphere. Moscow : Nauka Publ., 1989, 262 p.
2. Savitskyi M.V., Skladanovska M.G. and Kulichenko I.I. Modern eco-settlement : quality of life. Construction. *Materials Science. Mechanical Engineering*. Vol. 69, 2013.
3. Skladanovskaya M.G. Ecological inculturation International Book Market Service LTD. Member of Omni Scriptum Publishing Group, 2018, 200 p.

UDC 69:001.895(624.012.35)

3D PRINTING FOR A NEW CONSTRUCTION PROCESS ENTITLED "EGG SHELL"

Dmytro Bezverkhyi , Stud., **Vladyslav Fedyn** , Stud., **Anastasia Myslytska** , PhD Stud.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. Currently, methods of manufacturing building structures and products using a 3D printer becoming more and more popular. Such a technology for manufacturing structures consists in principe that a building or its individual structural elements can be constructed by layer-by-layer application of a concrete mixture using special computer programs [1]. Using of 3D printing allows you to reach a new level of creating objects of complex configuration using the necessary materials. With the help of construction 3D printers, you can create high-strength structures in shortest possible time, and reduce labor costs and production waste to a minimum [4].

Purpose of the study. Consists in a combination of large-scale robotic FDM printing with simultaneous pouring of fast-setting concrete.

Main results. Using this technique, the Zurich researchers, together with the German engineering firm Basler & Hofmann, planted a "tree of the future" in the courtyard of the company's headquarters. This model, in addition to others produced by the researchers, could well demonstrate the potential of the process for mass customization and optimization of structures within concrete architecture. (Fig. 1)

Fig. 1. Tree of the future, printed on a 3D printer

Concrete is the most widely used building material in the world. However, in order to be printable, it must be supported by formwork during solidification, which can be quite expensive, up to 50 percent of the material cost, or even more for non-standard elements [2; 3].

As a result, while concrete can theoretically be formed into almost any shape, standard, orthogonal structures remain the norm. And while 3D printing has shown promise for use in construction, the method's speed, limited scope, difficulty with reinforcement, and the inability

to produce thin printed structures that act as formwork to hold fresh concrete are hindering widespread adoption.

The early Smart Dynamic Casting (SDC) method, developed by a team of researchers in Zurich in 2014, assumed a different approach. Through using of a digital pouring process and concrete hydration control, the material that exit the moving formwork was able to bear the load of the overlying material. Although this process was faster than previous methods, the range of geometries it could produce also remained limited due to the complex mechanical controls required for dynamic movable formwork.

In an effort to leverage the advantages of the SDC process while eliminating its disadvantages, the Zurich-based research team developed the "eggshell" concept. The new technology combines large-scale robotic FDM 3D printing with an SDC-developed digital injection molding system. This allows for more complex structures with using a thin single-layer shell as formwork (Fig. 2).

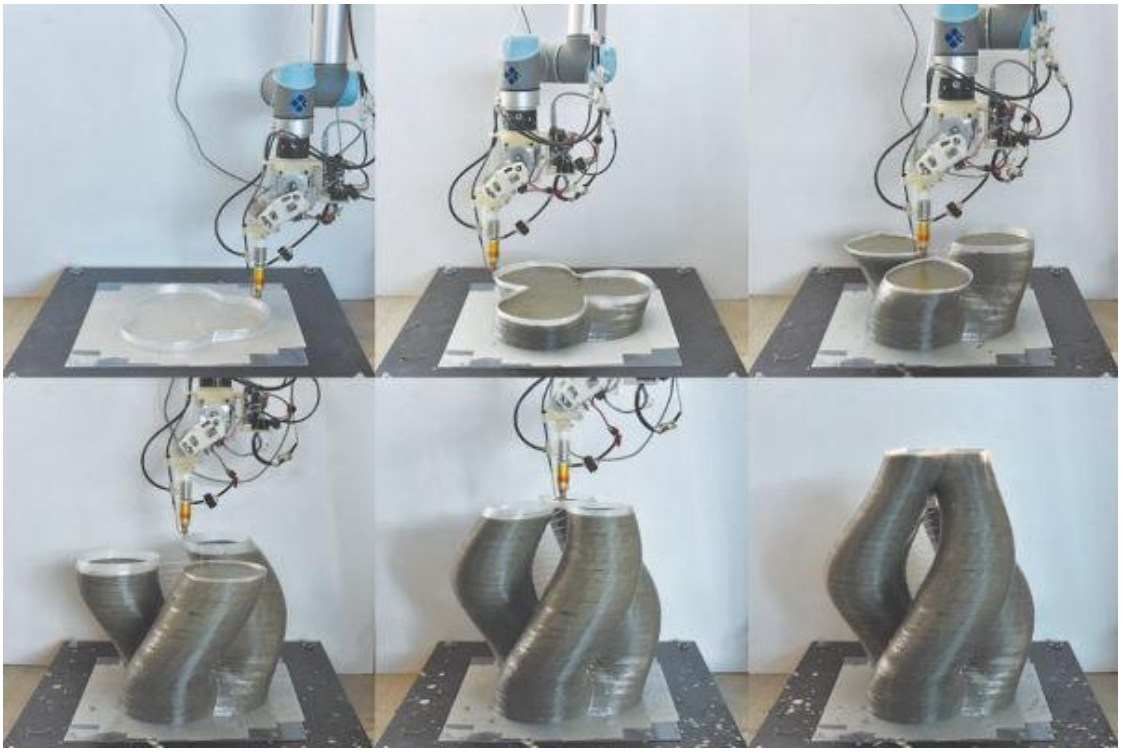


Fig. 2. SDC digital casting system

In order to try out the new technology, the Zurich-based researchers developed the concepts of "branching column", "twisted column" and "tree of the future". To create these concrete structures, the team used a robotic arm, controlled by specially designed Python software, which gave arm ability of printing out the formwork using a homemade extruder.

Conclusions. Researchers are now working to automate the process and strive to make the method more sustainable and financially viable. In addition, they came to the conclusion that it was necessary to develop a faster version of the method, which would prevent the joints of the created structures from drying out.

References

1. Базовые основы 3D печати [Электронный ресурс]. «Smart-Prynt» Все о 3D принтерах и 3D печати в Украине и в мире. 2016. URL: www.xn-3-htbdlzkhdq6g.com.ua/blog

2. ДСТУ Б V.2.7–214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

3. ДСТУ Б V.2.7–170: 2008. Бетони. Методи визначення середньої хустини, вологості, водопоглинання, пористості та водонепроникності. Київ : Держбуд України, 2008.

4. Хошневіс В. Автоматизоване будівництво за допомогою контур-зчеплення, пов'язана з робототехнікою та інформаційними технологіями. *Журнал автоматизації в будівництві.* 2004. Вип. 13, № 1. С. 5−19.

5. 3D друк бетоном в Україні, практичні досягнення та перспективи розвитку. *Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-цивільного, промислового та транспортного призначення : тези XVII міжнар. наук.-практ. конф*. (Одеса, 9–13 вересня 2019). Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2019. С. 20.

6. Савицький М., Конопляник О., Унчік С., Дукат С., Савицький А. Стійке житло та людське поселення. Матеріали для 3D будівельного друку : монографія. Під заг. ред. Савицького М. Дніпро – Братіслава : ДВНЗ ПДАБА – Словацький технологічний університет у Боратіславі, 2018. 263 с. (ISBN 978-966-323-182-2).

UDC 69:001.895

3D PRINTING IN INNOVATIVE HOUSE-BUILDING

Tymur Biliavskyi, Stud., **Anastasia Myslytska**, PhD Stud.,
Tetiana Nikiforova, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. 3D printing will soon become the most important tool in the construction industry around the world, so architects and designers are creating new housing projects that can be simply printed on a printer [1; 2].

Italian bureau Mario Cucinella Architects has unveiled an innovative house, designed on the principle of a wasp nest and 3D printed from clay with the addition of adobe.

Purpose of the study. Development of housing of the future with minimized negative impact on the environment.

Main results. A printed clay house can become an effective model of economically profitable and environmentally neutral housing in the face of a rapid increase in the world's population (each year it increases by 80 million people who need to live somewhere). Clay was named by architects as an ideal building material − fully recyclable, widely available, cheap and non-waste, with the possibility of almost universal use (fig. 1).

a *b*

Fig. 1. Innovative House "Wasp's Nest"

Outside, the "wasp" TECLA house has soft, rounded shapes, converging upward with a dome; the internal layout can consist of any number of residential and common premises in an arbitrary layout. The printed prototype shows an apartment with a living room and a separate bedroom. A huge window in the dome vault provides all rooms with natural light (fig. 2).

Fig. 2. Internal layout of the house "Wasp's nest"

The architects of the project argue that TECLA houses can be built both in the existing structure of the urban environment, and in the form of isolated and completely energetically autonomous eco-friendly settlements surrounded by wind turbines and solar farms, gardens and vegetable gardens.

Fig. 3. Eco settlement based on a house "Wasp's nest"

References

1. Базовые основы 3D печати [Електронний ресурс]. Все о 3D принтерах и 3D печати в Украине и в мире. «Смарт-Принт», 2016. URL: www.xn-3-htbdlzkhdq6g.com.ua/blog

2. Sustainable housing andhuman settlement. Materials for 3D construction printing : monograph. Editors:Savytskyi M., Konoplanik O., Unchik S., Dukat S., Savytskyi A. Under the general editorship Savytskyi M. Dnipro − Bratislava : SHEE “Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture” − Slovak University of Technology in Bratislava, 2018, 263 p. (ISBN 978-966-323-182-2).

UDC 624.97.014.2-472.2/012.45

THE ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF TOWER STEEL FRAMES ACCORDING TO THEIR DYNAMIC CHARACTERISTICS

Ihor Davydov, Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof., **Viacheslav Chaban**, Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof., **Tetiana Kovtun-Horbachova**, Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof.

State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. In Ukraine there are a lot of structures in operation which were calculated according obsolete standards. The periods of their service life exceed the periods of their design working life. The structures are damaged and the current loads exceed those that were designed. Moreover, their replacement is not planned.

The assessment methods of technical condition of load-bearing tower steel frames based on the comparative analysis of dynamic characteristics are developed [1]. The methods of structural dynamics analysis can be successfully applied to solve risk problems and durability problems taking into account the service life of a structure [1-4].

Purpose of the study. Steel space frames, such as water-cooling tower (27 m tall, with 9.5 m between the bands in the lower section and 6.8 m – in the upper section); technological structure with dynamic test facility of zero-gravity (18m × 18m, 40 m high); three-edged lattice tower of ventilation duct with cross diagonal web (113.5 m high, with 5.5 m outer diameter of gas exhaust duct inside the tower) were taken as survey items.

Methods of research – examination of technical condition of building structures according to [5]; measurements of structure vibrations with the use of Vibran devices of Interpribor company and seismic sensors; modeling and calculations by means of SCAD Office 21.1 software package.

The techniques to analyze dynamic characteristics of structures in order to evaluate fast technical condition of load-bearing structures is developed. The methods of practical evaluation of technical condition [5], methods of dynamic models, methods of dynamic calculations and tests, as well as forecasting methods of dynamic response of structure [1; 3; 4] were summarized to be the basis of this approach.

The comparative analysis in order to identify frequency and forms of vibrations before and after damage is performed. Processing of vibration records of free decreasing vibrations allows for the analysis of friction changes in construction (additional parameter for comparison). Computer models are specified according to the field measurements results of dynamic characteristics.

Main results. Interconnection between structural elements damage of different groups and dynamic characteristics changes of the item were detected.

The scheme of the water-cooling tower is shown in Fig.1.

Damage (failure) of horizontal truss elements causes the decrease in the frequency of principal mode. The forms with higher relative strain of horizontal trusses with up 1 Hz frequency instead of forms of higher relative strain of tower bands with 6.2…9.3 Hz frequency are displaced to the first place in frequency spectrum.

Damage of tower band elements leads to the decrease in the frequency of principal mode up to 15 %.

Fig. 2 shows that damage of vertical ties in columns gives lower frequency of principal mode. The forms conforming to 'tortional' (conditional twisting against standing axis) and specified by the curve of columns with up to 1 Hz frequency instead of the curved forms by analogy with cantilever bar with 2Hz−3Hz frequency are displaced to the first place in frequency spectrum.

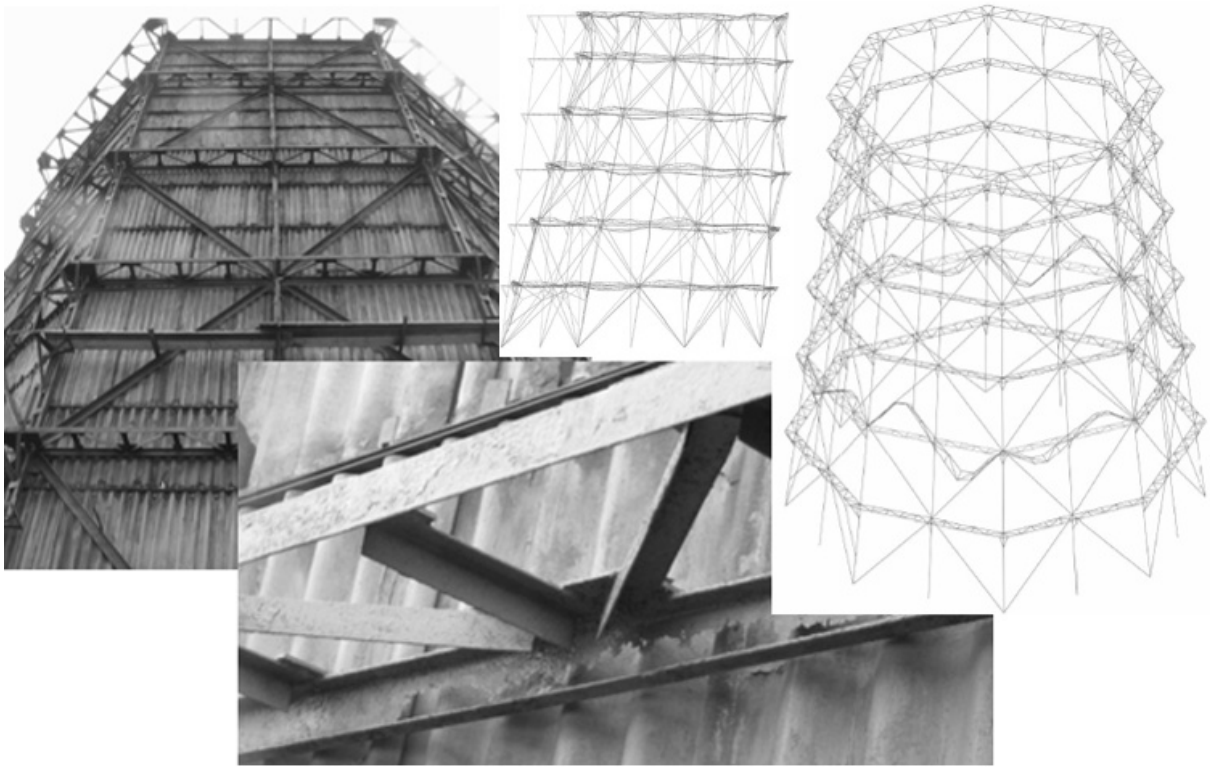


Fig. 1. Water-cooling tower, vibration mode variations of the damaged horizontal trusses

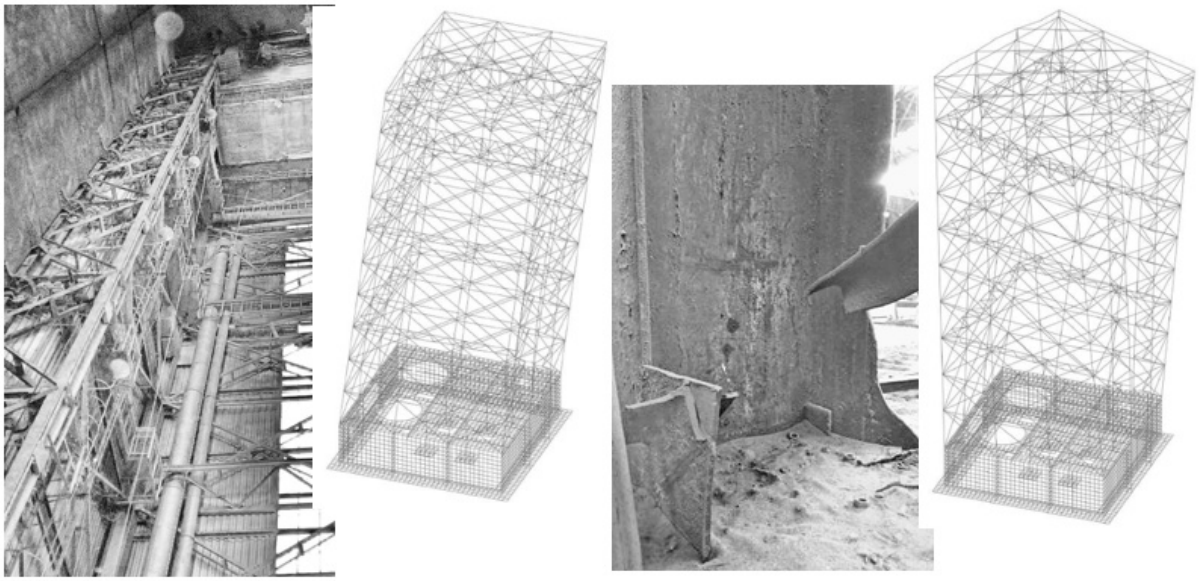


Fig. 2. Skeleton structure, vibration mode variations of the damaged X-brace columns

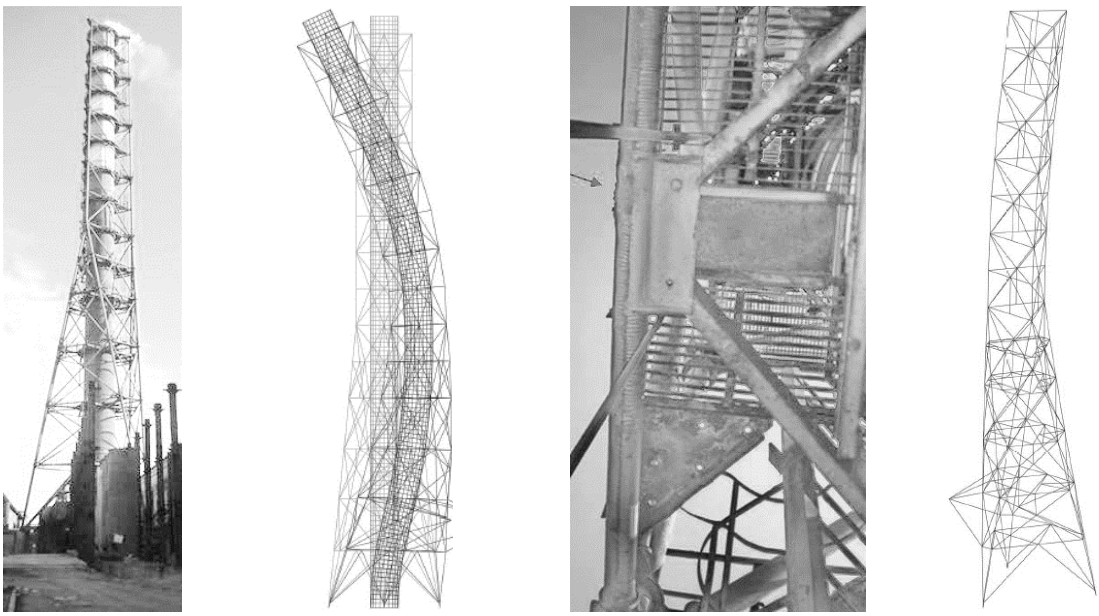


Fig.3. Ventilation duct power

Fig.3. shows that local failures leads to the local vibration mode in the beginning of the spectrum.

Conclusion. The variation analysis of dynamic characteristics allows identifying the group of damaged elements and separate units without detailed examination of the whole structure. Further recommendations concerning dynamic models and methods of vibration measurements will be given in the report. The atlases of vibration forms and frequency for certain types of standard construction units should be made. It will make possible not only to examine failures, but also to develop rational reinforcement ways without full durability test calculations at the initial stage.

References

1. Davydov I.I. and Linnik O.S. Estimation of the technical condition and strengthening of metal structures of the mobile communication mash. *Construction, materials science, mechanical engineering.* 2018, pp. 121−128. URL: http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/ 123456789/ 2961/1/DAVYDIV.pdf

2. Eremin K., Raizer V., Telichenko V., Kulyabko V. and other. Safety assessment of existing buildings and structures. Stockholm, Sweden : FSV Construction, 2016, 268 p.

3. Kulyabko V., Macarow A., Nechitailo O. and Yaroshenko D. Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping. *Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies*. Harvard University Press, 2015, no. 1 (7), pp. 520−530.

4. Lv Zhou, Jiming Guo, Xuelin Wen, Jun Ma, Fei Yang, Cheng Wang and Di Zhang. Monitoring and Analysis of Dynamic Characteristics of Super High-rise Buildings using GB-RAR: A Case Study of the WGC under Construction, China. *Appl. Sci*. 2020, no. 10 (3), 808. URL: https://doi.org/10.3390/app10030808

5. DSTU B B.2.6-210:2016. Assessment of the technical condition of steel structures in operation. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017, 80 p.

УДК 624.073

STRESS-STRAIN STATE OF COMPOSITE STEELCRETE BEAMS AT THE ASSEMBLY STAGE

Mykola Frolov, PhD Stud**., Anastasia Myslytska,** PhD Stud**.**
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. Nowadays constructions with using composite sections (concrete floors on a steel beams, for example) is a popular in building industry. Using the anchors, cross-section ensures interoperability and more efficient in terms of bearing capacity than a similar non-combined cross-sections made by same materials. Currently, many methods of calculating the composite cross-section have been developed, and conditions of stress-strain state were taken into account. This is led to very close to real results, with a minimum of errors. However, almost nothing is known about the effects that occur at the assembly stage, when the composite section of steel and concrete is not yet joined, the concrete has not yet hardened and has not gained its strength. For example, in such cases, during the hardening of the concrete mixture, the reverse bending of the beam was observed [1].

Purpose of the study is to investigate the redistribution of forces and the change in deflections during the stabilization of the concrete flange in the composite section.

Main results. A 19.5 m long steel beam with a cross section area 270.4 cm (wall height 1 400 mm, thickness 12 mm, flange width 320 mm, flange thickness 16 mm) and a Young modulus equal to E = 206 000 MPa were accepted for this study. A concrete flange with a thickness 0.225 m and a width 7.7 m, with a Young's modulus from 10 MPa (non-zero, insignificant value that will not lead to mathematical or software error in calculations with zero value) to 30,000 MPa (design value for reinforced concrete class C20 / 25), were accepted to simulate hardening of concrete mix. The strength of concrete varied from 0 to 17 MPa, in proportion to the changes in the Young's modulus. The finite element model was made in the PC "ANSYS", the load has been set as the own weight plus the weight of workers with the tool, whole load was 7.33 kN / m^2. The initial small step of Young's modulus was chosen, in order to detect the moment when the concrete flange and steel beam will combine into a composite section. An additional model was prepared, using not a solid concrete shelf, but prefabricated reinforced concrete multi-hollow slabs. The values of deflections and normal stresses were measured (according to Kondratyuk E.V. [2], during installation there are various effects of stress redistribution, the nature of which is still not precisely determined, which many confirms in foreign sources [3] by accepted coefficients). Measurements were made in the upper flange of the beam support section, the lower flange of the beam support section, and the lower flange in the middle of the beam span section, as the most stress points, when the Young's modulus of the concrete flange was 10, 50, 100, 500, 1 000, 5 000, 10 000, 15 000, 20 000, 25 000, and 30 000 MPa. All data have been entered in the table below.

The results shows a decrease deflections of the beam with a monolith reinforced concrete flange from 1.416 cm at 10 MPa of Young's modulus to 0.387 cm at 30,000 MPa of Young's modulus, with a rapid changes in values up to 1000 MPa, and slow changes after 5 000 MPa. The values of normal stresses in the upper flange of the beam support section were changed from 264.81 MPa to 11.795 MPa, in the lower flange of the beam support section were changed from 245.46 to 123.74 MPa, and in the lower flange in the center of the span were changed from 74,479 MPa to 31.662 MPa. For the beam with a slabs flange, the values of deflections were 0.725 cm at 10 MPa, and decreased to 0.576 cm at 30,000 MPa. The normal stresses in the upper flange of the beam support section decreased from 107.46 MPa to 65.348 MPa, in the lower flange from 131.49 MPa to 111.3 MPa, and in the center of the span in the lower flange values were changed from 55.876 MPa to 47.273. Was also founded, when the Young's modulus increases to 1000 MPa, the values almost do not change, when increased to 5 000 MPa, are large changes in the values is occurs, and then stabilize again.

Table

Model	Young's modulus, MPa	% max *E*, MPa	Deflection, cm	Normal stresses, MPa		
				Support section upper flange	Support section lower flange	Center of the span lower flange
Monolith	10	0,033	1.416	264.81	245.46	74.479
	50	0,167	1.325	251.62	242.31	73.553
	100	0,333	1.31	246.66	239.15	72.239
	500	1,667	1.165	198.46	223.81	66.555
	1 000	3,333	1.066	167.27	218.03	62.038
	5 000	16,67	0.72	68.496	184.05	48.562
	10 000	33,33	0.581	42.173	162.89	42.117
	15 000	50	0.506	28.403	148.88	38.145
	20 000	66,66	0.457	21.342	137.65	35.173
	25 000	83,33	0.422	16.758	130.12	33.439
	30 000	100	0.387	11.795	123.74	31.622
Slabs	10	0,033	0.7246	107.46	131.46	55.876
	50	0,167	0.7242	106.23	129.82	55.983
	100	0,333	0.7266	105.66	128.46	56.276
	500	1,667	0.7224	101.77	133.39	56.374
	1 000	3,333	0.7178	99.017	129.47	56.111
	5 000	16,67	0.686	88.354	123.91	53.917
	1 0000	33,33	0.659	80.965	120.33	51.889
	15 000	50	0.636	76.181	117.55	50.364
	20 000	66,66	0.617	71.978	115.26	49.141
	25 000	83,33	0.594	68.663	113.372	48.207
	30 000	100	0.576	65.348	111.49	47.273

Conclusion. Based on the research, we can say that the largest changes between the values of deflections and stresses occur in the concrete flange between 1 000 and 5 000 MPa of the Young's modulus. These experiments also showed that the using the slabs as a fixed formwork is more appropriate for composite cross-section of the beam than a monolith floor on a profiled sheeting. It is especially important in cases where it is impossible to install inventory pillar, or the duration of installation is too long.

References

1. Zamaliev F.C. Stress-strain state of a steel-reinforced concrete structure at the construction stage. *KazSABU News*. Kaz. : KazSABU, 2011, no. 1.

2. Kondratyuk E.V. Features of design and calculation of steel-reinforced concrete beams with free support of slabs. *Coll. of scient. works*. Kyiv : UkrNDPISK named V.M. Szymanowski, 2013, no. 11.

3. Jhonson R.P. Composite Structures of Steel and Concrete. *Beams, slabs, columns, and frames for buildings*. Blackwell Publishing, 2004, 230 p.

A REVIEW OF USING VIRTUAL REALITY FOR AS-BUILT QUALITY CHECKS AND SAFETY TRAININGS ON THE CONSTRUCTION SITE

Tomáš Funtík, Ing., PhD, **Pavol Mayer,** Ing.
Department of Building Technology,
Faculty of Civil Engineering at Slovak University of Technology in Bratislava

Problem statement. Architectural and construction companies become increasingly digitized and more efficient nowadays because of implementation of technologies like Building Information Modeling used in design, bid and construction processes, Terrestrial Laser Scanning (TLS) used on the projects of reconstruction, renovation but even for construction quality control and Photogrammetry intended for construction changes recording. [5; 6] Virtual reality (VR) in construction industry is commonly used for photorealistic walk-through project experience of the clients in early phases of design processes in architectural offices. There is belief, that VR technology could be also more adopted by contractors by using it for controlling processes and health and safety checks on the field. [1; 2; 3; 5]

Purpose of the study. Virtual reality environment is a great way for experiencing future projects and even different possible situations on them. The ability to walk, turn your head, catch, and manipulate with objects is highly immersive and natural for users. There are several studies, that confirm the positive impact of VR for construction purposes. It is used for safety education, project site management, clash detection, scaffolding control, virtual meetings on the construction and so on. [1; 3; 6] Thanks to increased level in efficiency in data processing in terrestrial laser scanning, photogrammetry and their interoperability with mobile devices, BIM software and CDE systems, there is even more possibilities for the use of these technologies in conjunction with virtual reality on the construction site [1; 4].

Maine results. In the last decade there was a significant improvement in data creation and in their processing. Not only hardware: computer parts, mobile devices, laser scanners, total stations, 360-degree cameras, VR headsets etc. was considerably improved, but also software for Building Information Modeling, point cloud processing and Common Data Environment has evolved. Thanks to this evolution, we can work with bigger data, process them much faster and create algorithms for thousands repetitive or checking tasks. [5] There is impressive study where the point cloud data from construction site were used for creation of algorithm for identification and evaluation of potential fall and cave-in hazards. [4] Falling hazard is one of the most common on the construction sites worldwide and is also one of the control processes on the field. According to [2] is construction safety training the second largest application area of using virtual reality in construction engineering education and training. There is several software for displaying point cloud data in virtual reality, but usually the user have to use more than one of them for accomplishment of this task − e.g. after the laser scanning, user have to import point cloud into the BIM design software and then create an export to virtual reality environment, that he can display in visualization or VR application. These processes are often too complicated and takes too long, so the engineers just prefer to check the models and point clouds in their desktop software. If these processes would be less time consuming, the VR safety trainings displaying the latest point clouds from the construction site could be immensely helpful and could lead to an increase in the safety level on the field. Nowadays, contractor often use 360-degree cameras, that capture construction progress and changes periodically. There are several software and CDE systems, that allow 360 photos collections, walk through these pictures, and their split screen comparison with a BIM model. These photos can user easily display in his VR headset, but there is lack of BIM model, so he cannot compare the as-built condition (360 photo) with a required one in project (BIM). Both mentioned technologies (TLS and photogrammetry) are largely used for dimension, flatness and deviation checks on as-built structures. Several studies of VR experience declare that the environment is incredibly immersive, and the users can detect errors and abnormalities efficiently [1]. It is probable, that combination and interoperability of

mentioned technologies would increase the quality of the as-built controlling processes and health and safety defects checks on the construction site.

Conclusion. Despite the significant evolution in hardware and software and the increasing amount of technology used in construction industry in last decade, there is still lot of space for improvement of software interoperability in the issue of virtual reality usage for displaying overlays of BIM models and laser scans or 360-degree as-built photos in virtual environment. However, these technologies can be in VR environment very well applied by construction site professionals for as-built structure quality controls, health and safety checks and trainings, as well as for virtual coordination and control days. It is therefore clear, that research and development in these areas could significantly improve their efficiency and quality.

References

1. Wang P., Wu P., Wang J., Chi H.-L. and Wang X. A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Education and Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2018, vol. 15, p. 1204.

2. Getuli V., Giusti T., Capone P., Sorbi T. and Bruttini A. A Project Framework to Introduce Virtual Reality in Construction Health and Safety. *New Frontiers of Construction Management Workshop.* 2018, vol. 09, no. 13.

3. Goedert J.D. and Rokooei S. Project-based construction education with simulations in a gaming environment. *Int. J. Constr. Educ. Res.* 2016, vol. 12, pp. 208−223.

4. Wang J., Zhang S. and Teizer J. Geotechnical and safety protective equipment planning using range pointcloud data and rule checking in building information modeling. *Automation in Construction.* Vol. 49, 2015, pp. 250−261.

5. Hardin B. and McCool D. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, Second Edition.* New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2015. ISBN 9781-118-94276-5.

6. Funtik T. et al. Building Information Modeling − Informacne modelovanie stavieb. Bratislava. VYDAVATEESTVO EUROSTAV, spol. s.r.o., 2018. ISBN 978-80-89228-56-0. (in Slovak).

UDC 691.328.44

INNOVATIVE BUILDING MATERIALS: SELF-HEALING CONCRETE

Oleh Makarenko, Stud., **Anastasia Myslytska**, PhD Stud.,
Kostiantyn Shlyakhov, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. The emergence of innovative technologies in production and construction is an integral part of scientific progress. The purpose of creating new or modernizing the fear of technology is the human need for a cheaper, more environmentally friendly and reliable material.

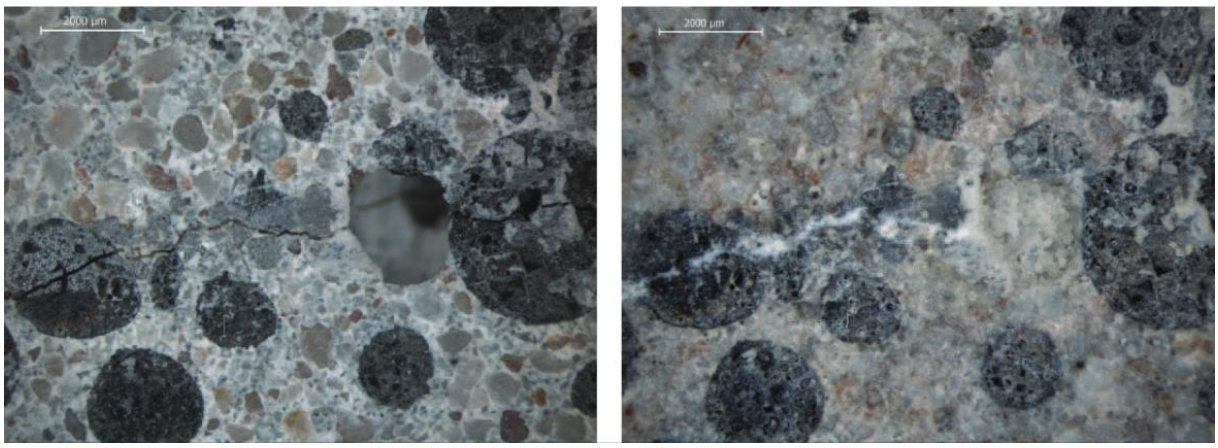
Purpose of the study. The aim of the work is to study today innovative building materials.

Main results. Self-healing concrete could solve the problem of the deterioration of concrete structures long before the end of their service life. Concrete is still one of the main materials in the construction industry, from building foundations to bridge structures and underground car parks. Tiny cracks on the surface of the concrete make the entire structure vulnerable, when water gets in, the concrete collapses and corrodes the steel reinforcement, which significantly reduces the life of the structures (Fig. 1).

Fig. 1. Destruction of concrete and corrosion of reinforcement

The job of bio-concrete is that specially selected bacterial species of the genus Bacillus, along with calcium nutrients known as calcium lactate, as well as nitrogen and phosphorus, are added to the concrete ingredients when it is mixed. These self-healing agents can sleep in concrete for up to 200 years. However, when the concrete structure is damaged and water begins to seep through the cracks that appear in the concrete, bacterial spores will germinate on contact with water and nutrients. Once activated, the bacteria begin to feed on calcium lactate [1].

As bacteria feed on oxygen, it is consumed and the soluble calcium lactate is converted to insoluble limestone. Limestone hardens on the cracked surface, thereby compacting it. Oxygen consumption during bacterial conversion of calcium lactate to limestone has an additional advantage. Oxygen is an important element in the corrosion process of steel, and when the bacterial activity has completely consumed it. This increases the durability of steel reinforced concrete structures (Fig. 2).



a *b*

Fig. 2. Self-healing of concrete: a) before, b) after

Two parts of the self-healing agent (bacterial spores and calcium lactate based nutrients) are injected into the concrete in the form of separate expanded clay granules 2…4 mm wide, which ensures that the agents are not activated during the cement mixing process. It is only when the cracks open the granules and the incoming water brings the calcium lactate into contact with the bacteria that they become active.

The disadvantages of self-leveling concrete are, firstly, clay granules containing a self-healing agent make up 20 % of the concrete volume. This 20 % is usually a denser aggregate such as gravel and this weakens the concrete by 25 % and significantly reduces its strength. The second significant drawback is its cost, which is almost twice the cost of conventional concrete [2; 3].

Conclusions. Based on the foregoing, that for the further development and application of bioconcrete on an industrial scale, it is necessary to eliminate the above disadvantages, as well as for the operation of bioconcrete in aggressive environments, it is necessary to find bacteria that can survive in an extreme alkaline envirnment. Cement and water have a pH value of up to 13 when mixed together, usually a hostile environment for life: most organisms die in an environment with a pH of 10 or higher. It is necessary to find microbes that thrive in an alkaline environment.

References

1. СКЕЙЛС. Все об измерениях, единицах и системах измерения. URL: https://scales-nn.ru/samovosstanavlivayushiysja-beton-biobeton.html

2. ДСТУ Б В.2.7. – 214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої щільності, вологості, водопоглинання, пористості та водонепроникності. Київ : Держбуд України, 2008. 41 с.

UDC 692.526:624.012.35

WOODEN-CONCRETE FLOORS AND THE PROBLEM OF JOINT WORK OF WOODEN AND REINFORCED CONCRETE ELEMENTS OF STRUCTURES

Anastasia Myslytska, Postgrad. Stud., **Mykola Frolov**, PhD Stud.,
Mykola Savytskyi , Dr. Sc. (Tech.), Prof.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. The connection of a concrete slab and wooden beams is very important, therefore, the joint operation of the composite floor depends on the correct choice of the type of connection.

Purpose of the study. When a concrete slab rests freely on a beam, then the friction between the materials is considered insignificant, in this case, under load, the beam and the slab will work separately, since slippage will occur between them. Slippage can be reduced by installing connectors between timber and concrete. In turn, the prevention of slipping inevitably leads to a decrease in vertical movement. Thus, by connecting two elements together, their combined bending stiffness can be increased. This phenomenon of thes two components working together is known as composite action [1; 2].

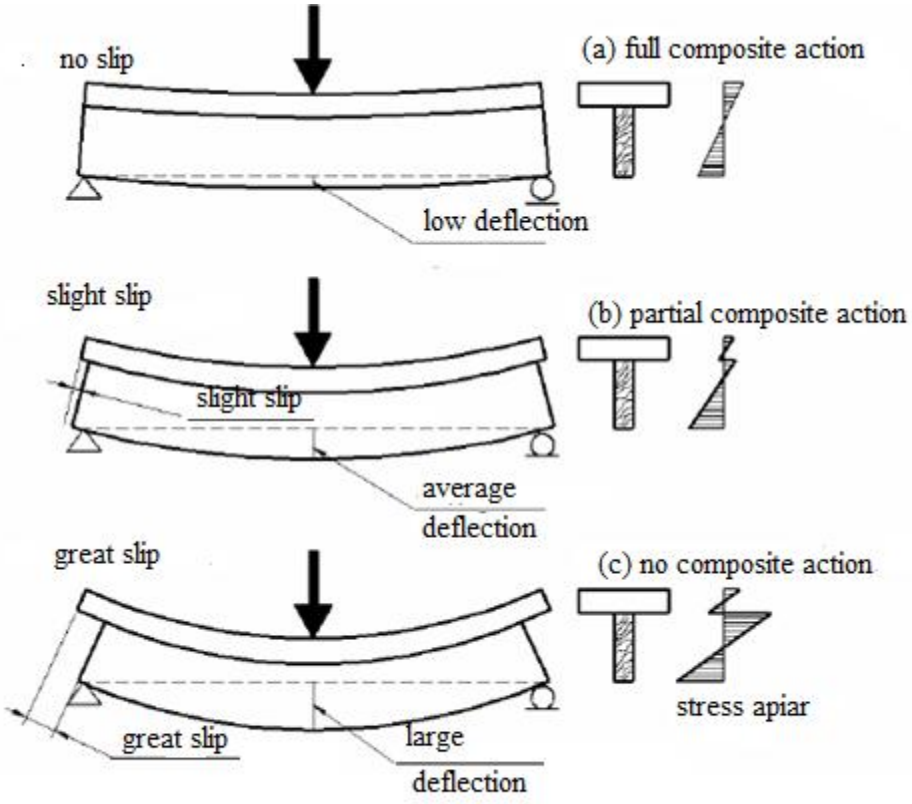


Fig. 1. Types of composite actions

Of course, the degree of composite action increases with the stiffness of the joint. The degree of composite action may differ from composite action without bonding, full composite action for an infinitely rigid bond.

The higher cross-section of the composite member compared to the cross-sections of its individual sub-members results in a longer internal moment. Consequently, the normal stresses resulting from an arbitrary external load are reduced within the structure. For a very rigid connection, the result is a state in which the concrete slab is mainly subjected to compressive

forces, while the tensile stresses are concentrated in the timber part (Fig. 1). Thus, the materials of the composite section are used as efficient as possible [3].

It should be emphasized that the correlation between the flexural stiffness of a composite structure, often referred to as effective flexural stiffness, and the stiffness of a joint is not linear.

Main results. Thus, it can be argued that an important part of any composite structure is the connection between its elements. This component is usually called a connecting element, its main function is to connect the component parts of the section and work in shear. Low load-bearing capacity of the connecting element can lead to destruction of the entire composite structure. The stiffer the connection between the slab and the beam, the higher the bearing capacity of the connecting element must be, since the effect of shear forces increases with the stiffness of the connection. At the same time, the low bearing capacity of the connecting element can be compensated by increasing their total number.

The connecting element, in addition to ensuring the rigidity of the composite parts and high bearing capacity, must have the ability of elastic-plastic deformation under the load exceeding its bearing capacity. The ability of elastic-plastic deformation of the connecting element allows to warn of the inevitability of the destruction of the composite structure. Since the destruction of concrete in compression and wood in bending is considered brittle, the most desirable option for the loss of the bearing capacity of a composite section is considered to be the destruction of the structure along the connecting elements with a short plastic deformation. This type of failure will lead to a slow increase in the deflection of the composite structure prior to failure [4].

The bearing capacity, joint stiffness and elastic-plastic deformation of the bearing element are determined by symmetric or asymmetric shear tests.

Conclusions. Based on the analysis of the means of ensuring the joint operation of structural elements of different physical and mechanical characteristics, it was found that an important part of any composite structure is the connection between its elements. The combination of constituent elements in the structure is performed by the connecting element, its main function is to work in shear. Low load-bearing capacity of the connecting element can lead to destruction of the entire composite structure. The more rigid the connection between the slab and the beam, the higher the bearing capacity of the connecting element must be, since the influence of landslide forces increases with the stiffness of the connection.

References

1. EN 1995-1-1:2004+A 1:2008 (E). Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General-Common rules and rules for buildings.

2. Мельников Ю. О. Виснаження несної здатності об’єднаних деревобетонних балок. *Праці Сиб. АДУ*. 1968. № 1. Pp.75−79.

3. Deam B., Fragiacomo M. and Buchanan A. Connections for composite concrete slab and LVL flooring systems. Materials and Structures. 2008, vol. 41, pp. 495–507. URL: DOI 10.1617/s11527-007-9261-x.

4. Lukaszweska E., Ghelfi C. and Guarini N. Experimental tests of nail and screw connectors fortimber concrete composite deck. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).*Vol. 10, iss. 03, March 2019. ISSN Online: 0976-6316.

EXTENSIVE ROOF GREENERY QUESTIONED

Roman Rabenseifer, Dr., **Jozef Oláh**, Prof., **Šimon Vacek**, Ing., **Matej Holečka**, Ing.
[1] *Faculty of Civil Engineering,*
Slovak University of Technology in Bratislava

Problem statement. The green roofs are mostly seen as architectural components having a positive influence on quality of life, particularly in urban settlement structures. This positive effect is manifested at the macro level through improving air quality and also reducing effect called urban heat islands and at the very buildings by raising their interior comfort, especially floors directly under the roof. The precondition for effectiveness at macro level is particularly healthy green converting carbon dioxide to oxygen, casting a shadow on the flat roof and moisturizing surroundings in the summer. In the winter, it has particularly aesthetic and psychological importance. The care of greenery is of paramount importance, while in larger areas it may also be quite costly affair. The operation of green roofs may over time exceed possibilities of small investors, which is then reflected in a gradual decline of greenery and counterproductive change of the roof into a dusty surface with negative impacts in the environment (Fig. 1). A correct design of greenery reflecting the roof structure and location of the building is therefore very important.

Fig. 1. Failed extensive roof greenery

In terms of the quality of the internal environment the greenery itself is more or less non-significant factor, a more important role plays the substrate, which can contribute to the thermal protection of the internal environment in the summer and winter as well. In summer, it is especially its ability to accumulate solar radiation and thus prevent overheating of the under-roof space. In winter time period, the substrate is contributing to the improvement of thermal resistance of the roof structure, even though it has to be ignored within calculation of the roof's thermal resistance as it is not its integral part. From legal point of view, hence, an improved thermal protection of under-roof spaces is a secondary effect of the green roof and as such should not play a major role in the decision-making process during the green roof design (even though in case of wooden roofs it can be quite an important factor). More important is to consider

whether the cost of its construction and operation will return in the form of more attractive and healthier environment, but this is easier said than quantified.

Purpose of the study and main results. The essence of green roof is greenery and its positive health and aesthetic effects on humans. It can, however, only be achieved, if the greenery is truly functional. Under the climatic conditions of Central Europe with four approximately equal seasons, cold winters and relatively warm, and often dry, summers are the plants in artificial conditions, under which the green roof can be considered, subject to extreme temperature fluctuations. Even plants typical for the Central European area that thrive in this environment can be difficult to survive. In contrast to the plant roots in the normal ground, the temperature of which oscillates at one meter depth under the ground surface between 0° and approx. 16° of Celsius, i.e. in the range of approx. 16 Kelvin, the roots of greenery planted in roof's substrate are exposed to a much wider temperature range. Using an example of typical green roof with extensive greenery (substrate thickness between 6 and 12 cm [1]) the case study shows the course of temperatures in the substrate of green roof during the common winter and summer days and compares it with the temperature course at the same depth below the surface of the common ground.

The contribution introduces possible ways to address the above issue, starting with the selection of suitable plant species, through year-round care, for example by summer irrigation and winter protection, up to creation of a constant temperature of the substrate with heated / cooled ceilings under the roof layers. The last method is predominantly tested in overseas, in Central Europe would be likely to encounter administrative difficulties as this type of roofing does not contain thermal insulation and therefore would not reach the required level of thermal resistance without the use of a heating system. We refer to it for the sake of completeness of the topic (such roofs could be used above unheated spaces, e.g. garages). In order to demonstrate the performance differences among different roof compositions the results of dynamic simulation of compared roofs backed by some on-site measurements will be introduced in the accompanying presentation.

Conclusion. Even though extensive vegetated roofs are considered (and promoted) in Central Europe as maintenance- and irrigation-free they need both – a year round maintenance and regular irrigation during summer months. When creating details, special attention must be paid to fire safety, protection against the growth of roots, and the selection of suitable plants (not simply some kind of succulents). The design of green roofing is a complex matter, which requires highly professional attitude and strong cooperation between architect / planner on the one hand and garden designer on the other hand. Even though there is not too much standardization and legislation regarding the roof vegetation, the recommendations of specialized professional associations should be kept.

References

1. Čermáková, B. and Mužíková, R. *Ozeleněné střechy* (Green Roofs). Published by Grada Publishing, a.s., Prague, Czech Republic, 2009, 246 p. (in Czech)

2. Oláh, J., Rusnák, R., Urbánek, M. and Žiak, V. *Konštrukcie pozemných stavieb III: Strechy budov* (Building Construction III: Roofs of Buildings). Bratislava: Nakladateľstvo STU (STU Publishing House), 2013. 205 p. (in Slovak)

3. CAPSOL, v.4.0. *Computer Program to Calculate Multi-zonal Transient Heat Transfer,* © 2002 Physibel.

UDC 331.44:628.98

IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN CREATION OF OPTIMAL WORKING CONDITIONS ACCORDING TO THE LIGHT ENVIRONMENTAL FACTOR

Olena Rabich, Ph. D., Assos. Prof., **Iryna Mescheryakova**, Assist.,
Larysa Chumak, Ph. D., Assoc. Prof., **Ludmyla Laukhyna**, Ph. D., Assoc. Prof.,
Tetiana Velykokhatska, ophthalmologist of the highest category
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Problem statement. The implementation of the concept of sustainable development as an energy-efficient, balanced, environmentally friendly construction with a comfortable lighting environment involves a harmonious combination of resource use (natural light) and aspects of technological development (artificial sources). Since natural light is the most favorable for humans, the subject of the study was the impact of artificial lighting on human performance in the process of work [1].

A person receives up to 90 % of information through sight. V. Vavilov said that "the eyes are a remote part of the brain", so the creation of a comfortable light environment is a priority for the implementation of the concept of sustainable development in occupational safety.

According to the source of origin, there are two types of lighting in the room: natural and artificial. The natural light environment in the workplace is provided by the spatial planning solution of the room and the flow of natural light through the openings. Indicators of artificial lighting are mainly determined by the choice of lamp in the lamp. Priority solutions are the use of fluorescent or LED lighting.

Purpose of the study. **Staging an experiment.** The main indicators of efficiency are the speed and accuracy of the task. The employee focuses on the task, increases the tension of the central nervous system, emotional state, so for the reliability of the results selected the following research criteria:

1. The choice of methods of analysis of the psychophysiological state of the employee, which determines the indicators of human performance: concentration, quality of information processing, thinking process.

2. Light environment parameters:

a) levels of illumination of the workplace according to DBN B.2.5-28: 2018 and the international standard DSTU EN 12464-1: 2016 (EN 12464-1: 2016, IDT) [2; 3] from the minimum normalized to physiological comfort, obtained by scientists in branches of physiology [4; 5];

b) types of light source: natural (as a standard). Artificial: fluorescent and LED in the same levels of lighting;

c) the value of the color temperature of the LED lighting on the plane of the work surface.

Maine results. **Conducting an experiment.** Analysis of methods for studying visual performance and psycho-emotional state allowed to choose the one that adequately reflects the concentration of attention, the thought process - the Bourdon test. The paper contains 81 columns with 30 different shapes in each. Task: according to the sample, which is located at the top of the column, you need to select and cross out the figure in 12 seconds. (According to the test results it was determined: the number of processed lines, the number of errors in each line, the amount of unprocessed information) [6; 7].

Performance assessment was performed on the coefficient of productivity ($K_{\text{П}}$), which was calculated by the formula:

$$K_n = \frac{П - О}{Т},$$

where: $П$ − the number of characters viewed; O − number of errors; T − task execution time.

The higher the figure $K_П$, the higher the labor capacity labor capacity at short-term labor intensity.

Every 12 seconds the column work ended and started with a new row. This allowed at the end of testing to determine the speed during the proposed dosing load. Indicator of concentration E, was determined by the formula:

$$E = S\frac{\Sigma}{\Sigma + O},$$

where: S − the number of characters that were viewed; Σ − the number of missing characters; O − the number of correctly crossed out characters.

The smaller the figure E, the higher the efficiency at long-term labor intensity.

The study involved men and women aged 18 to 65 years, a total of 500 people. A total of 1,500 tests were processed. The study was conducted in groups of 10 employees.

The time of the study was selected, which was conducted with individuals in a state of average stability (from 14.00 to 15.00), according to the psychology of work, according to the self-assessment of psycho-emotional state (SAN scale) from 5 to 9 points. The experiment was conducted in the spring and summer, which is characterized by increased human activity and high levels of natural activity.

Light levels were measured using an instrument CHROMA METER ST520. The measurement was performed immediately before the experiment and again every 3 minutes until the end of the experiment.

Experimental studies on the effect of light parameters on the employee were conducted in 3 stages.

Stage I. Natural light environment. The experimental group of workers performed testing in the workplace in the ranges of lighting levels (300, 400, 500, 600, 750, 1000 lux). After testing, employees did not feel fatigue or overexertion (on a scale of SAN 7-9 points), the average number of errors - 16. Parameters of performance: $K_П = 2,5$; $E = 70,56$.

Stage II. Artificial lighting environment equipped with lamps with fluorescent lamps. The experiment was conducted in a specially selected room without light openings, so that natural light does not affect the psycho-emotional state. The walls are painted yellow to maintain the call sign mood. The room is equipped with lamps with fluorescent lamps. The level of illumination varied in lamp power in the range of 400...750 lux. Number of errors − 17. Performance parameters: $K_П = 2,3$; $E = 136,25$.

After testing, employees felt stress, fatigue, assessed the psychological state on a scale of SAN 3...5 points.

Stage III. Artificial lighting environment with CD lighting system. The same room was used for the experiment as in the second stage. Fluorescent lights off. LED lamps are connected. The level of illumination also varied the lamp power in the range of 400...750 lux. Number of errors − 15. Performance parameters: $K_П = 2$; $E = 65,8$.

Conclusion

1. On the basis of the analysis of modern scientific researches of visual working capacity and existing methods of definition of their parameters, it is expediently chosen and artificially created conditions of the stated researches providing reliability and validity of experiment.

2. Indicators of working capacity of the employee increase in the range of 600...700 lux, which is consistent with scientific physiological studies of visual performance. Such levels of illumination in the workplace are provided only by adding artificial light sources in the morning and evening.

3. Productivity at short-term influence of tension is more with use of fluorescent lamps.

4. Indicators of concentration of attention of workers at long-term pressure in work are higher at use of LED lighting in the same range of levels.

5. The use of LED lighting in the workplace not only saves electricity, but also increases occupational safety, which corresponds to the concept of sustainable development as a balanced human life.

References

1. Rabich O.V., Chumak L.O. and Meshcheriakova I.V. Problema stvorennia bezpechnoho ta komfortnoho svitlovoho seredovyshcha na robochomu mistsi.*Visnyk DVNZ PDABA* [Bulletin of PSACEA]. 2018. no. 5, pp. 245−246. (in Ukrainian).

2. DBN V.2.5-28:2018. Pryrodne i shtuchne osvitlennia. Zatverdzheno Nakazom Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 03.10.2018, no. 264. (in Ukrainian).

3. DSTU EN 12464-1:2016 (EN 12464-1:2016, IDT). Svitlo ta osvitlennia. Osvitlennia robochykh mists. Chastyna 1. Vnutrishni robochi mistsia. Zatverdzheno Nakazom Derzhavnoho pidpryiemstva «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i nachalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti» (DP «Ukr NDNTs») vid 28.12.2016, no. 456. (in Ukrainian).

4. Ronky L.R. O ezhednevnoi yzmenchyvosty zrytelnыkh funktsyonalnыkh vozmozhnostei. Svetotekhnyka [Lighting engineering]. 2009, no. 6, pp. 21−27. (in Russian).

5. Van den Beld H. *Svet y zdorove* [Light and Health]. *Svetotekhnyk*a [Lighting engineering]. 2003, no. 1, pp. 4-8. (in Russian).

6. Rabich O.V. and Meshcheriakova I.V. Vykorystannia metodyk psykhichnoi diialnosti pratsivnykiv dlia stvorennia spryiatlyvoho svitlovoho seredovyshcha. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. Seriya: Sozdanie vysokotekhnologicheskih ekokompleksov v Ukraine na osnove koncepcii sbalansirovannogo (ustojchivogo) razvitiya*. Vol. 99, 2017, 228 p., pp. 141−146. (in Ukrainian).

7. Rabich O.V., Chumak L.O. and Meshcheriakova I.V. Vplyv svitlovoho seredovyshcha na zorovu pratsespromozhnist operatora. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. Seriya: Komp'yuternye sistemy i informacionnye tekhnologii v obrazovanii, nauke i upravlenii*. Vol. 101, 2017, 239 p., pp. 160−165. (in Ukrainian).

UDC 624.061

ASSESSMENT OF THE CARBON FOOTPRINT OF MULTI-STOREY HYBRID TIMBER-CONCRETE BUILDING

Svitlana Shekhorkina, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
Yevhenii Yurchenko, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
Olena Koval, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., **Oleksandr Kolokhov,** Master
State higher education institution
"Prydniprovska state academy of civil engineering and architecture"

Problem statement. Environmental problems are related not only to the reduction of the use of non-renewable resources, but also the reduction of emissions, waste and pollutants. The important indicator for the environmental impact assessment is the carbon footprint, which is expressed as the carbon dioxide equivalent. The carbon footprint evaluation for a specific construction project must take into account all emissions that occur not only during the service life. The possibilities of reuse and/or recycling of components and materials in the future after demolition of the building should also be considered, as well as, where possible, impacts outside the system of the construction site.

To reduce the environmental impact of the construction industry, in particular the carbon footprint of the building, innovative design solutions for multi-storey hybrid buildings, which allow application of timber in combination with traditional reinforced concrete or steel structures, are being developed today.

Purpose of the study. The aim of this work is to evaluate the effectiveness of multi-storey hybrid buildings with wooden structures in terms of reducing the carbon footprint.

Main results. Two variants of a 15-storey building with a reinforced concrete frame and a hybrid frame (columns and beams are made of glued laminated timber and a reinforced concrete rigidity core provides spatial stability) were considered. The assessment of the carbon footprint (carbon dioxide equivalent) was performed taking into account the requirements of the standard EN 15978, which considers all stages of the life cycle and the possibility of recycling the components and materials after the demolition of the building.

The results of the assessment of the carbon footprint of multi-storey buildings with reinforced concrete (option 1) and hybrid frame (option 2) are shown on Figure 1.

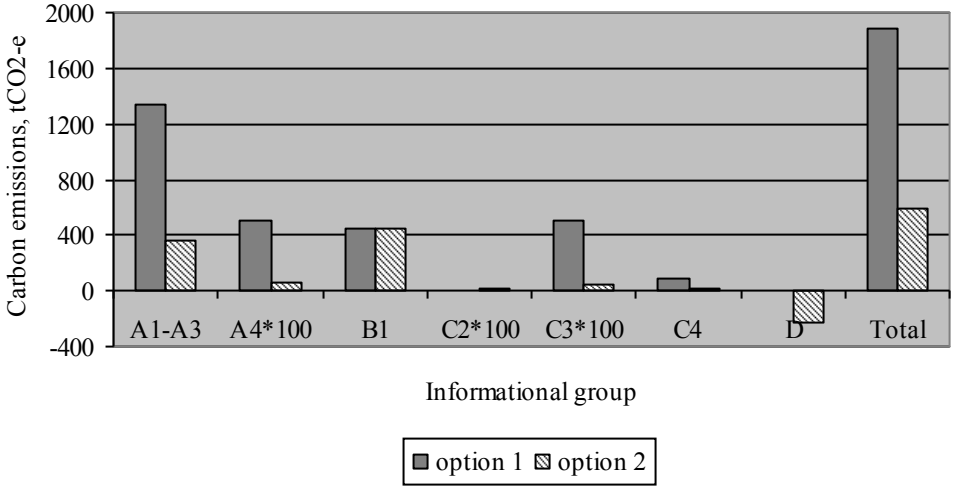


Fig. 1. Carbon emission diagram for considered life cycle modules and total carbon footprint

For the considered variants of the buildings and the stages of the life cycle, the application of a hybrid structural system with the predominant use of load-bearing elements made of timber and timber-based products reduces the carbon footprint by more than three times compared to a

traditional building with a reinforced concrete frame and floors. The use of timber structures due to the possibility of recycling for reuse allows further reducing the emissions by 232 tCO2eq.

Such significant differences in the carbon footprint of the considered buildings with load-bearing structures of reinforced concrete and timber emphasize the importance of the choice of structural material in the design according to the criteria of life cycle sustainability and prove the feasibility of hybrid systems in multi-storey construction aimed at decreasing the environmental impact.

References

1. Pacheco-Torgal F.: Eco-Efficient Construction and Building Materials. 2014, 1–10. URL: https://doi.org/10.1533/9780857097729.1, accessed 24 September 2020

2. EN 15978:2011. Sustainability of construction works − Assessment of environmental performance of buildings − Calculation method.

3. Chen D., Syme M., Seo S., Chan W. Y., Zhou M. and Meddings S. Development of an Embodied CO2 Emissions Module for AccuRate. 2010. URL: https://www.fwpa.com.au /images/marketaccess/PNA161-0910_Research_Report_Accurate_Module_0.pdf, accessed 24.09.2020.

4. Moussavi Nadoushani Z. S., Akbarnezhad A. Effects of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings. *Energy and Buildings*. 2015, vol. 102, pp. 337–346.

UDC 378.1

SYSTEMATICITY OF DESCRIPTIVE GEOMETRY AS A CONCEPTUAL BASIS OF ITS FUNDAMENTALITY

Dmytro Tkach, Ph. D., Prof., **Tetiana Yarova,** Assoc. Prof.,
Svetlana Sereda, Assist.**, Anastasia Kistol,** Assist.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

Formulation of the problem. The world of Nature as a boundless and immeasurable environment of the thinking man, created wisely and expediently, constantly arouses in him the desire to know its secrets in order to use them to create nature-relevant objects, processes and phenomena. The diversity of natural objects for cognition has divided people into their types according to their cognitive interests in these objects, each of which has only its own properties. But, despite their fundamental differences, there is a common universal property among them as the main subject of study − their morphology, which reveals the secret of their composition, building, construction or structure.

As a result of morphological research, representatives of various natural sciences have reached the indisputable idea that there is nothing elementary in the world, that any object is a complex system of elements that combines into a single whole, integrating the shape of the local part of space which they occupy.

However, the world in which we live is a very complex system of interconnected worlds of natural nature and the artificial environment created by man from the material of nature, and this creation is impossible without a systematic understanding of the structure of these objects, which underlies their design.

Therefore, the idea of the whole system of everything natural should form the basis for the creation of everything artificial on the basis of a deep understanding of the peculiarities of its structure and the constructive properties of the connections and relations between its elements. If by artificial we mean objects of construction and architecture, the creation of which is preceded by their design and engineering as a mental experimentation with creative images of their elements and connections between them, information about the results of which are encoded on paper by graphic dots and lines, the conceptual basis of descriptive geometry should be the paradigm of their systematic understanding as graphical models of systematic geometric representation of their authors and designed project. In this case, it becomes a natural science as the geometry of pictorial space, the elements of which are reversible projection images, which axiomatically describe their pictorial properties, containing information about the position and metrics of the object, which is necessary and sufficient for its construction in real life.

The problem of this study is to prove the need to modernize the geometric and graphic education of school and student youth through the introduction into their consciousness of understanding the nature of design objects as complex systems of interconnected elements, and its design drawings − as image systems of its interconnected elements, connected by graphical models of interconnections and relations between them.

The purpose of this study is to transform traditional descriptive geometry as a component of applied geometry, which lacks its own axiomatics, in nature-appropriate fundamental systemic descriptive geometry of picture space with its own axiomatics, the elements of which are reversible images of objects-systems of real space in different projections, devoted to the development of constructive methods of their construction, transformation and synthetic description of pictorial properties for their practical application in various fields of science, technology and art.

Results. The crisis state of geometric literacy of high school graduates who become students of technical and architectural faculties of higher educational institutions encourages the development of such pedagogical technology for the gradual transformation of their initial

amateur thinking in the beginning of constructive-compositional, which would removed all the shortcomings of applied geometry and contributed to the education of project thinking.

As a result of many years of research into the genesis and development of theory and practice of the pictorial component of the design process as mental experimentation with the concepts of elements of a virtual object and the relationships between them, a pedagogical system for overcoming this crisis was proposed, which consists of three subsystems: ideological, epistemological and methodological.

The ideological subsystem was devoted to the ideological, philosophical, professional and universal aspects of system descriptive geometry, which considers the reversible image as an intellectual product as a source of information about the properties of the depicted object, the level of perfection of which determines the level of intelligence of its author.

Epistemological system considers architecture as an element of the Earth's technosphere, which interacts with its ecosphere and saturates its noosphere or space of mind, explores the features of sensory perception of space and knowledge of its objects as systems whose elements are geometric concepts of "points", "lines" , "planes" and "surfaces", which create thought-images of objects that are projected, subject to the conditions of five groups of axioms of Euclidean geometry. This determines their morphology and on the basis of information from different fields of knowledge concludes that the architect works on the thought-image of the object in several spaces: first in the perceptual space of sensory perception, then − in the conceptual space of knowledge, after that − in the pictorial space of its reversible image as an element of the design space, and finally − in the real space of existence of the constructed object. This unfolds the concept of the forms of the object as materialized structures of the spaces of its existence. After all, in real space the object has a real or real form, in the visual − many promising visual, in the space of knowledge − one ideal, and in the picture − several conditional forms in the form of its projection images.

The theoretical basis of the process of obtaining an image is the process of projection, which is essentially nothing more than a process of imaginary establishment of collinear correspondences between elements of an existing object and the corresponding elements of Euclidean space, called the process of reflection of a real object in human consciousness, in which image of this object as its geometric model appears, the structure of which is adequate to the structure of this object. As a model of the spatial system, the thought-image is also spatial, systemic and conceptual, and therefore serves as a kind of "nature" for further establishment of already constructive correspondences between its virtual elements-concepts and graphic elements of pictorial space. The result is its image as a graphical model, the process of obtaining which is called the process of mapping the conceptual space of knowledge on the pictorial space of a sheet of paper. In other words, the world is informationally and sensually reflected in consciousness, and from consciousness, as from a "black box", is reflected on a flat carrier of information about its positional and metric properties.

The process of forming thought-images is based on knowledge of Euclidean geometry, and the process obtaining their images − on the knowledge of descriptive geometry system. After all, descriptive geometry "depicts" Euclidean. This circumstance actualizes the need for conscious and creative mastering of system descriptive geometry, which integrally unites these two system mathematical and therefore fundamental sciences.

Conclusion. Systemic descriptive geometry is natural in that it graphically models systemic objects in both the eco- and technosphere, and fundamental because it graphically models Euclidean geometry and synthetically describes its projected rotating images.

References

1. Tkach D.I. *Sistemnaya nachertatelnaya geometriya : monografiya*. Dnipropetrovsk : Izdatelstvo PGASA, 2011, 354 p.

2. Tkach D.I., Russkevich N.L., Nirinberg P.R. and Tkach M.N. *Arhitekturnoe cherchenie.* Kyiv : Izdatelstvo «Budivelnyk», 1991, 272 p.

3. Tkach D.I. *Filosofske obgruntuvannya sistemnosti teorii i praktiki oborotnih zobrazhen*. *Visnik PDABA*. No. 5, 2019, pp. 75– 82.

UDC 624.042

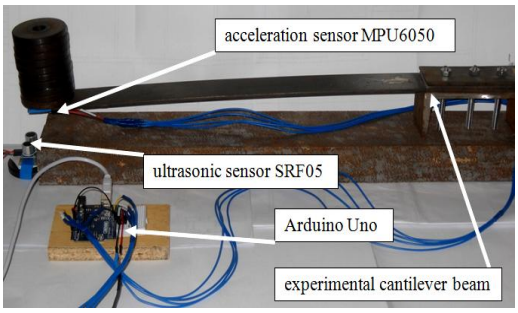
DYNAMIC INCREASE FACTOR FOR CALCULATION OF STRUCTURAL RESPONSE AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE

Denis Yaroshenko, Ph.D. (Tech.), **Anna Guslysta**, Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof.
State Higher Education Institution
"Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"

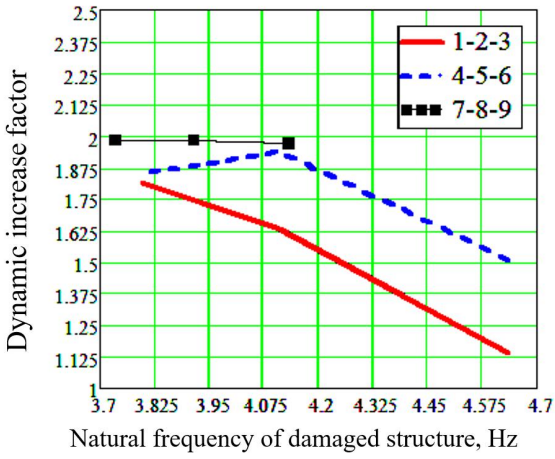
Problem statement. Last years the problem of safety in buildings has been paid a lot of attention. Very often explosions, fires, earthquakes, sudden destructions of supports cause the accident and lead to progressive collapse. Thus, the calculation of the stability to progressive collapse of building structures is very acute question today. It should pay particular attention to the considerations of dynamic effect during destruction and it should take into account dynamic increase factor. The analysis and review of the standards and the scientific literature on this problem indicates that we have not a clear understanding of the value of dynamic increase factor of different failure types [1−6].

Purpose of the study. To review the standards and the scientific literature on emergency load calculations that are linked with stability to progressive collapse of building structures and dynamic influence of localized structural component damage (failure) on the building structure. To study the dynamic influence on the building structure of its localized structural component damage by laboratory experiment and numerical simulation.

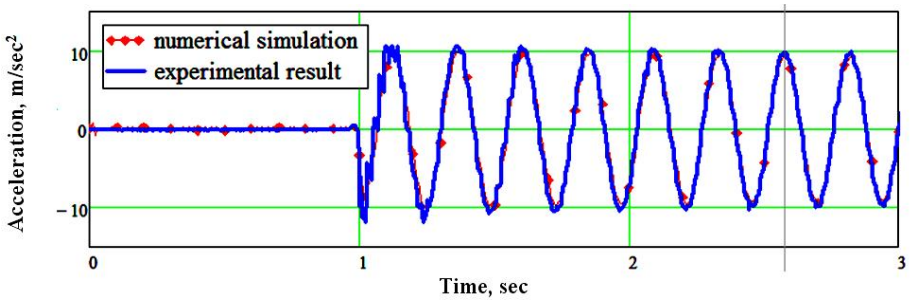
Maine results. To reach the goal the existing standards and the scientific literature of different countries on calculations and design of resistant to progressive collapse buildings and structures were reviewed. The laboratory bench was created (fig. *a*).



a



b



c

Fig. Laboratory bench – (a); schedule of experimental results – (b); comparation of numerical and experimental accelerogram – (c)

Experimental and numerical studies were conducted by modelling dynamic behaviour of the building structure. The laboratory bench was statically indeterminate system in order to localized structural component (flexible stud under the end of the cantilever beam) damage (failure) did not lead to the hole structure destruction but only to its qualitative reconfiguration. During the laboratory experiment the vibrational accelerations and displacements for characteristic point of structure were registered. By processing vibrational diagrams, the values of the frequencies and the laboratory bench free vibrations logarithmic decrements were received, as well as the value of the dynamic increase factor by different load levels and different failure types. Experimental results were checked by numerical simulation (fig. *c*).

Conclusion. The studies allow to evaluate dynamic effect of localized structural component damage two types. It was also discovered that the values of dynamic displacements and accelerations may be different by several times by the comparable values of the dynamic increase factors of different failure types.

The results suggest that in the case of total structural component failure the value of dynamic increase factor (stresses and accelerations) is more than that in the case of structural component damages while retaining partial functionality. In such a case when carrying out practical engineering calculations it would be sufficient to consider the total structural component failure while the possibility of partial damages would be as reserve of power.

Schedule of experimental results (fig. *b*). In the legend of the graph numbers 1−6 – the results -for the case of buckling failure of flexible stud and 7−9 – the results for the cases of sudden and complete failure of flexible stud from work at different masses at the end of the cantilever beam.

References

1. Design of buildings to resist progressive collapse. UFC 4-023-03. 2016.

2. GSA Alternate Path Analysis and Design Guidelines for Progressive Collapse Resistance. 2016.

3. Kong D.-Y., Yang Y., Yang B. and Zhou X.-H. Experimental Study on Progressive Collapse of 3D Steel Frames under Concentrated and Uniformly Distributed Loading Conditions. *Journal of Structural Engineering*. 2020, vol. 146, iss. 4. URL: DOI: https://doi.org/10.1061/ (ASCE)ST.1943-541X.0002537

4. Mahmoudi M., Teimoori T. and Kozani H. Presenting displacement-based nonlinear static analysis method to calculate structural response against progressive collapse. *International Journal of Civil Engineering*. 2015. Vol. 13, No. 4A. P. 478–485. URL: https://www.researchgate.net/publication/287260608_Presenting_displacement-based_ nonlinearstatic_analysis_method_to_calculatestructural_response_againstprogressive_collapse

5. Mashhadiali N., Kheyroddin A., Zahiri-Hashemi R. Dynamic Increase Factor for Investigation of Progressive Collapse Potential in Tall Tube-Type Buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities.* 2016, vol. 30, iss. 6. URL: https://doi.org/ 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000905

6. Zhu Y., Chen Ch., Yao Y., Keer L. M. and Huang Y. Dynamic increase factor for progressive collapse analysis of semi-rigid steel frames. *Steel and Composite Structures*. 2018, vol. 28, no. 2, pp. 209−221. URL: https://doi.org/10.12989/scs.2018.28.2.209

УДК 539.382.4

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ МІКРОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Бекетов О. В., к. т. н., доц.; **Лаухін Д. В.**, д. т. н., проф.; **Дадіверіна Л. М.**, к. т. н., доц.; **Бабенко Є. О.,** аспірант; **Слупська Ю. С.**, аспірант
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Розвиток сучасного будівництва ставить все зростаючі вимоги до властивостей матеріалів: підвищення їх механічних і корозійних характеристик. Водночас з розробкою нових сплавів йде вдосконалення та поліпшення якості вже існуючих. Подальше просування в цьому напрямку неможливе без розширення та поглиблення знань та уявлень про процеси, які відбуваються в металі під час його термічного та механічного оброблення, його взаємодії з зовнішнім середовищем під час експлуатації. Особливе місце в широкому колі питань, пов'язаних з цією проблемою, посідає вивчення здатності матеріалів чинити опір руйнуванню при статичних і динамічних навантаженнях, тобто показники ударної в'язкості. З теоретичної точки зору, більшість існуючих моделей руйнування (як крихкого, так і вязкого) базуються на загальних концепціях механіки деформованого твердого тіла. З іншо боку, для оцінки в'язкості руйнування конструкційних матеріалів існує достатньо велика кількість стандартизованих лабораторних випробувань, які , часом, надають неоднозначну інформацію стосовно процесів зародження та розповсюдження руйнування. Саме тому, порівняльний аналіз поверхонь руйнування отриманих за різними методами випробувань є актуальним як з наукової так і з практичної точок зору.

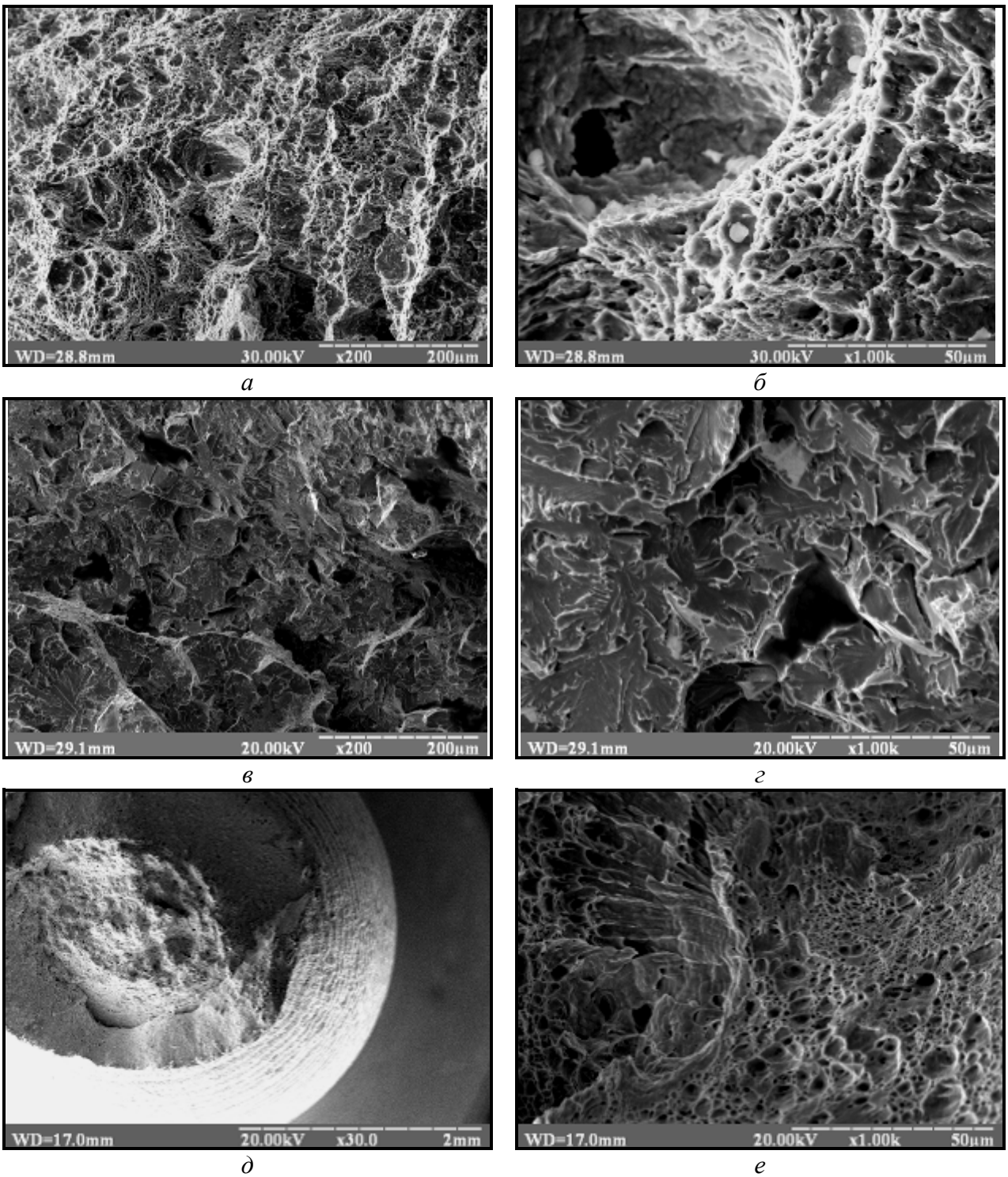
Мета дослідження. Дослідження поверхонь руйнування низьковуглецевої мікролегованої сталі 09Г2С після різних режимів випробувань.

Виклад основного матеріалу. З метою визначення загальних характеристик руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей було здійсненно динамічні випробування зразків сталі 09Г2С при температурах +20 та -40 °С та випробування на розтяг. Результати проведеного комплексу фрактографічних досліджень узагальнено та наведено на рисунку 1.

Аналіз наведених даних показує, що при температурах випробування +20 °С руйнування відбувається за рахунок одночасної дії двох механізмів: відриву та зсуву по площинам сколу. Зі зниженням температури випробувань руйнування відбувається майже повністю за механізмом відриву. Цей факт підтверджується наявністю значної пластичної деформації структурних складових (гребні відриву, сходинки).

Таким чином, в залежності від температури випробувань поверхня руйнування буде складатися з площин кристаличних зерен, орієнтованих по напрямкам площин ковзання в кристалічній гратці, згідно яких відбувається відповідна пластична деформація (площини зсуву) або з площин, які співпадають з площинами відриву (грані кубу для о.ц.к. гратки). Або з їх комбінації.

Згідно даних літературних джерел (див. наприклад [1−3]) аналогічним чином на загальний вигляд поверхні руйнування впливає швидкість прикладання навантаження. Виходячі з припущення, що поверхня руйнування в обох випадках (при зміні температури випробувань та швидкості навантаження) складається з площин відриву кристалічної решітки, то можливо припустити наявність відповідних морфолгічних особливостей зламу і при отриманні матеріалом деякої пластичної деформації. Тобто, руйнування за механізмом відриву, яке асоціються з «крихким» не ограничується тільки випадками руйнування за спеціальними умовами (низька температура випробувань) але частково може бути присутнім і при руйнування в нормальних умовах.



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 1. Результати фактографічних досліджень зразків сталі 09Г2С:
а, б – динамічні випробування при +20 °С; в, г – динамічні випробування при -40 °С;
д, е – випробування на розтяг

Проаналізувавши дані, представлені на рисунку 1, можливо відокремити три типи руйнування [3]:

1. Площина руйнування співпадає с площиною ковзання (зсуву).

2. Дві площини зсуву семетрично розташовані відносно напрямку найбільшого гооловного розтягуючого напруження (формується «клин руйнування»).

3. Руйнування відривом.

На більшості поверхонь руйнування присутні як мінімум два зі зазначених типів руйнування. Крім цього на поверхні зламів присутні сліди значної пластичної деформації

структурних складових. Таким чином сумісний вплив зазначених факторів прихводить до руйнування за двома окремими механізмами: перший – структурні складові розщеплюються після незначної пластичної деформації; другий – структурні складові витягуються в напрямку дії пластичної деформації і формують поверхню руйнування волокнистого типу.

Висновки

1. Різні типи динамічних випробувань матиеріалів можуть давати різну кількісну оцінку параметрів зародження та розповсюдження руйнування.

2. Встановлено, що в залежності від температури випробувань поверхня руйнування буде складатися з площин кристаличних зерен, орієнтованих по напрямкам площин ковзання в кристалічній гратці, згідно яких відбувається відповідна пластична деформація (площини зсуву) або з площин, які співпадають з площинами відриву (грані кубу для о.ц.к. гратки), або з їх комбінації. Показано, що поверхня руйнування при зміні температури випробувань та/або швидкості навантаження складається з площин відриву кристалічної решітки. Аналагічна картина спостерігається і при отриманні матеріалом деякої пластичної деформації. Тобто, руйнування за механізмом відриву, яке асоціються з «крихким» не огранічується тільки випадками руйнування за спеціальними умовами (низька температура випробувань) але частково може бути присутнім і при руйнування в нормальних умовах.

3. Встановлено, що під дією розтягуючого навантаження руйнування відбувається за двома окремими механізмами: перший – структурні складові розщеплюються після незначної пластичної деформації; другий – структурні складові витягуються в напрямку дії пластичної деформації і формують поверхню руйнування волокнистого типу.

4. Аналізуючи проведений комплекс досліджень відносно поверхонь зламів отриманих при різних умовах випробувань та відповідних теоретичного аналізу можливо встановити наступні механізми, які працюють під час руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей: крихкий, квазікрихкий; в’язкий. За допомогою побудови та аналізу відповідних фізико-математичних моделей можливо показати, що основною умовою зміни механізму руйнування є закономірності розповсюдження пластичної деформації по перетину матеріалу.

Список використаних джерел

1. Іванцов С. В. Вплив параметрів структури на кінетику руйнування мікролегованих будівельних сталей : дис…канд. техн. наук : 05.02.01. Дніпропетровськ, 2015. 141 с.

2. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. Пер. с англ. Б. Я. Любова. Москва: Мир, 1972. 408 с.

3. Разрушение. Том 6. Разрушение металлов. Под. ред. Г. Либовица; пер. с англ. В. А. Займовского, Д. В. Лаптева. Москва : Металлургия, 1976. 496 с.

УДК 691.116

РОЗВИТОК ДЕРЕВ'ЯНОГО ДОМОБУДІВНИЦТВА : НОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ І ПИЛОМАТЕРІАЛІВ, ЇХ МОЖЛИВОСТІ І ОБМЕЖЕННЯ

Бердников М. Р., асп. каф. залізобетонних і кам'яних конструкцій
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Дерева та їх виробничі «продукти» використовувались суспільствами по всьому миру на протязі тисячоліття. Сучасне будівництво високих будівель з дерева, повністю або частково, свідчить про зростаючий інтерес до потенціалу будівництва з дерева в ранніх недосяжних масштабах. Оскільки деревина є одним з небагатьох натуральних природних будівельних матеріалів, ми звертаємо увагу, що будівництво з деревини корисно для навколишнього середовища. Але при яких умовах це дійсно так? Екологічні переваги використання деревини не однозначні. Хоча це натуральний продукт, на його сушку та обробку витрачається багато енергії. Більша частина цього може поступати з біомаси самого дерева, але для цього потрібні інвестиції в рослинництво, що не завжди можливо у наш час.

Зміст. В останні роки дерев'яне багатоповерхове житлове будівництво стає не менш популярним, ніж індивідуальні проекти малоповерхових дерев'яних будинків. Зростання популярності пов'язане з тим, що на даний момент головним питанням в будівельній галузі є вирішення проблем пов'язаних з екологією. Оскільки за кордоном проводиться безліч досліджень і експериментів, а також йде активний розвиток нових технологій, дерев'яне будівництво там має особливий попит за рахунок впровадження сучасних матеріалів в конструкції. Завдяки цьому, доля дерев'яних будинків в Німеччині становить до 20 %, в Фінляндії − 35...40 % усього будівельного ринку. Згідно з дослідженням компанії Research Techart, в США і Канаді понад 80 % приватних будинків будуються з дерева, в Японії частка дерев'яних будинків становить близько 40 % від всіх споруджуваних житлових будинків. За рахунок безлічі програм з розвитку «зеленого» будівництва, однією з яких є «Дерев'яна Європа» під егідою Європейського союзу, планується збільшення частки малоповерхового дерев'яного житла [1].

Бамбук э одним з перспективних матеріалів в дерев'яному житловому будівництві: володіє відмінними механічними властивостями, зростає у кілька разів швидше, ніж дерево і його потрібно значно менше, ніж будь-якого іншого виду деревини. Одним із приводів інтересу до даного матеріалу є багатовікові традиції будівництва з бамбука в східних країнах, де його використовують як в обробленому, так і в природному вигляді.

В середині 90-х років минулого століття Австрійська асоціація дерев'яної промисловості провела наукові дослідження, які привели до розвитку нової технології модифікації деревини, яка отримала назву "CLT-технологія". На початку нинішнього століття будівництво за новими технологіями вже значно збільшилася.

CLT (Cross Laminated Timber) - «багатошарова панель з цільної деревини», зазвичай складається з трьох шарів. Висушені в печі дошки спочатку скріплюють один з одним, вони утворюють безперервні дошки довжиною до 40 футів (12,192 м). Тонкі шари дерева, розташовані поперек один одного під прямим кутом, ламіновані вогнетривким клеєм для створення більш міцного і вогнестійкого переплетення [2].

МНМ (Massiv-Holz-Mauer) – «масивна дерев'яна стіна». Це технологія, коли ламелі зрощуються на металевому ригелі. Перевага такої технології в тому, що стіна може бути товщиною до 35 сантиметрів. МНМ-стіна тепліше, ніж CLT або клеєний брус, за рахунок того, що кожен ламель має вибірку («гребінець»), яка формує повітряні камери всередині стіни [3].

LVL (Laminated Veneer Lumber) – «пиломатеріал з листкового шпону»: конструкційна балка зі шпону, яка спікається під впливом тиску і впливом мікрохвильового випромінювання, в результаті виходить композитний матеріал з унікальними властивостями [4]. Завдяки різноскерованості волокон деревина створює акустичний ефект. Клейовий шов між ламелями формується на молекулярному рівні і абсолютно нешкідливий, тому що використовуються сертифіковані в Європі клейові системи.

Висновки. Світова практика показує, що дерев'яне будівництво має ряд переваг. Воно є більш екологічним в порівнянні з будівництвом з бетону і сталі, тому що при виробництві бетонних і сталевих конструкцій в атмосферу викидається величезна кількість виділеного вуглекислого газу. Відомо також, що мікроклімат приміщень в дерев'яних будинках більш комфортний для проживання. Будівництво з деревини більш швидке і економічне. Сучасні технології виготовлення дерев'яних конструкцій дозволяють знизити ризик появи усадки, підвищити їх вогнестійкість.

- Час будівництва скорочується до 25 % в порівнянні з каркасом із сталі або бетону;
- робота, яка необхідна для встановлення перекриття, зменшена до 25 % в порівнянні з аналогічним бетонним будівництвом;
- зменшення викидів вуглицю при виготовленні та установці конструкцій;
- зменшення загальної ваги будівлі до 65 % в порівнянні з бетонної альтернативою;
- зменшення ваги будівлі супроводжується зменшенням затрат на фундамент і зменшенням сейсмічного навантаження;
- доведена огнестійкість, відповідна номінальним вимогам для більшості типових будівель;
- присутність у будівництві дерева та інших натуральних матеріалів знижує рівень стресу у мешканців будівлі;
- покращення якості повітря в будівлі.

Список використаних джерел

1. Building Enclosure Design Guide : Wood-Frame Multi-Unit Residential Buildings. Homeowner Protection Office, Branch of BC Housing, 2011.

2. Cross-Laminated Timber (CLT) Handbook (US Edition). FPInnovations, Forest Products Laboratory, BSLC, American Wood Council, APA, WoodWorks. 2013.

3. MHM – Massiv Holz Mauer. Building material. The MHM construction material. [Електронний ресурс] URL: https://www.massivholzmauer.de/en/building-material-mhm.html

4. Hopkin, D., Schmid, J., Friquin, K. Timber Structures Subject to Non-Standard Fire Exposure − Advances and Challenges. 2016. *WCTE.* 12 p.

УДК 666.972.691.175

ПРИРОДА ЗЧЕПЛЕННЯ СТЕРЖНЕВОЇ АРМАТУРИ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОФІЛЮ З ПОЛІМЕРБЕТОНОМ

Березюк А. М., *к. т. н., проф.;* **Ганник М. І.**, *к. т. н., доц.,*
Мартиш О. П., *к. т. н., доц.;* **Мартиш О. О.**, *к. т. н., доц.*

Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. В металургійній та хімічній промисловості виникає проблема по застосуванню ефективних матеріалів, які володіють високою термічною і хімічною стійкістю і в той же час мали б не високу вартість. Полімер бетони на основі термореактивних смол відповідають цим вимогам. Основним компонентом цих бетонів являються відходи промисловості, що дозволяє утилізації відходів і відповідно вирішенню екологічних проблем. Аналіз досліджень. Проблема розробки ефективних будівельних матеріалів в областях агресивного середовища завжди обговорювалась дослідниками та виробниками. [1]. Напруга, деформації і переміщення арматурного стержня в полімер бетоні залежить від коефіцієнту погонної площини виступів арматури, міцності полімер бетону з коефіцієнтом її місцевого збільшення, а також коефіцієнта, який характеризує середні деформації опорного полімер бетонного циліндра. Зменшення розмірів куба вдвоє приводить до збільшення його міцності приблизно в 1,1...1,15, в середньому 1,25 рази. Тому перехід від ребра 200 мм до виступів арматури висотою до 1...1,5 мм дає коефіцієнт $\gamma = 2$. У випадку витягування арматури, тиск від виступів передається на один із торців опірного кільця.

Мета дослідження – показана науково обґрунтованість природи зчеплення стержневої арматури періодичного профілю з полімер бетоном, а також основні закономірності при зчепленні. Показаний також зв'язок між взаємними зміненням арматури і полімер бетону і умовними дотичними напругами.

Взаємодія між арматурою періодичного профілю з полімер бетону проходить в основному по опірних кільцевих площинах поперечних виступів арматури, де між полімер бетоном і арматурою виникають нормальні напруги. Бокову поверхню арматури будемо вважати вільною від дотичних і нормальних напруг [1; 2].

Умова нерозривності деформацій приймає умови рівності прирощення переміщень арматури Δl_a і полімер бетону $\Delta l_{пб}$ на довжині між виступами арматури l, таким чином $\Delta l_a = \Delta l_{пб}$ (рис. *а*).

$$\Delta la = \int_0^{l1} \epsilon_{az}\, dz \quad \epsilon_{al1}; \Delta la = \Delta lnб = \int_0^{l1} \epsilon_{пбz}\, dz = \epsilon_{пб}\, l_1 \Psi; (1),$$

де $\Psi < 1$ є коефіцієнт повноти епюри $Є_{пб}$ на довжину l_1, який враховує роботу області, яка прилягає із зовнішнього боку до опорного полімер бетонного циліндра. В загальному випадку Ψ залежить від відношення h/l, де $h = R - \tau$, і діаметра стержня *d*. Явно, що $Є_{пб} = Є_а / \Psi$. Умова рівноваги сил елементу стержня довжиною:

$$\frac{d\sigma_a}{d_z} l\, fa = -\sigma_{пб} f_b; (2),$$

де f_b – площина опорної поверхні виступу (кільця).

Зв'язок між напругами і деформаціями полімер бетону приймаємо у виді:

$$\sigma_{пб} = \frac{E \epsilon_{пб}}{\left(1 + \frac{E^2 \epsilon_{пб}^2}{4 R^2 \gamma^2}\right)}; (3),$$

де E – модуль пружності полімербетону; γ – коефіцієнт збільшення міцності полімер бетону в зв'язку з малими площинами зміщення. Залежність (2) має вихідну та пологу вниз сходячу ділянку, відповідний випадку завантаженню полімер бетону в стіснених умовах і розвитку у ньому значних деформацій (рис. *б*).

Підставляємо в формулу 3:

$$\epsilon_{пб} = \frac{\epsilon_a}{\Psi} = \frac{\sigma_a}{E_a \Psi} \; та \; n = \frac{E_a}{E}, тоді$$

$$\epsilon_{пб} = \frac{A\sigma_a}{(1 + B\sigma_a^2)}; (4) \quad ,$$

де A = 1:n $^{\Psi}$, B = A^2 : $4R^2\gamma^2$

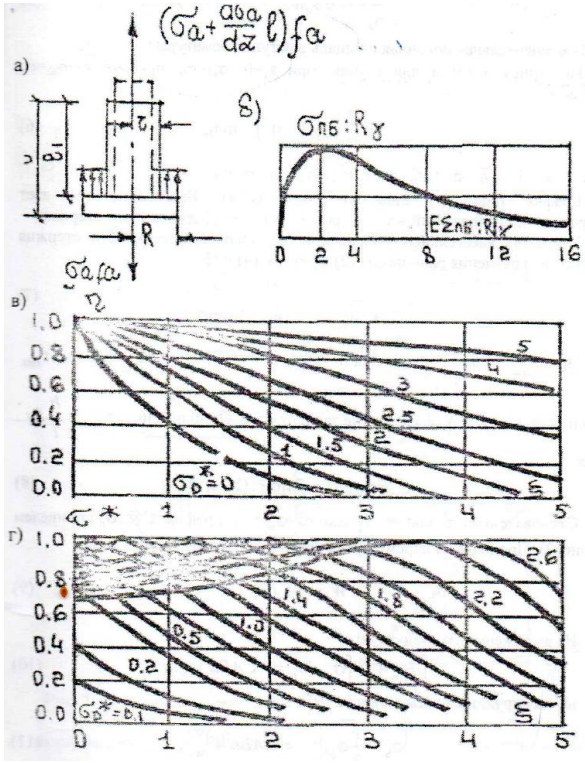


Рис. 1. Основні закономірності при щеплені стальної арматури з фурановим полімер бетоном: а) зусилля, діюче на арматурний стержень елементарної довжини; б) залежність між напругами та деформаціями фуранового полімербетона; в) залежність відносних напруг в арматурі від відносної ординати ξ; г) залежність відносних каса дотичних напруг від відносної ординати ξ

Висновки

1. У випадку витягування арматури із полімер бетону, тиск від виступів передається на один із торців опорного кільця, тому Ψ = 0,6 : 2 = 0,3.

2. Значення Ψ для втягування і витягування арматури мало відрізняється один від одного, що відповідає в дослідах малій різниці у величині q [3].

Напруга, деформації і переміщення арматурного стержня в полімер бетоні залежать від коефіцієнту погонної площини виступів арматури C = f_b : l f_o; міцність полімер бетону R з коефіцієнтом її місцевого збільшення γ, а також коефіцієнти Ψ, який характеризує середні деформації опірного полімер бетонного циліндра. Значення C для стержнів періодичного профілю із сталей класів А-II, А-III, А-IV, приведені в таблиці.

Таблиця

Відносно погона площина виступів арматури C в 1 мм

d, мм	$C\ 10^3$			*d*, мм	$C\ 10^3$		
	міні-мальне	номі-нальне	макси-мальне		міні-мальне	номі-нальне	макси-мальне
6	24	63	125	20	21	37	55
8	37	70	118	22	19	32	51
10	21	59	102	25	17	29	44
12	27	56	94	28	17	30	50
14	24	48	81	32	14	24	37
16	25	44	69	36	14	22	33
18	24	41	64	40	12	20	29

Перелік використаних джерел

1. Bastion S. Wpluw Wielkosci I ksztaltubetonoweto ciala pzobnego na jego witzzymalose. *Інженерія та будівництво*. 2008. № 1. С. 12−16.

2. Мемочкін Б. М. Теорія пружності. Київ : Держбудвидат, 1990. 234 с.

3. Єршов В. М., Заригов А. А., Ходин В. Г. та ін. Хімічна стійкість та повзучість полімерних фуранових в’яжучих : наукові праці Саратовського політермічного інституту, 2017. Вип. 70. С. 91−95 (російською).

УДК 005.52:624.04

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

Білоконь А. І., д. т. н., проф., **Білоброва Ю. О.,** студ.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Анотація Факт того, що будівництво є однією зі сфер діяльності, схильною до величезної кількості ризиків, поза всякими сумнівами − ризикоутворюючі фактори присутні у всіх основних ресурсах будівельної сфери, до того ж для кожної стадії проекту характерні і вірогідні ті чи інші ризики. Однак, налагодженої, структурованої системи по виявленню і зниженню ризиків в будівництві на сьогодні немає. Авторами запропоновано для мінімізації ризиків при реалізації інвестіціонно-будівельного проекту (ІБП) використовувати інструментарій ризик-менеджменту. Новітнім в даному переліку інструментів є використання інформаційної технології, відомої під абревіатурою BIM (Building Information Modeling).

Ключові слова: інвестиційно-будівельний проект, моделювання, ризик, управління, BIM-технологія

Вступ Інвестиційно-будівельні проекти за своїм характером є інформаційно насиченими, складними, мають жорсткі вимоги дотримання експлуатаційних характеристик і екологічної раціональності, до термінів їх реалізації, що пояснює складність управління проектами і високу ризикованість галузі в цілому. В таких умовах використання сучасних технологій моделювання в процесах проектування будівель, споруд і територій стає основою підвищення ефективності управління, підвищення якості проектування і дотримання основоположних для будівельної сфери показників безпеки життєдіяльності, а також сприяє зниженню ризиків при інвестуванні в проектні розробки.

Галузь повинна адаптуватися до змін, пов'язаних з відмовою від традиційних методів проектування і будівництва з передачею проектної інформації в паперовому вигляді на користь інноваційних способів реалізації проектів. Можливість такого переходу зумовлена інтенсивним розвитком інформаційних технологій і появою спеціалізованих програмних продуктів, спрямованих на створення цифрової інформаційної моделі об'єкта будівництва, що включає всі необхідні відомості про нього [5].

Основна частина Найбільш поширеною інформаційною технологією в практиці архітектурно-будівельного проектування є BIM-технологія, що дозволяє прискорити і значно спростити весь процес проектування, починаючи з моделювання ситуації і закінчуючи проведенням фінансово-економічних розрахунків і оцінкою ефективності капітальних вкладень в будівництво. Можна стверджувати, що технологія інформаційного моделювання будівель (BIM-технологія) сприяє підвищенню ефективності управління проектними роботами.

Система управління ІБП включає в себе спеціалізовані інструменти для окремих функцій управління проектами. В BIM-технології можуть бути реалізовані такі функції управління проектами, як управління змістом, управління вартістю, управління ризиками та управління комунікаціями. Застосування BIM-технології здійснює збір інформації в інтегрованій системі, що дозволяє скоротити кількість виникаючих помилок при проектуванні, і відповідно скоротити кількість різного роду доробок проекту.

До основних переваг BIM-технологій відносять [1]:

− можливість проектування не просто 3D картинки, а створення параметричної моделі готової до трансформації, коригування, типізації, тощо, що дозволяє змінювати практично всі параметри як окремих елементів моделі так і моделі в цілому;

− можливість підвищити «точність» проектного плану, за рахунок виявлення помилок на стадії проектування і моделювання;

− можливість скорочення тимчасових витрат на передпроектній стадії реалізації проекту.

Також, застосування BIM-технології доцільно, в першу чергу, для масштабних проектів, оскільки використання даної технології дозволяє за допомогою засобів віддаленого доступу враховувати рекомендації всіх стейкхолдерів проекту.

За даними міжнародної практики, BIM-технології стимулюють впровадження інновацій в будівельній сфері, сприяючи: вдосконаленню процесу проектування, розвитку будівельної техніки, удосконаленню технології будівельних робіт, розвитку різних галузей будівельної сфери, включаючи область будівельних матеріалів, перегляду і уточненню норм проектування [4].

Однак, необхідно враховувати, що впровадження інноваційних технологій в проектну діяльність у будівельній сфері, є джерелом виникнення додаткових загроз і ризиків. У таких умовах необхідно звернути увагу на заходи щодо мінімізації ризиків при здійсненні ризик-менеджменту, що означає прийняття управлінських рішень щодо способів реагування на ризик або наростання ризику, і, як наслідок, формування конкретного заходу щодо мінімізації цього ризику.

Заходи з реагування та управління ризиками, які пов'язані з впровадженням інноваційних технологій у ІБП, повинні забезпечувати контроль і зниження рівнів ризиків до прийнятного для досягнення цільових проектних параметрів [2; 3].

Таблиця 1

Заходи по управлінню ризиками впровадження інноваційних технологій у ІБП

Спосіб реагування	Приклади заходів по управлінню ризиками
Уникання ризику	Відмова від інновації або проекту, інших дій; заміна обладнання на інше, заміна технологій на інші, що виключають даний ризик; альтернативні постачальники та підрядники
Зниження ризику	Визначення відповідальності робочої групи за прийняття ризиків, що перевищують допустимі межі та / або встановлені ліміти; розробка планів мінімізації наслідків реалізації ризиків: - плани ліквідації аварій; - планування діяльності в кризових ситуаціях; - план забезпечення безперервності ходу проекту; - встановлення лімітів і допустимих значень показників ризику; - створення матеріальних і фінансових резервів у випадку, якщо інновація, що впроваджується є переоціненою
Прийняття ризику	Моніторинг рівня ризику; розробка резервного плану впровадження інноваційних технологій
Передача ризику	Передача процесу на аутсорсинг, страхування ризиків впровадження інновацій в будівничих проектах (інші фінансові інструменти); встановлення умов в договорі з постачальниками про матеріальну та іншу відповідальність

Висновки. На наш погляд, найбільш перспективним напрямком зниження рівня ризиків можна віднести створення архітектурно-будівельних проектів за допомогою застосування новітніх інформаційних технологій та сучасних програмних засобів проектування, впровадження яких дозволяє уникнути збільшення сроків реалізації проекту та вартості, збільшити точність підсумкових розрахункових показників проекту, що найбільшою мірі впливає на загальну вартість ІБП для прийняття рішення щодо його інвестиційної привабливості.

Основні причини, за якими BIM-моделювання застосовують в системі управління ризиками − це можливість контролювати бюджет для зниження витрат і зменшення ризиків всіх стадій фінансування, а так само підвищення якості проектної продукції. BIM

технології стають все більш потрібними і застосовними при реалізації ІБП, що робить можливим успішне функціонування будівельної галузі в умовах цифрової економіки.

Список використаних джерел

1. BIM-технологии в строительстве. [Електрон. ресурс] URL: https://geopro.com.ua/service/3dmesh-bim/bim-technology.html

2. Дудин М. Н., Толмачев О. В. Практика внедрения инновационных технологий в строительной отрасли. Вопросы инновационной экономики. 2017. Т. 7, № 4. С. 407-415.

3. Кавун В. А. Проектні ризики будівельних підприємств. *Ефективна економіка*. 2017. № 9. [Електронний ресурс]. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5775

4. Мамаев А. Е., Шарманов В. В., Золотова Ю. С., Свинцицкий В. А., Городнюк Г. С. Прикладное применение BIM-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2016. № 1−3. С. 83−87.

5. Оценка применения BIM-технологий в строительстве : отчет. [Электронный ресурс]. URL: http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf

6. Сутність регулювання та методи державного регулювання інвестиційно-будівельної діяльності. [Електронний ресурс]. URL: http://stud.com.ua/19015/ekonomika/regulyuvannya_investitsiyno_budivelnoyi_diyalnosti

УДК 69.059.2

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЦИКЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПЕЧЕЙ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ГАЗОХОДІВ ТА ФУНДАМЕНТІВ ДИМОВИХ ТРУБ (НА ПРИКЛАДІ ДИМОВОЇ ТРУБИ КІЛЬЦЕВОЇ ПЕЧІ № 1 ДІЛЯНКИ ПРОКАТУ У ТПЦ № 4 ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»)

Богаченко С. В., аспірант**, Смирнов А. С.,** аспірант, **Савицький М. В.,** д. т. н., проф.**,**
Шатов С. В., д. т. н., доц.**, Ковба В. В.,** к. т. н.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Під час виконання планових сезонних оглядів будівельних конструкцій димової труби кільцевої печі № 1 ділянки прокату у ТПЦ (трубно-прокатний цех) № 4 персоналом ПАТ «ІНТЕРПАЙП» НТЗ (м. Дніпро), протягом тривалого часу фіксувався розвиток вертикальних та горизонтальних тріщин в кладці футерування стінок газоходу в зоні його примикання до фундаменту труби (рис. 1). Для виявлення причин та можливих впливів на безпечну експлуатацію споруди співробітниками ДВНЗ ПДАБА в жовтні-грудні 2019 р. було проведено комплексне обстеження конструкцій газоходу та фундаменту димової труби.

Рис. 1. Тріщини у футеруванні стін газоходу

Мета дослідження. Визначення причин руйнування футерування стін газоходу димової труби шляхом:

– візуального обстеження будівельних конструкцій споруди – фундаменту труби, стін газоходу;

– визначення фактичних параметрів конструкцій в ході інструментального обстеження – величини крену, міцності бетону стінок газоходу та фундаменту, характеристик ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Димова труба являє собою конічну споруду висотою 80 м виконану з глиняної цегли марки 100 на розчині марки 75. Фундамент труби залізобетонний стаканного типу з жаростійкого бетону класу С16/20 (М250), запроектований для однорідного непросадочного ґрунту із умови відсутності ґрунтової води. Діаметр підошви фундаменту складає 14 м. Висота фундаменту 6,5 м. З відмітки – 4,590 м запроектовано отвір для введення борову для відводу газів перерізом 2,32 × 2,32 м. Футерування фундаментної частини димової труби та стін газоходу до деформаційного шва виконана з шамотної цегли марки БЛ-1,3 ІІ сорту на жаротривкому розчині. У якості теплоізоляції застосована кладка з діатомітової цегли. Режим роботи печі та труби – циклічний (регулярні значні перерви в роботі).

Для виявлення причини руйнування футерування стін та можливості проведення детального візуального та інструментального обстеження було виконано розробку ґрунту у місці примикання борову до фундаменту труби (рис. 2).

В ході візуального обстеження були виявлені наступні дефекти та пошкодження (рис. 3):

– відсутність заповнення деформаційного шва між стінами газоходу та елементом фундаменту труби;

– руйнування кладки теплоізоляції стінок газоходу;

– руйнування захисного шару бетону стіни борова з оголенням і корозією арматури до 25% перерізу з локалізацією в місці примикання до фундаменту;

– відсутність гідроізоляції зовнішніх стін борову.

– місця значного просідання прилеглої до димової труби території та руйнування і локальні місця провалів асфальтобетонного вимощення димової труби.

Рис. 2. Місце розробки ґрунту

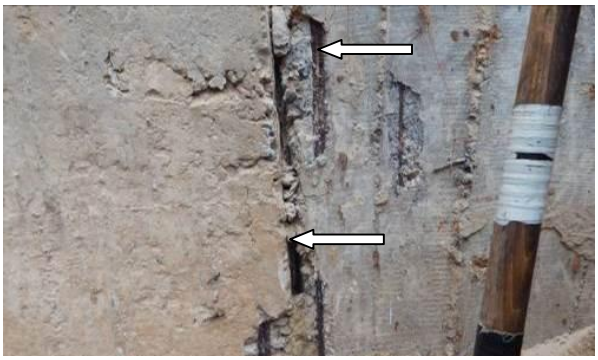


Рис. 3. Виявлені дефекти та пошкодження конструкцій

Для визначення фактичних характеристик конструкцій було виконано інструментальне обстеження та лабораторні дослідження, а саме:

– визначення міцності бетону неруйнівним методом у відповідності до вимог [1; 2] та руйнівним методом відповідно до стандартів [3; 4] (рис. 4);

– визначення крену стовбура труби методом вимірювання кутів [5];

– визначення номенклатури ґрунтів [6−8].

а) розмітка ділянки відбору керна

б) відбір керна

в) керн

г) характер руйнування зразка

Рис. 4. Визначення міцності бетону методом руйнівного контролю

За результатами контролю міцності бетону встановлено, що міцність бетону фундаменту димової труби відповідає класу С18/22,5 (марка М300), міцність бетону зовнішніх стін борову відповідає класу С16/20 (марка М250). Дані результати свідчать про відповідність фактичної міцності проектним вимогам.

Аналіз динаміки розвитку крену стовбура труби показав відсутність осадок фундаменту за останні 12 років (117 мм в південно-східному напрямку у 2007 р. та 116 мм в південно-східному напрямку в 2019 р.).

За результатами лабораторних випробувань встановлені характеристики ґрунту: пісок жовтувато-сірий маловологий, середньої щільності, з додатками жовтого і бурожовтого, з рідкісними включеннями, до 5 % жорстви та щебеню, граніту, шлаку. За щільністю складання ґрунти хоч і відносяться до середньої щільності але наближений до рихлого, що свідчить про недостатнє ущільнення під час зворотної засипки.

Аналіз результатів візуального та інструментального обстежень показав, що утворення вертикальних тріщин в кладці шамотного футерування в місці примикання газоходу до труби та горизонтальної тріщини між примиканням до труби та деформаційним швом газоходу спричинено тривалою дією кількох факторів:

– недостатнє ущільнення зворотної засипки (пухкий стан ґрунту) після зведення підземних конструкцій та залишені порожнечі призвели до швидкого потрапляння вологи в тіло конструкції, додаткових деформацій і руйнувань;

– замочування товщі стіни газоходу між футеруванням та зовнішньою залізобетонною стінкою газоходу через незаповнений деформаційний шов, що є неприйнятним та помилковим рішенням при виконанні будівельно-монтажних робіт;

– відсутність засобів водовідведення (вимощення) та довготривала фільтрація атмосферної вологи через пухкий ґрунт, що призвело до механічної суфозії ґрунту з переходом із пухкого стану до стану середньої щільності. Свідченням цього служить утворення проваль та виїмок на поверхні, які наповнюються атмосферною вологою;

– вплив термодинамічних коливань (цикли нагріву та охолодження) з одночасним капілярним тиском вологи на структуру теплоізоляційного шару кладки (з діатомітової цегли). В результаті зволоження кладки відбувається її насичення вологою, яка із збільшенням температури починає випаровуватися та під тиском руйнує структуру цегли, що призводить до ущільнення кладки теплоізоляції (збільшення її питомої ваги) і викликає ефект «розпирання». Одночасно виникають термодинамічні напруження в поперечному напрямі між шарами футерування та теплоізоляції ущільненої нижньої частини кладки.

Висновки. За результатами обстеження конструкцій труби встановлено, що режим її експлуатації не впливає на характеристики матеріалів несучих елементів фундаменту та газоходу. Проте циклічний режим роботи зі значними коливаннями температури в сукупності з допущенними помилками на етапі будівельно-монтажних робіт можуть призвести до потрапляння вологи в товщу конструкцій і, як наслідок, викликати руйнування окремих елементів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 23 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 19 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-214: 2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 43 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 10 с.
5. ДСТУ Б В.2.1-30:2014. Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2014. 14 с.

6. ДСТУ Б В.2. 1-8-2001. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків. Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2001. 16 с.

7. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 32 с.

8. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і спору. Ґрунти. Класифікація. Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1996. 51 с.

УДК 628.517(075)

ОЦІНЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ В РАЙОНІ ПРОЕКТУЄМОГО АЕРОПОРТУ

Гільов В. В., к. т. н., доц.; **Полторацька В. М.**, к. т. н., доц.; **Прокоф'єв І. Б.**, ст. викл.
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постанвока проблеми. При зеленом будівництві та подальшої експлуатації об'єктів, вплив якій вони утворюють на навколишнє середовище повинен бути мінімальним. Принципами зелених (екологічних) стандартів у контексті сталого розвитку є: безпека і сприятливі здорові умови життєдіяльності людини; обмеження негативного впливу на навколишнє середовище; врахування інтересів майбутніх поколінь. Багато в чому це пов'язано з забезпеченням якості життя людей. У 2019 році, для обслуговування Дніпропетровської та Запорізької областей, в Міністерстві інфраструктури України запропонували побудувати новий аеропорт «Придніпров'я» неподалік від селища Солоне на кордоні двох областей. Рівень шуму, що виникає при експлуатації повітряних суден на аеродромі та в його околицях, зазвичай вважається одним з основних факторів, що негативно впливають на населення та навколишнє середовище.

Мета дослідження − визначити населені місця та кількість їх мешканців, які можуть потрапити у зону шумового забруднення при введені в дію аеропорту «Придніпров'я».

Містобудівні помилки часто є прямою причиною зниження якості житлових територій, тому при проектуванні аеропорту потрібно враховувати багато взаємопов'язаних завдань: технологічних, містобудівних, архітектурно-будівельних, санітарно-гігієнічних, соціальних, екологічних, економічних. Особливу увагу потрібно приділити екологічним вимогам, які забезпечують охорону, найбільш повне відновлення і збагачення навколишнього середовища в процесі будівництва і експлуатації аеропорту. Вплив аеропорту на навколишнє середовище в значній мірі визначає характер використання земельних ділянок, що примикають до аеропорту. Одним з негативних факторів впливу є шумове забруднення. При інтенсивної, цілодобової експлуатації аеродромів, еквівалентні рівні звуку на території житлової забудови досягають в денний час 80 дБА, у нічний − 78 дБА, максимальні рівні коливаються від 92 до 108 дБА [1]. Основні джерела шуму на підприємствах цивільної авіації умовно можна класифікувати за такими групами:

1) шуми від літаків, що виконують посадку або зліт;

2) шуми від переміщення літака по руліжних смугах з використанням тяги двигунів літака;

3) шуми при випробуванні авіадвигунів;

4) шуми станцій випробування авіадвигунів;

5) шуми технологічного обладнання ремонтних і експлуатаційних авіапідприємств цивільної авіації.

Найбільший вплив авіаційний шум надає на населення, яке проживає поблизу аеропортів, що пояснюється сильним шумом під час зльоту і посадки літаків [1; 2]. Майбутньий міжнародний аеропорт «Придніпров'я» можна віднести до аеропорту І класу. Припустимі значення еквівалентних і максимальних рівнів звуку проникаючого шуму на територіях, які безпосередньо прилягають до житлових будинків, для денного та нічного часу доби встановлюються ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», ДБН В.1.1-31:2013 «Захист территории, будинків і споруд від шуму».

Кількісну оцінку акустичного режиму для об'єктів, що проектуються треба здійснювати за результатами акустичних розрахунків. Критерієм для оцінки стану екологічної безпеки за чинниками шумового забруднення житлової території запропоновано показник кількості населення, що мешкає в зоні екологічного дискомфорту.

Для оцінки впливу авіаційного шуму нового аеропорту на існуючу забудову використовуються карти контурів шуму «Шумограф-А» [1]. Використовуючи «Шумограф-А» для аеропорту І класу було побудовано карту шуму за напрямком злітно-посадковлї смуги Захід-Схід (згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» переважними напрямками вітру у Дніпропетровській області є східний та північний), визначено населені пункти, що потрапили в площу плями шумового забруднення та розраховано економічний збиток через можливе шумове забруднення населених місць.

Таблиця 1

Кількість населення, яке може потрапити в зону шумового забруднення аеропорту «Придніпров'я» та економічний збиток

Показники	Шумовій режим класу, дБА							Всього
	90	85	80	75	70	65	60	
Кількість населення, Н, чол.	366	1 779	1 381	582	9 816	9 255	11 743	39 987
Економічний збиток, $З_0$, тис. грн/рік	863,7	2 980,9	1 625,8	421,0	4 381,6	2 477,6	1 835,5	14 586,1
Сума збитку з урахуванням коефіцієнта кратності ($К_к$ = 2,5), тис.грн/рік							36 465,3	

Висновки. Аналіз і оцінку акустичного режиму та розроблення заходів захисту від шуму треба виконувати на всіх стадіях проектування, будівництва, реконструкції і експлуатації об'єктів.

При розташуванні нового міжнародного аеропорту в с. м. т. Солоне в зону майбутнього шумового забруднення потрапляють 118 населених пунктів, близько 40 тисяч мешканців, а економічний збиток на сьогоднішній день буде складати близько 36,5 млн грн.

Забезпечення на території житлової забудови і в приміщеннях де перебувають люди акустичного режиму, що відповідає гігієнічним нормативам, повинно здійснюватись шляхом застосування містобудівних, архітектурно-планувальних, конструктивних рішень, організаційно-технічних, адміністративно-організаційних заходів та будівельно-акустичних засобів.

Список використаних джерел

1. Самойлюк Е. П. Основы градостроительной акустики : учеб. пособ. для вузов в 3-х ч. Днепроптеровск : ПГАСА, 1999. 438 с.

2. Заборов В. И. и др. Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий. Под ред. В. И. Заборова. Київ : Будівельник, 1989. 160 с. (Охрана окружающей среды).

УДК 691.620.3

ПРОБЛЕМИ ДИСПЕРГАЦІЇ НАНОСИСТЕМ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Дерев'янко В. М.[1], д. .т. н., проф.**, Мороз В. Ю.**[1]**,** асп., **Мороз Л. В.**[2], к. т. н.**,**
[1] *Державний вищий навчальний заклад*
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
[2] *Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Вступ. Можливість створення матеріалів з покращеними властивостями за рахунок модифікації останніх наночастинками вже не викликає жодних сумнівів. Зважаючи на те, що наночастинки додаються у надмірно малих кількостях, розмір очікуваного ефекту покращення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів безпосередньо залежить від рівномірного їх розподілу в об'ємі матриці та механізму їх взаємодії з композиційними об'єктами до яких вони додаються. Серед проблем, що виникають при розподілі наночастинок в матеріалі та підлягають вирішенню можна виділити наступні:

1. Складність диспергації, внаслідок незначної кількості нанодобавок і процесу агломерації в рідкому середовищі.
2. Попередження процесу коагуляції частинок у диспергованій системі при зберіганні.

Аналіз існуючих публікацій. Дослідження впливу середовища на ступінь диспергації наночастинок [1−13] виявили, що ізольована система наночастинок є енергетичною системою особливого виду. Так автори [1] вважають, що агрегація наночастинок з утворенням агломератів викликана дисипацією енергії та має бути попереджена заздалегідь. Оскільки велика кількість наночастинок виготовляється у вигляді порошку, процес агломерації є невідворотнім. Рідкі дисперсії нанопродуктів можуть захищати частинки від агломерації. Бар'єр, що блокує зближення наночастинок може бути представлений поверхнево-активною речовиною або зарядженим електролітом.

Разом з тим завдання диспергації наночастинок може бути вирішено шляхом розмелювання, функціоналізації поверхні (наприклад кислотна обробка), а також використання поверхнево-активних агентів (розчини спирту – етилового, полівінілового, диметилформаміду, гумміарабіки) [2].

Спроби отримання наноструктурованого в'яжучого шляхом розмелювання показали необхідність контролю великої кількості параметрів, які впливають на якість кінцевого продукту (дисперсність, pH середовища, температура тощо). Проміжний контроль характеристик потребує зупинки процесу розмелювання, що в свою чергу зменшує якість кінцевого продукту та підвищує його трудоємність [3].

Найпростішим дослідженням на ступінь диспергації є візуальний аналіз суспензії на предметному склі за допомогою оптичного мікроскопу, для виявлення видимих включень шляхом оцінки однорідності кольору без наявних домішок [4].

Серед найпоширеніших технологій диспергації розрізняють роторно-статорні змішувачі, поршньові гомогенізатори або методи мокрого розмелювання.

Однак найбільш ефективним слід вважати спосіб диспергації – обробка ультразвуком.

Основний матеріал. При ультразвуковому диспергуванні суспензій, дисперсність продукту збільшується на декілька порядків. Речовини, що знаходяться в нанорозмірному стані мають інші властивості за рахунок збільшення питомої поверхні, а також покращення хімічної та топохімічної активності. Ефективність модифікації нанодобавками залежить від однорідності розподілу в об'ємі [5]. Окрім ультразвукової обробки ступінь дисперсності покращують за рахунок інтенсивного перемішування, а також модифікації поверхні вуглецевих наночастинок фізико-хімічними методами. Дослідження [6]

показують, що для утворення стійкої дисперсної системи слід враховувати тип вуглецевих нанотрубок, а також в'язкість дисперсійного середовища.

Переваги ультразвукового розподілу наночастинок у водних розчинах відмічено у роботі [7]. Автори зазначають, що ультразвукова обробка за основу має явище кавітації, яке пришвидшує фізико-хімічні процеси у рідині. Поверхнево-активні речовини, які містить колоїдний розчин сприяють створенню однорідної суспензії та в подальшому відповідають за збереження постійного ступеня дисперсності системи. Серед факторів, що визначають ефективність застосування поверхнево-активних речовин є їх концентрація та час ультразвукової обробки розчину. Зміна цих параметрів може привести до нульового або навіть негативного результату дії поверхнево-активної речовини на систему. Оцінку розподілу наночастинок можна проводити за показником оптичної щільності, а також за допомогою мікроскопа – наявність частинок більше визначеного розміру. Дослідження параметрів ультразвуку для встановлення оптимальних режимів обробки забезпечує не тільки диспергування дисперсної фази, але і появу інших нелінійних ефектів взаємодії ультразвуку та рідини, наприклад дегазацію середовища носія, розігрів, молекулярні перетворення та інші [8]. Вплив поверхнево-активних речовин на стабілізацію системи «середовище носій – наночастинки» підкреслено і у роботі [9]. Результати оцінювання інтенсивності диспергації та стійкості системи спектрофотометричним методом демонструють суттєве підвищення якості диспергації та стабільність суспензії внаслідок додавання поверхнево-активних речовин. Зв'язок оптичної щільності суспензії, концентрації поверхнево-активної речовини та її ступеню оксиетилування дає змогу прогнозувати стійкість суспензії протягом певного часу. Автори також підкреслюють суттєві відмінності в розглянутих закономірностях при використанні вуглецевих нанотрубок та фулеренів.

Існує думка, що основним недоліком ультразвукової диспергації є велика енергоємність та мала виробнича потужність. Зважаючи на те, що ультразвукова диспергація являє собою найпоширеніший спосіб рівномірного розподілення наночастинок у рідині за присутності пластифікуючої добавки, з'являються нові методи кавітаційного диспергування. Одним з таких є спосіб отримання стабільних та однорідних суспензій за допомогою кавітаційного гідродинамічного обладнання. Розділення та диспергація агломерованих вуглецевих нанотрубок відбувається внаслідок зміни (збільшення та зменшення) швидкості потоку рідини та тиску у потоці, внаслідок обтікання потоком стрижнів, різноманітних звужень та розширень гідродинамічного диспергатора. Перевагами цієї технології є суттєве зниження енергозатрат та можливість обробки великих об'ємів рідини, що необхідні наприклад для наномодифікації бетону в умовах реального виробництва [11].

Відсутність якісного способу додавання наночастинок та рівномірного їх розподілу в суспензії чи матеріалі, а також забезпечення стійкості суспензії при зберіганні чи транспортуванні є нагальними питаннями використання наночастинок при отриманні будівельних матеріалів. Ці питання можуть бути причиною неоднорідності отриманих результатів при застосуванні нанотехнологічних рішень.

Висновки. Відповідно до розглянутого залишаються чітко не визначеними та такими, що потребують подальших досліджень, наступні категорії:

− вибір середовища для проведення диспергації наночастинок;

− вибір оптимальної технології диспергації частинок у середовищі носії;

− вибір засобів контролю рівномірності розподілу частинок у середовищі носії, а згодом і у матеріалі.

Список використаних джерел

1. Провоторов М. В., Трухина М. В. Бобылева О. Н. Концептуальные проблемы модифицирования материалов наноразмерными частицами. *Наука и современность*. 2011. С. 149−156.

2. Федосова Н. А. и др. Разработка дисперсионной среды на основе углеродных нанотрубок для армирования керамических материалов. *Успехи в химии и химической технологии.* 2012. Т. XXVI, № 1 (130). С.61–65.

3. Строкова В. В., Павленко Н. В., Мирошников Е. В. Комплексная система мониторинга и управления процессом получения наноструктурированного вяжущего.*Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 54−56.

4. Федорова Г. Д. и др. Оценка полифункционального модификатора бетона ПФМ−НЛК в качестве сурфактанта при диспергации углеродных нанотрубок. Строительные материалы. 2013. № 2. С. 48–51.

5. Морозова Н. Н., Майсурадзе Н. В., Галиев И. И. Исследование влияния среды на степень диспергирования диоксида титана. *Вестник технологического университета*. 2017. № 6. Т. 20. С. 71–75.

6. Климов Е. С. и др. Дисперсные системы с многостенными углеродными нанотрубками. *Вестник ЮУрГУ*. 2018. № 2, т. 10. С. 5–14.

7. Толчков Ю. Н. и др. Влияние поверхностно-активных веществ на распределение углеродных наноматериалов в водных дисперсиях при наномодифицировании строительных композитов. *Химическая физика и мезоскопия*. 2017. № 2, т. 19. С. 292–298.

8. Королев Е. В., Кувшинова М. И. Параметры ультразвука для гомогенизации дисперсных систем с наноразмерными модификаторами. *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 85–88.

9. Гатауллин А. Р., Французова М. С., Богданова С. А., Галяметдинов Ю. Г. Диспергирование одностенных углеродных нанотрубок и фуллеренов C_{60} в воде и водных растворах ПАВ. *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. С. 54−57.

10. Александров Г. Н., Федорова Г. Д. Микроскопическое исследование дисперсии многослойных углеродных нанотрубок. *Строительные материалы*. 2014. № 1-2. С. 25–29.

11. Хузин А. Ф., Рахимов Р. З., Габидуллин М. Г. Диспергируемость глобул многослойных углеродных нанотрубок различных производителей. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015.

12. Федорова Г. Д., Александров Г. Н., Смагулова С. А. Исследование устойчивости водной суспензии оксида графена. *Строительные материалы*. 2015. № 2. С. 15−21.

13. Гусев Б. В., Петрушин С. Ю. Кавитационное диспергирование углеродніх нанотрубок и модифицирование цементніх систем. *Нанотехнологии в строительстве*. 2014. Т. 6, № 6. С. 50−57.

УДК 692.42/.47

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ПОКРІВЛІ ЦИВІЛЬНИХ БУДИНКІВ

Дікарев К. Б., к. т. н., доц., **Кислиця Л. В.**, к. т. н., доц., **Куценко А. О.**, к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
"Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Вступ. Питання збереження теплоти, раціонального використання енергетичних та теплових ресурсів займає особливе місце в будівельних технологіях. Такі питання лежать і в основі досліджень кафедри Технології будівельного виробництва [1]. Основна європейська стратегія «20−20−20» передбачає підвищити енергоефективність національних економік на 20 %, знизити на 20 % викиди газів в атмосферу (у порівнянні з 1990 р.) та досягнути покриття 20 % загальних енергопотреб [2] в рамках «Пакету дій щодо боротьби зі зміною клімату та використанням відновлюваної енергії».

Вчені прагнуть створити матеріал з невеликою об'ємною масою та низькою теплопровідністю. Існує вже велика кількість теплоізоляційних і конструктивно-теплоізоляційних будівельних матеріалів. З іншого боку, такі будівельні матеріали як бетон, цегла, саман, камінь, деревина є досить хорошими теплоакумуляторами, оскільки мають високі показники тепломісткості. Окрім пасивних теплоакумулюючих матеріалів, широкого застосування сьогодні набувають фазоперехідні теплоакумулюючі матеріали.

У наш час найбільш придатними для акумулювання тепла вважаються парафіни. Такий матеріал в умовах високої температури, наприклад, знаходячись у покрівлі будинку під сонячним випромінюванням протягом дня, буде приймати тепло і потім віддасть його в навколишнє середовище в нічний час.

Метою даної роботи є висвітлення технічного рішення, що стосується конструкції покрівлі житлового будинку із можливістю регулювання кількості тепла, яка передається від покрівлі до внутрішніх приміщень. На основі запатентованого в Україні технічного рішення покрівельної панелі із фазоперехідним матеріалом [3], до складу покрівлі, що розглядається включено додаткові елементи – вентилятори, які дають можливість пришвидшити рух повітря у вентильованому шарі, тим самим збільшуючи кількість виведеного завдяки вентиляції тепла.

Очікувані результати. Відомими є сонячні накопичувачі теплової енергії з фазоперехідними матеріалами [4; 5], що призначені для використання аграріями. Найбільш близькими до технічного рішення, що розглядається є вентильовані покрівлі з фазоперехідними матеріалами [6; 7], призначені для житлового будівництва. Недоліком цих покрівель є неможливість регулювання швидкості руху повітряного потоку у вентильованому шарі.

В основу технічного рішення, що розглядається в даній роботі, поставлена задача оснащення покрівлі житлового будинку вентильованим шаром, плин повітря у якому може змінюватися відповідно до кількості тепла, яке поглинається покрівлею із навколишнього середовища. Поставлену задачу вирішують оснащенням вентильованого шару додатковими елементами – вентиляторами, які дають можливість пришвидшити рух повітря, тим самим збільшуючи кількість виведеного завдяки вентиляції тепла. Фрагмент покрівлі зображено на рисунку.

Верхній гідроізоляційний шар покрівлі 10, що кріпиться до обрешітки 9 нагрівається під дією сонячного випромінювання спонукаючи рух повітря у вентильованому шарі 6. Значна частина тепла від нагрітого повітря поглинається шаром з фазоперехідним матеріалом 5. Теплоізоляційний шар 4, розташований між кроквами 1 і обмежений внутрішнім облицюванням 3, затримує деяку частину накопиченого тепла та перешкоджає надмірному нагріванню повітря внутрішніх приміщень будинку.

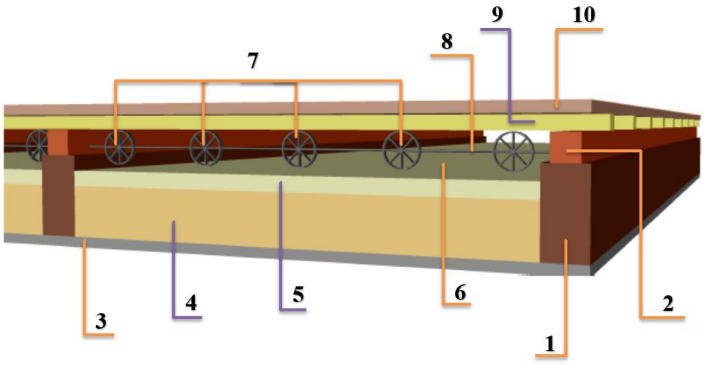


Рис. Фрагмент покрівлі з фазоперехідним матеріалом та регульованим повітряним потоком у вентильованому шарі

При увімкненні вентиляторів 7, насаджених на напрямну 8, яка закріплена до лат 2, швидкість руху повітря у вентильованому шарі збільшується, а отже збільшується і частина виведеного завдяки вентиляції тепла. При вимкнених вентиляторах 7, у прошарку відбувається природна вентиляція.

Висновки. Застосування фазоперехідного теплоакумулюючого матеріалу у якості одного з шарів покрівлі цивільного будинку допоможе урівноважити температурні коливання протягом доби, а оснащення покрівлі вентиляторами дасть можливість регулювати кількість тепла, яка передається до внутрішніх приміщень будинку. Це дозволить покращити клімат житлового приміщення, а також отримати деяку економію енергетичних та грошових витрат порівняно з використанням покрівлі класичного складу.

Список використаних джерел

1. Шаленний В. Т., Березюк А. М., Огданський І. Ф., Дікарев К. Б., Скокова А. О. Ресурсозбереження в технології влаштування та відновлення властивостей зовнішніх стін цивільних будівель : навч. посіб. Дніпропетровськ : «Роял Принт», 2014. 264 с.

2. Європа аналізує програму «20−20−20». URL: https://www.ecotown.com.ua/news/YEvropa-analizuye-prohramu-20-20-20

3. Патент 139844 Україна, МПК E04B 7/22, E04C 2/292. Покрівельна панель для мінімізування витрат на охолодження будинків / К. Б. Дікарев, А. О. Куценко, О. М. Кузьменко, В. О. Петренко, Д. Ю. Чашин, заявл. 14.06.2019; опубл. 27.01.2020, Бюл. № 2.

4. M. R. Poolea, S. B. Shahb, M. D. Boyetteb, L. F. Stikeleatherb, T. Cleveland. Performance of a coupled transpired *solar collector – phase changematerial-based thermal energy storage system.* Energy and Buildings. Vol. 161. 2018. Pp. 72–79.

5. A. E. Kabeel, A. Khalil, S. M. Shalaby, M. E. Zayed. Improvement of thermal performance of the finned plate solar air heater by using latent heat thermal storage. *Applied Thermal Engineering*. Vol. 123. 2017. Pp. 546–553.

6. J. Kos´ny, K. Biswas, W. Miller, S. Kriner. Field thermal performance of naturally ventilated solar roof with PCM heat sink. *Solar Energy*. Vol. 86. 2012. Pp. 2504–2514.

7. Технічне рішення № u202001992, МПК E04B 7/22, E04C 2/292. Покрівельна панель для зменшення витрат на охолодження будинків з гідроізоляційним шаром / К. Б. Дікарев, А. О. Куценко, О. М. Кузьменко, В. О. Петренко, Д. Ю. Чашин, Л. В. Кислиця, заявл. 23.03.2020.

УДК 66.001.5:693.546

3D-ДРУК БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ: ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ТЕРМІНОСИСТЕМИ

Євсєєва Г. П., д. н. держ. упр., проф.,
Савицький М. В., д. т. н., проф.**, Шатов С. В.,** д. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Наука будь-якої галузі стрімко розвивається і це стосується навіть такої усталеної галузі як будівництво. Виникнення нових напрямків науки в галузі впливає на суміжні науки, так зокрема виникнення 3D-друкування в машинобудуванні зумовила виникнення такого напрямку науки і в галузі будівництва. Про популярність та активність науковців в напрямку 3D-друкування свідчить факт зростання патентів та винаходів. Так, за ствердженням Г. О. Андрощука «Україна входить до 20 провідних країн світу (11 місце), де було подано перші патентні заявки в 1995–2001 рр. і 2005–2011 рр. у сфері 3D-друку» [1]. Сьогодні Україна посідає п'яте місце в патентуванні винаходів у сфері 3-D друку, пропустивши попереду себе лише США, Японію, Китай та Південну Корею. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури у цій сфері посідає перше місце, саме науковій школі, очолюваній професором Миколою Савицьким, належить більшість патентів з 3D-друкування у галузі будівництва.

Станом на 10.03.2017 року в Україні чинними є 22 патенти, з них 3 патенти на винаходи. Всього за аналізований період було подано 16 заявок на винаходи і 36 — на корисні моделі. За останні 3 роки винахідницька активність значно зросла. Кількість виданих патентів складає 34. З них 10 патентів на винаходи і 24 — на корисні моделі. Тільки в минулому році українським заявникам було видано 27 патентів на винаходи у сфері адитивних технологій. Ця інноваційна технологія має міжгалузевий характер і надає необмежені можливості для експериментів в таких сферах як архітектура, будівництво. 3D-друк виник на базі вже існуючих технологій формування матеріалів у пластичному стані. Тому термінологічна система 3D-друкування повинна корелюватися з іншими, зокрема з галуззю машинобудування.

3D-друкування – це процес відтворення реального об'єкту за зразком 3D-моделі. На відміну від звичайного принтера, який виводить інформацію на лист паперу, 3D-принтер дозволяє виводити тривимірну інформацію, тобто створювати певні фізичні об'єкти. В основі технології 3D-друкування лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердої моделі. 3D-друкування може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердого об'єкту. Цей метод знаходить своє застосування в багатьох сферах виробництва: елементи машинобудування, різноманітні макети, елементи інтер'єру, різні деталі. У будівництві 3D-друкування вимагає створення технологій, ефективного устаткування, нормативної бази. Різноманітність будівельної друкарської техніки відкриває широкі можливості в будівельній індустрії. На сучасному етапі конструкції принтерів дозволяють створювати малоповерхові споруди різних конфігурацій із застосуванням різних будівельних сумішей.

Мета дослідження упорядкувати процес узгоджування й удосконалювання української науково-технічної термінології 3D-друкування в галузі будівництва; полегшити сприймання та розуміння науково-технічного тексту 3D-друкування; поліпшити національні термінологічні стандарти щодо змісту й оформлення.

Виклад основного матеріалу. В українській науковій сфері унормування терміносистеми здійснюється на підставі нормативно-правових документів, зокрема ДСТУ3966:2009 [2], ДСТУ3008:2015 [3] та ін. Терміни 3D-друкування у галузі будівництва становлять окрему терміносистему. Терміносистема − відносно замкнена,

кількісно обмежена множина термінів, що відбиває поняттєву систему певної предметної сфери на відповідному етапі її розвитку [1].

Термінологію з питань 3D-друкування у галузі будування має бути стандартизованою для того, щоб унормувати та затвердити в різних напрямках будівельної галузі однозначно зрозумілі, несуперечливі терміни для всіх сфер застосування, зокрема в довідковій, методичній, технічній і науковій та навчальній літературі. Як нам здається, це забезпечить однаковість описування об'єктів у процесі гармонізування національних стандартів з міжнародними стандартами (МС), регіональними чи національними стандартами інших країн. Усуне термінологічні перешкоди в разі створення конкурентоспроможної продукції в Україні та забезпечить її вихід на економічний ринок. Унормована термінологія 3D-друкування виявить й усуне вади термінології, уживаної в документації, сприятиме підвищенню рівня загальної та фахової освіти в українських фахових вишах, удосконалить подальший розвиток української науково-технічної мови в галузі 3D-друкування.

Предметна сфера 3D-друкування і властиві їй поняття різноманітні та багатогранні, але є спільні ознаки, які визначають суть будь-якого терміна як лексичної одиниці, якою позначено певне поняття. Щоб виконувати свої функції, термін має задовольняти такі вимоги: системність; відповідність лексичного значення терміна позначеному ним поняттю; однозначна відповідність терміна поняттю; раціональна стисліть; стилістична нейтральність; словотворча (деривaційна) здатність; мовна правильність; переважність рідної мови; згармонізованість; наявність визначення поняття.

Системними вважають прості терміни, якщо їх утворено системним застосуванням словотворчих або інших мовних засобів, наприклад: *вантажомісткість, вантажопідйомність, випробувальний майданчик, екосистема* тощо.

Іменники на позначення властивостей об'єктів 3D-друкування можна утворювати за допомогою одного з найпродуктивніших суфіксів *-ість,* доданого до основи прикметника *(асинхронність, біполярність, надійність, безпечність, точність)*. Для назв знаряддя дії 3D-друкування необхідно використовувати продуктивні суфікси *-ач* і *-ник,* додаючи до основи дієслова *(вимикач, вимірювач, охолоджувач, затискач; замінник, запобіжник, лічильник)*.

Щодо вимоги відповідності лексичного значення терміна позначеному ним поняттю, то варто зазначити, що ДСТУ3966:2009 так регламентує вимоги: «Визначення поняття у термінологічних стандартах — це зазвичай опис поняття через найближче родове поняття та суттєві видові ознаки, пов'язані логічними зв'язками. Щоб сформулювати визначення, треба встановити зв'язок позначуваного поняття з поняттями, які належать системі. Визначення поняття є основною підставою, щоб аналізувати та добирати терміни для стандартизування» [1]. Наприклад: «***Будівельні 3D-принтери*** *– це устаткування нового покоління для зведення будівель і споруд, а також елементів будівельних конструкцій*»; «***Екструдер*** *– частина друкувального елемента, який формує товщину витисненого шару будівельної суміші*»; *«****Екструдування*** *– технологічний процес, який забезпечує пошарове витиснення будівельної суміші*»; «***3D-технологія»*** те ж саме що «***Адитивні технології*** *– одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання (друку, вирощування) послідовних шарів матеріалу (будівельних сумішей) за даними цифрової моделі. Друк здійснюється спеціальним пристроєм – 3D-принтером, який забезпечує створення фізичного об'єкта шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу на основі віртуальної 3D-моделі»* [4; 5].

Висновки. На думку науковців, які працюють у сфері 3D-друкування в галузі будівництва, терміносистема 3D-друкування має розвиватися та систематизуватися відповідно до вимог нормативно-правової бази та міжнародних стандартів у таких напрямках: 1) обладнання, механізми та устаткування 3D-друкування; 2) технології 3D-друкування; 3) матеріали та суміші 3D-друкування; 4) будівлі та вироби 3D-друкування. Кожен з визначених напрямів повинен мати основні визначення й поняття,

які повинні корелюватися між собою та утворювати спільну терміносистему технології 3D-друкування у галузі будівництва. Наші подальші дослідження полягатимуть у розвитку і систематизації кожного напрямку.

Список використаних джерел

1. Андрощук Г. О. Патентний ландшафт – стратегічний інструмент інноваційного розвитку (на прикладі 3D-друку). *Science and Science of Science.* 2017. № 2 (95). С. 52−58. ISSN 0374-3896.

2. ДСТУ 3966:2009. Засади і правила розроблення стандартів на терміни та визначення понять. Термінологічна робота. Національний стандарт України. Київ : Держспоживстандарт, 2010. 31 с.

3. ДСТУ3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Національний стандарт України. Київ : Держспоживстандарт, 2010. 31 с.

4. Savytskyi N.V., Shatov S.V., Ozhyshchenko O.A. 3D-printing of build objects. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 3. С. 18–26.

5. Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3D-друку будівельних об’єктів : кол. моногр. За заг. ред. Савицького М. В. Дніпро : ФОП Удовиченко О. М., 2019. 233 с.

УДК 624.04:624.07:519.688

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ СТРИЖНЕВИХ СИСТЕМ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ВИПАДКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ

Єгоров Є. А., д. т. н, проф., **Кучеренко О. Є**., к. т. н.
Державний вищій навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Різноманіття сучасних архітектурних форм, перспективи освоєння космосу та інші нові виклики в будівельній галузі висувають багато нових проблем, які не вкладаються в існуючу філософію загального методу їх розрахунку та проектування. Це викликано, перш за все, тим, що у всіх перелічених випадках варіативність зовнішніх впливів виявляється важко передбачуваною. А в умовах космосу (різкі перепади температур, радіація та ін.) далеко невизначеними стають і можливі змінювання фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів, в тому числі і сталі. Застосування в таких умовах методу розрахункових граничних станів (або методу часткових коефіцієнтів надійності, як прийнято називати його за кордоном) в його традиційній постановці не забезпечує знаходження ефективного компромісу між надійністю та ефективністю об'єктів, що будуються [1].

Мета роботи. У даній роботі автори демонструють можливість розв'язання задач з розрахунку і проектування конструкцій у вигляді плоских або просторових стрижневих систем на основі розробленого ними алгоритму. Алгоритм ґрунтується на використанні напіввизначеної оптимізації для пошуку оптимальної топології системи з визначенням параметрів перерізів всіх її елементів і одночасним більш ретельним і точним урахуванням можливої змінності зовнішніх навантажень і впливів.

Основні результати. Ілюстрація алгоритму подається на прикладі плоскої стрижневої системи, базовий варіант (повний граф) якої показаний на рисунку 1. В схемі відстань між опорами складає 2 м, а висота 1 м.

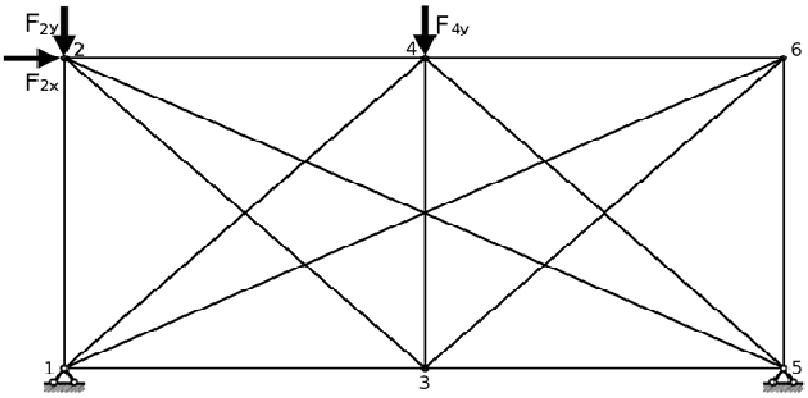


Рис. 1. Базова схема структури

Припустимо, що сили, які діють на систему, мають ймовірнісну природу та відповідають наступним розподілам:

1. Сила F_{2x} – розподіл Вейбула $\mathbf{W}(\lambda = 2\cdot10^5, k = 1.3)$;
2. Сила F_{2y} − нормальний розподіл $\mathbf{N}(\mu = -10^5, \sigma = 10^3)$;
3. Сила F_{4y} − узагальнений розподіл екстремальних значень $\mathbf{GEV}(\mu = -2\cdot10^5, \sigma = 10^3, \xi = 10^{-2})$.

За таких умов середні значення навантажень з 95 % довірчою ймовірністю знаходяться в інтервалах: 1) $F_{2x} \in$ (176483, 194263) Н; 2) $F_{2y} \in$ (-100057, -99935) Н; 3) $F_{4y} \in$ (-199496, -199334) Н.

Треба визначити, яка топологія системи і які площі перерізів якнайкраще відповідатимуть наведеним вище умовам.

Для відповіді на поставлене питання формуються n випадкових вибірок навантажень $\{F_{2x}, F_{2y}, F_{4y}\}_{i \in 1..n}$ і далі для кожної такої вибірки розв'язується напіввизначена оптимізаційна задача:

$$
\begin{aligned}
&minimize \quad \Omega \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i \le 1 \\
&v_i \ge 0, i = 1 \ldots m \\
&\begin{pmatrix} \Omega & F_j^{\,T} \\ F_j & \sum_{i=1}^{m} \dfrac{E_i v_i}{L_i^2} a_i a_i^{\,T} \end{pmatrix} \ge 0,\ j = 1,\ldots, M,
\end{aligned}
$$

де $\Omega \ge \frac{1}{2} F^T u$, a_i − стовпець матриці рівнянь рівноваги; $L \in R_+^m$ − довжини стрижнів; $E \in R_+^m$ − модулі Юнга, які вважатимемо рівними $2 \cdot 10^{11}$ Па.

Розв'язок задачі визначає загальну топологію системи та оптимальне співвідношення між об'ємами стрижнів $v_1 : v_2 : \ldots : v_m$. Об'єм кожного окремого стрижня обчислюється як $V_i = V \cdot v_i$, де V − загальний об'єм всіх стрижнів, який визначається з додаткових умов міцності та стійкості [5, 6]. В даному випадку розглядалися стрижні зі сталі з розрахунковим опором $R = 2.1 \cdot 10^8$ Па. Геометрія перерізів стрижнів приймалася у вигляді суцільного круга (суто для спрощення розрахункових операцій).

Розв'язування оптимізаційної задачі веде до топологічної схеми, яка зображена на рисунку 2.

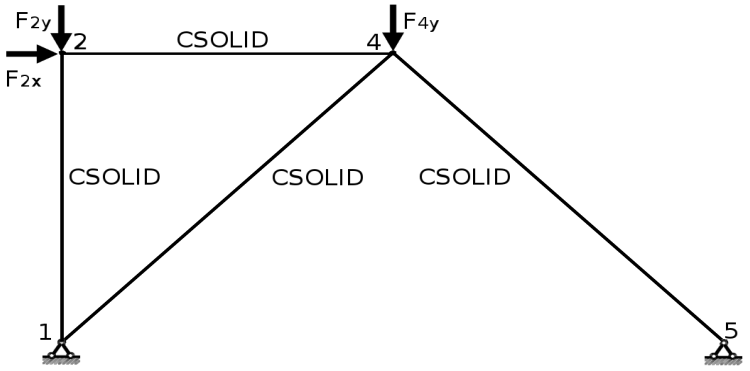


Рис. 2. Оптимальна топологія стрижневої системи

При цьому розподіл випадкових внутрішніх зусиль в певних стрижнях матимемо мультимодальний характер. Саме це, головним чином, і обумовлює складність процесу визначення конструктивних параметрів навіть такої тривіальної стрижневої системи, якщо вона функціонує за умов одночасної дії випадкових навантажень.

У таблиці 1 наведено довірчі інтервали площі перерізів стрижнів системи, які визначалися з використанням статистичного бутстрепу.

Таблиця 1

Стрижень	0.9-квантиль, м^2	Інтервал, м^2
1−2	0.001554	(0.001551, 0.001559)
1−4	0.002940	(0.002920, 0.002957)
2−4	0.003474	(0.003430, 0.003514)
4−5	0.002373	(0.002370, 0.002375)

Отримані розподіли перерізів стрижнів і топологія системи є в своєму роді оптимальними (по масі) для розглянутого прикладу.

Висновки. Наведено один з можливих алгоритмів оптимального проектування стрижневої системи при дії на неї випадкових навантажень. Алгоритм дозволяє визначати оптимальну топологію системи з визначенням відповідної площі перерізів (будь-якого виду) всіх її стрижнів.

Список використаних джерел

1. Валуйских В. П. Статистические методы оптимального проектирования конструкций. Владимир : Владим. гос. ун-т, 2001. 156 с.

2. Ben-Tal A., Nemirovski A. Robust truss topology design via semi definite programming. *SIAM Journal on optimization*. Vol. 7, iss. 4, 1997, p. 991.

3. Takada T. Multiobjective optimization of truss topology by linear / sequential linear programming method. *Journal of Mechanical Engineering and Automation*. 2012. Vol. 2. Pp. 585−593.

4. Єгоров Є. .А., Кучеренко О. Є. Нелінійна оптимізація топології просторових стержневих систем. *Опір матеріалів і теорія споруд*. 2018. № 100. С. 105–114.

5. Ржаницын А. Р. Строительная механіка. Москва : Высшая школа, 1982. 400 с.

6. Kattan P. Matlab Guide to Finite Elements. New York : Springer, 2008. 430 p.

УДК 624.953:624.046.03

ОЦІНКА НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕВИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ПРИ ВІТРОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Івченко Ю. В., к. т. н.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Аналіз стану питання. На практиці сталеві вертикальні циліндричні резервуари найбільш часто застосовуються як нафтосховища наземного типу. У вітчизняній номенклатурі об'єм резервуарів розглянутого типу становить 100...75 000 м^3. Геометричні параметри резервуарів змінюються в досить широкому діапазоні: $l/r=0,6\div2,5$; $r/t=600\div3800$ (l, r, t – довжина, радіус і товщина циліндричної стінки резервуару). З наведених співвідношень видно, що циліндрична стінка резервуарів відноситься до класу вельми тонкостінних оболонок [1; 2]. При експлуатації на резервуар діє цілий комплекс навантажень: тиск від продукту, що зберігається, надлишковий тиск в газовому просторі резервуара, власна вага конструкцій стінки і покриття, снігове навантаження, вакуум, вітрове навантаження. На особливу увагу заслуговує дія вітрового навантаження на резервуари.

Постановка задачі. Згідно норм проектування [3] вітрове навантаження на споруди циліндричної форми представлене у вигляді нерівномірно розподіленого по колу тиску і рівномірно розподіленого навантаження на покриття. У розрахунках міцності резервуарів вітрове навантаження не враховується, оскільки напруження від вітрового тиску за знаком будуть зворотними напруженням від основного навантаження для резервуарів – гідростатичного тиску від ваги збереженої рідини; а також з огляду на невелику величину напружень від вітрового навантаження. При розрахунку резервуарів на стійкість розглядається тільки вітрове навантаження на корпус резервуара без урахування навантаження на покриття. При цьому, згідно вітчизняних норм проектування [4], нерівномірний вітровий тиск на циліндричну стінку замінюється рівномірним тиском з однаковим для резервуарів всіх об'ємів коефіцієнтом приведення, що дорівнює 0,5. З огляду на вищевикладене, була поставлена задача дослідити особливості поведінки циліндричної стінки сталевих резервуарів при вітровому тиску з урахуванням його фактичного розподілу.

Зміст досліджень. Дослідження проводилися чисельним методом (МСЕ) з використанням програмного комплексу «ЛИРА». Розглядалися циліндричні оболонки постійної товщини, геометричні параметри яких приймалися близькими до геометрії реальних резервуарів: $r/t=1500\div3000$, $l/r=0,6\div2,5$. У якості навантаження було прийнято розподіл вітрового тиску по колу оболонки згідно норм проектування [3]. При призначенні граничних умов було розглянуто два варіанти закріплення обох торців оболонки: 1) шарнірне обпирання; 2) жорстке затиснення.

Дослідження виконувалися в такій послідовності. На першому етапі виконувався аналіз напружено-деформованого стану оболонок при вітровому тиску. На наступних етапах виконувався нелінійний аналіз деформування і розрахунок стійкості оболонок при вітровому навантаженні.

Статичний розрахунок показав, що у всіх випадках величина кільцевих напружень не перевищувала 12…18 МПа, а еквівалентних напружень – 17…20 МПа. Як і слід було очікувати, розглянуті оболонки мають великий запас за міцністю, а вітрове навантаження є небезпечним з позицій стійкості.

Аналіз деформативного стану оболонок при вітровому навантаженні показав, що на поверхні оболонок (особливо в зоні дії активного вітрового тиску) виникають хвильові радіальні відхилення, які є наслідком неоднорідного характеру навантаження. Величина

таких відхилень невелика, проте довжина їх близька довжині хвиль випинання власної форми втрати стійкості оболонок.

На наступному етапі досліджень виконувався нелінійний аналіз деформованого стану оболонок при вітровому навантаженні. В результаті розрахунку були отримані граничні значення вітрового тиску (верхнє $q_{cr,w}^{up}$ і нижнє $q_{cr,w}^{l}$ значення), деформовані схеми оболонок. Аналіз отриманих результатів вказує на те, що істотні розбіжності між лінійним і нелінійним аналізом деформованого стану починають проявлятися при досягненні вітровим тиском величини $q_w = 0{,}8 \cdot q_{cr,w}^{up}$. При цьому істотно збільшуються радіальні переміщення оболонок і згинальні напруження кільцевого напрямку.

На третьому етапі досліджень виконувався лінійний аналіз стійкості циліндричних оболонок при вітровому тиску. В результаті розрахунку отримані критичні значення вітрового тиску $q_{cr,w}$. Необхідно відзначити, що, якщо досягнення граничних значень вітрового тиску $q_{cr,w}^{up}$, $q_{cr,w}^{l}$ і супроводжується істотним зростанням деформацій оболонок, то досягнення навантаженням критичного значення $q_{cr,w}$ пов'язано з повною втратою стійкості оболонки, що є неприпустимим для резервуарів, що знаходяться в експлуатації.

З аналізу отриманих даних встановлено, що для розглянутих циліндричних оболонок верхні граничні значення $q_{cr,w}^{up}$ трохи вище критичних значень $q_{cr,w}$, але в цілому вони близькі. Співвідношення між нижнім граничним навантаженням $q_{cr,w}^{l}$ і верхнім $q_{cr,w}^{up}$ становить 0,6 - 0,8 в залежності від геометричних параметрів і умов обпирання торців оболонок. Так, для оболонки з $r/t = 1500$, $l/r = 1$ вказане відношення становить: $\frac{q_{cr,w}^{н}}{q_{cr,w}^{в}} = \frac{1{,}98}{3{,}18} = 0{,}62$. Відповідні величини відносних радіальних прогинів $\bar{f} = \frac{f}{t}$ цієї оболонки складають: при $q_{cr,w}^{up} = 3{,}18$ кПа – $\bar{f} = 0{,}9 \div 2{,}6$; при $q_{cr,w}^{l} = 1{,}98$ кПа – $\bar{f} = 5 \div 20$.

Висновки

1. Аналіз отриманих даних показує, що для розглянутих циліндричних оболонок верхнє граничне значення вітрового тиску $q_{cr,w}^{up}$, отримане з рішення нелінійної задачі деформування, і критичне значення вітрового тиску $q_{cr,w}$, отримане з рішення задачі стійкості, дуже близькі.

2. Процес деформування циліндричних оболонок при вітровому тиску має в цілому стійкий характер, а саме по собі вітрове навантаження не представляє небезпеки для загальної втрати стійкості оболонки.

3. В інженерних розрахунках оцінки стійкості резервуарів в якості граничного значення вітрового навантаження рекомендується приймати нижнє граничне навантаження $q_{cr,w}^{up}$, що також попередить розвиток надмірно великих прогинів, які можуть супроводжуватися пластичними деформаціями.

Список використаних джерел

1. Вольмир А. С. Устойчивость деформируемых систем. Москва : Наука, 1967. 984 с.
2. Койтер В. Т. Устойчивость и закритическое поведение упругих систем. Механика : сб. пер. иностр. статей. 1960. № 5 (63). С. 99−100.
3. ДБН В.1.2-2-2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 75 с.
4. ВБН В 2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. Київ : Державний Комітет України по нафті і газу, 1994. 95 с.

УДК 69.059.7

ЧИННИКИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА РОБІТ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ЗІ ЗМІНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ковальов В. В., к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Для більшості великих міст актуальною є проблема підвищення ефективності організації та управління процесом реконструкції міської забудови. Вирішення цієї проблеми можливе на основі розроблення концепції, методологічних принципів, методів організаційно-технологічного проектування реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення шляхом подальшого розвитку механізму формування, оцінювання, аналізу та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень, спрямованих на забезпечення енергоощадності та екологічності об’єктів, із урахуванням системного впливу організаційно-технологічних та управлінських чинників [1].

Метою дослідження є систематизація факторів, що характеризують особливості виробництва робіт в умовах реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення та здійснюють визначальний вплив на показники ефективності організаційно-технологічних рішень.

Основні результати. При обґрунтуванні організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення необхідно враховувати вплив множини організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів [2], серед яких визначальне значення мають такі чинники, як технічний стан будівлі, стисненість, насиченість промислової території інженерними мережами і спорудами та умови їх експлуатації.

Технічний стан будівель суттєво впливає на вибір методів їх реконструкції. В залежності від величини фізичного зносу будівельних конструкцій та технічного стану будівель розробляються рішення, спрямовані на усунення ознак фізичного зносу та відновлення експлуатаційних якостей будівельних конструкцій, зокрема шляхом ремонту, підсилення або заміни.

Роботи з оцінювання технічного стану будівельних конструкцій промислових будівель включають: попереднє обстеження об’єкту з оцінюванням обсягів робіт; збирання та аналіз технічної документації; виявлення характерних дефектів і пошкоджень, аварійних ділянок; оброблення та аналіз результатів обстеження, визначення фізичного зносу об’єкту.

Технічний стан промислових будівель обумовлений як внутрішніми впливами (технологічний процес, навантаження від власної ваги та обладнання, коливання температур тощо), так і зовнішніми впливами (температура, повітря, опади, гази, хімічні речовини, радіація, електромагнітне випромінювання, тиск ґрунту, води тощо).

При реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення, виходячи з технічного стану будівельних конструкцій та залежно від обраної майбутньої функції об’єкту, до переліку основних будівельних робіт належатимуть:

- ремонт та утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій;
- заміна вікон і дверей;
- ремонт, підсилення або заміна конструкцій покриттів;
- ремонт або заміна покрівлі;
- ремонт підлоги;
- ремонт або влаштування інженерних мереж;

– ремонт внутрішнього та зовнішнього опорядження;
– благоустрій території.

Стисненість об’єкту реконструкції являє собою ускладнюючий чинник, що обмежує можливості ефективного використання засобів механізації та організації майданчика в зв’язку з наявністю певних перешкод. Стисненість виявляється в обмеженні можливостей щодо розміщення та переміщення будівельної техніки, складування будівельних конструкцій, транспортування будівельних вантажів, створення виробничо-побутових умов для робітників.

Насиченість території промислового підприємства інженерними мережами та умови їх експлуатації також визначають специфіку виконання будівельних робіт в умовах реконструкції. Можливі такі ситуації:

– незначна кількість інженерних мереж, що не потребують їх захисту або перекладання в процесі реконструкції;
– наявні інженерні мережі, що експлуатуються в процесі реконструкції і потребують їх захисту або перенесення в незначній мірі;
– наявна значна кількість інженерних мереж, які експлуатуються в процесі реконструкції і потребують їх захисту або перенесення.

Те саме стосується і насиченості території промислового підприємства інженерними спорудами та умов їх експлуатації, щодо яких можливі такі ситуації:

– наявні інженерні споруди повністю реконструюються;
– наявні інженерні споруди частково реконструюються, а частково зносяться;
– наявні інженерні споруди повністю зносяться.

Висновки. Застосування систематизованих факторів при розробленні моделей обґрунтування організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення дозволить кількісно оцінювати рівень досягнення заданого результату, зокрема за критеріями тривалості і вартості, на різних етапах управління будівельними проектами.

Список використаних джерел

1. Кравчуновська Т. С., Броневицький С. П., Ковальов В. В., Данилова Т. В., Ткач Т. В. Планування розміщення і організація будівництва та реконструкції об’єктів доступного житла з урахуванням містоформуючих особливостей територій великих міст : монографія. Дніпро : Літограф, 2019. 228 с.
2. Walker A. Project management in construction. New Jersey : Wiley-Blackwell, 2015. 352 p.
3. Zavadskas E. K., Antucheviciene J., Vilutiene T., Adeli H. Sustainable decision-making in civil engineering, construction and building technology. *Sustainability.* 2018. № 10 (1), 14. URL: https://doi.org/10.3390/su10010014
4. Ковальов В. В., Кравчуновська Т. С., Данилова Т. В., Єпіфанцева С. В. Формування вимог до об’єктів будівництва протягом їх повного життєвого циклу. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2019. № 39 (1). С. 179–186.

УДК 624.073:531.3

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТА ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПЛАСТИН ЗА ДІЇ РУХОМОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Кожемякіна І. Ф., к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Дослідження дії рухомих навантажень на елементи конструкцій проводяться в більшості випадків у двох напрямах. Перший напрям полягає в визначенні динамічних коефіцієнтів, другий пов'язан з дослідженням критичних швидкостей і зон динамічної нестійкості елементів споруд.. Критичні швидкості є особливими значеннями параметрів диференціальних рівнянь коливань елементів конструкцій. В залежності від постановки задачі критичні швидкості поділяються на два типу: критичні швидкості, які викликають резонанс, і критичні швидкості, перевищення яких коливання стають нестійкими. Критичні швидкості першого типу являються ізольованими, їх можна уникнути, якщо збільшити швидкість руху навантаження. Другий тип швидкостей приводить к нестійкості коливального процесу.

Мета дослідження. Напружено-деформований стан з високим показником змінності, що є характерним для елементів конструкцій значної товщини або при дії зосереджених навантажень, більш точно описується рівняннями теорії пружності. Їх рішення пов'язане зі значними математичними труднощами. Існують різні варіанти уточнених моделей, для яких враховується скривлення елементу, щодо деформації є нормальним до серединної плоскості. Перехід від тривимірних задач теорії пружності до двовимірних здійснюється шляхом апроксимації поліномами по поперечній координаті компонент напружено–деформованого стану. Розглядається апроксимація переміщень у вигляді складових, які мають певний геометричний зміст.

Представимо переміщення у вигляді

$$u_x(x,y,z,t)=u_{0x}(x,y,t)-u_{1x}(x,y,z,t)+u_{2x}(x,y,z,t)=u_{0x}(x,y,t)-z\frac{\partial w}{\partial x}+f(z)\phi(x,y,t),$$

$$u_y(x,y,z,t)=u_{0y}(x,y,t)-u_{1y}(x,y,z,t)+u_{2y}(x,y,z,t)=u_{0y}(x,y,t)-z\frac{\partial w}{\partial y}+f(z)\psi(x,y,t),$$

$$w(x,y,z,t)=w(x,y,t),$$

де $f(z)$ – функція, що описує закон скривлення поперечних волокон, така, що $f(0)=0$; $\phi(x,y,t)$, $\psi(x,y,t)$ – кути повороту поперечних волокон у серединної плоскості. Переміщення $u_{1x}(x,y,z,t)$ и $u_{1y}(x,y,z,t)$ пов'язані з поворотом нормалі до серединної плоскості, $u_{2x}(x,y,z,t)$ и $u_{2y}(x,y,z,t)$ визначають закон скривлення поперечних волокон, обумовлений деформацією зсувом.

Для трансверсально ізотропного матеріалу

$$\sigma_x=\frac{E_1}{1-\nu_{1^2}}\left(\frac{\partial u_{0x}}{\partial x}+\nu_1\frac{\partial u_{0y}}{\partial y}-z\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\nu_1\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)+f(z)\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}+\nu_1\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)\right),$$

$$\sigma_y=\frac{E_1}{1-\nu_1{}^2}\left(\nu_1\frac{\partial u_{0x}}{\partial x}+\frac{\partial u_{0y}}{\partial y}-z\left(\nu_1\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)+f(z)\left(\nu_1\frac{\partial \phi}{\partial x}+\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)\right),$$

$$\tau_{xy}=\frac{E_1}{2(1+\nu_1)}\left(\frac{\partial u_{0x}}{\partial y}+\frac{\partial u_{0y}}{\partial x}-2z\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}+f(z)\left(\frac{\partial \phi}{\partial y}+\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)\right),$$

$$\tau_{xz}=G_2\gamma_{xz}=G_2\frac{\partial f(z)}{\partial z}\phi,\quad \tau_{yz}=G_2\gamma_{yz}=G_2\frac{\partial f(z)}{\partial z}\psi.$$

Згинальний, крутний моменти, поздовжні та поперечні сили визначаються наступним образом:

$$M_x=\int_{-h/2}^{h/2}\sigma_x z dz=D\left(k_1\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}+\nu_1\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)-\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\nu_1\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\right),$$

$$M_y=\int_{-h/2}^{h/2}\sigma_y z dz=D\left(k_1\left(\nu_1\frac{\partial \phi}{\partial x}+\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)-\left(\nu_1\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\right),$$

$$M_{xy}=\int_{-h/2}^{h/2}\tau_{xy} z dz=D\frac{(1-\nu_1)}{2}\left(k_1\left(\frac{\partial \phi}{\partial y}+\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)-2\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}\right),$$

$$Q_x=\int_{-h/2}^{h/2}\tau_{xz}dz=k_2G_2h\phi,\quad Q_y=\int_{-h/2}^{h/2}\tau_{yz}dz=k_2G_2h\psi.$$

Коефіцієнти k_1, k_2 визначаються залежностями

$$k_1=\frac{12}{h^3}\int_{-h/2}^{h/2}f(z)z\,dz,\qquad k_2=\frac{1}{h}\int_{-h/2}^{h/2}\frac{\partial f(z)}{\partial z}dz.$$

Якщо вибрати $f(z)=c\left(z-4z^3/3h\right)$, за $c=1$ отримаємо $k_1=4/5$, $k_2=2/3$.

В розглянутій моделі деформації, що враховує зсув та інерцію обертання, приймається до уваги скривлення поперечних волокон і пов'язане з ним нелінійне розподілення напружень по висоті пластини. Деформації, напруження і переміщення розділюються на класичні та додаткові, які пов'язані зі зсувом. Поперечні сили, згинальні та крутний моменти мають різні коефіцієнти зсуву, що залежать від закону, який описує скривлення поперечних волокон.

Для отримання рівнянь коливань пластини використовується варіаційний принцип Гамільтона-Остроградського. Отримані диференційні рівняння в часткових похідних за допомогою процедури Бубнова – Галеркіна зводяться к звичайним диференційним рівнянням.

Розглядається рухоме зосереджене інерційне навантаження. Дослідження стійкості зводиться до знаходження умов, коли характеристичне рівняння не має коренів з додатною речовинною частиною. Дослідження динамічної стійкості елементів конструкцій при дії рухомого навантаження в класичній постановці дозволяє отримати критичні швидкості, що визначають зони нестійких рішень диференціального рівняння другого порядку з періодичними коефіцієнтами. Основна область нестійкості виявляється обмеженої знизу, інші стягнуті в лінії.

Розглянуто умови динамічна стійкості пластини при дії рухомого навантаження в уточненій постановці. Дослідження стійкості рішення диференційного рівняння четвертого порядку з періодичними коефіцієнтами також зводиться до знаходження умов, при яких характеристичне рівняння не має коренів з додатною речовинною частиною. Два рішення однакового періоду обмежують область нестійкості, два рішення різних періодів − область стійкості. На границях областей нестійкості знаходяться періодичні рішення з періодом T або $2T$.

Висновки. У наслідку досліджень отримана критична швидкість $v_{кр}^{і}$, що обмежує основну зону нестійкості. Це тип швидкості, що приводить к нестійкості коливального процесу. При швидкості $v \geq v_{кр}^{і}$ стійкі коливання пластини при дії рухомого навантаження неможливі. Знайдені швидкості, що знаходяться на границях нижчих областей нестійкості – резонансних кривих. При критичних швидкостях , які лежать на резонансних кривих порушується динамічна стійкість пластини. Ці критичні швидкості являються ізольованими, їх можна уникнути, якщо збільшити швидкість руху навантаження.

Кожна з нижчих областей розпадається на дві області малої ширини. При зневажанні інерцією обертання вони стягуються в лінії. Швидкості, знайдені по уточненій теорії, менше швидкостей, визначених по класичній теорії.

Список використаних джерел

1. Бурка Я. Й., Руданський Ю. К., Сухорольський М. А. Аналітична механіка локально навантажених оболонок. Львів : «Інтелект-Захід», 2007. С. 239.

2. Джон Г. Мэтьюз, Куртис Д. Финк. Численные методы. Использование матлаб. Киев:. издат. дом «Вильямс», 2001. С. 713.

3. Кожемякина И. Ф. Исследование колебаний и динамической устойчивости пластин при действии подвижных нагрузок : тези доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. *Сучасні методи і проблемно-орієнтовані комплекси розрахунку конструкцій і їх застосування у проектуванні і навчальному процессі.* Київ, 25−26 жовтня, 2017. С. 133.

4. Кожемякина И. Ф. Динамическая устойчивость балок при движении сосредоточенной нагрузки. *Вібрації в техніці та технологіях : XIV Міжнар. наук.-техн. конф.* Дніпропетровськ, 2015. С. 49−50.

5. Kogemyakina I.F**.** Arias of dynamic instability of plate at the action of mobile loads. *Stability of structures : XV Symposium*. Zakopane, 2018. С. 71−72.

УДК 624.012.3:620.179.16

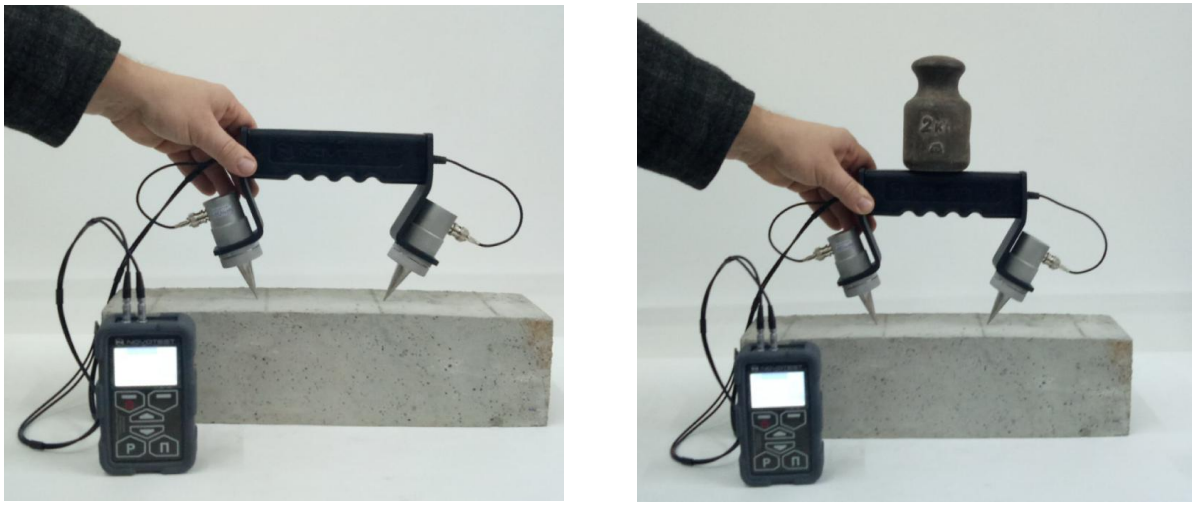
ЩОДО ВІМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ

Колохов В. В., к. т. н., доц., **Сопільняк А. М.,** к. т. н., доц.,
Тимошенко О. А., к. т. н., доц., **Колохов О. В.,** магістр
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Визначення фізико-механічних характеристик (ФМХ) бетону – одна з найважливіших складових визначення технічного стану залізобетонних конструкцій. Використання для цього приладів неруйнівного контролю (НРК) нормується державними стандартами України [1–3]. Найбільшого поширення зазнав ультразвуковий метод визначення, що використовує точковий акустичний контакт (ТАК) між перетворювачем-поширювачем ультразвукових коливань (УЗК) та бетоном. Як показано в [4; 5] на результати вимірювань швидкості УЗК суттєво впливають рівень напруги в конструкції, зусилля притискання приладу до поверхні, складу, умов формування та тверднення бетону. ДСТУ [2] вимагає побудову тарувальної залежності, але під час проведення вимірювань відтворити умови за якими створювалась тарувальна залежність дуже складно. Окрім того, якщо тарувальна залежність виконана способом наскрізного прозвучування а для визначення ФМХ бетону використовують ультразвукові прилади з ТАК необхідно визначати коефіцієнти переходу від швидкості УЗК при поверхневому прозвучуванні до швидкості УЗК при наскрізному прозвучуванні.

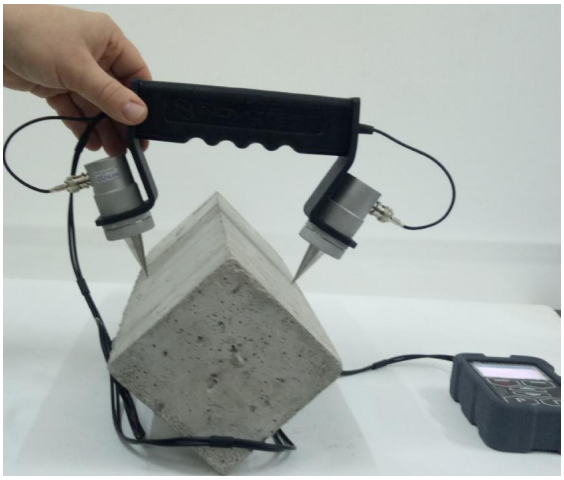
Мета дослідження. Визначення можливості встановлення коефіцієнти переходу від швидкості УЗК при поверхневому прозвучуванні до швидкості УЗК при наскризному прозвучуванні в умовах конструкцій, що експлуатуються.

Виклад основного матеріалу. Для проведення дослідження використані попередньо виготовлені бетонні призми з дрібнозернистого бетону різних складів. У дослідження використано прибор «Novotest ИПСМ-У». Спираючись на досвід досліджень [6], під час експерименту змінювали зусилля притискання приладу до поверхні бетону. Як і в попередніх дослідженнях зусилля притискання змінювалось поступово без переміщення приладу НРК та не перевищувало рівня, який задано технічною документацією на використання приладу НРК. Процес проведення вимірів представлено на рисунках 1–2.

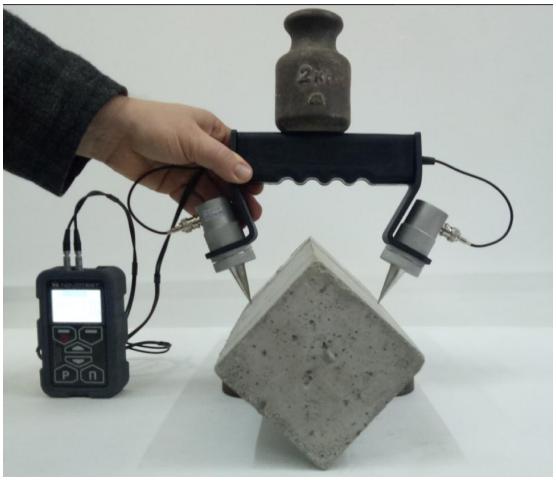


а *б*

Рис. 1. Проведення вимірювання швидкості УЗК (поверхневе прозвучування) : а – зусилля притискання 0,0 кГ; б – зусилля притискання 2,0 кГ



а



б

Рис. 2. Проведення вимірювання швидкості УЗК (наскрізне прозвучування) : а – зусилля притискання 0,0 кГ; б – зусилля притискання 2,0 кГ

Результати вимірювань швидкості УЗК підтвердили наявність залежностей швидкості УЗК від зусилля притискання приладу до поверхні бетону. На відміну від попередних досліджень під час проведенні вимірів швидкості при поверхневому прозвучувані екстремуми у залежності «швидкість УЗК – зусилля притискання» з'являються лише при зміні зусилля притискання від 0 до 0,5 кГ. Зафіксовано зростання швидкості УЗК на цьому інтервалі в межах 18,3...20,8 %. При подальшому зростанні зусилля притискання швидкість УЗК збільшувалась на 6,5...8,3 %. При наскрізному прозвучуванні екстремум залежності швидкості УЗК від зусилля притискання приладу зміщено в інтервал 1,0...1,5 кГ, при збільшенні швидкості на 39,8...41,4 % з подальшим зростанням на 5,7...6,3 %.

Висновки. За результатами проведених досліджень підтверджена залежність результатів вимірів швидкості УЗК від зусилля притискання приладу НРК до поверхні бетону. Під час наступних досліджень може бути сфомовано алгоритм визначення коефіцієнту переходу від швидкості УЗК при поверхневому прозвучуванні до швидкості УЗК при наскрізному прозвучуванні із застосування ультразвукових приладів НРК, які використовують ТАК.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 23 с.

2. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 23 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 19 с.

4. Колохов В. В., Кожанов Ю. О., Зезюков Д. М. Вплив рівня напруги у бетоні конструкцій на швидкість ультразвуку. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.* № 1. 2019. С. 49−57.

5. Колохов В. В., Колохов О. В. Зміна часу поширення ультразвукових коливань у бетоні за зміни умов проведення вимірювань. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.* № 2. 2019. С. 96−105.

6. Колохов В. В., Колохов О. В. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.* № 3. 2019. С. 58−65.

УДК 69.032.22

ВРАХУВАННЯ ФАКТОРУ ЗНАЧНОЇ ВИСОТИ ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

Кравчуновська Т. С., д. т. н., проф.; **Заяць Є. І.**, д. т. н., проф.;
Ткач Т. В., к. т. н., доц.; **Орищенко А.О.**, студ.
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. При організаційно-технологічному проектуванні зведення висотних будівель необхідно враховувати досвід зарубіжних розробників щодо впровадження організаційно-технологічних заходів і сучасної будівельно-монтажної техніки (високий рівень механізації, чітка організаційна структура, налагоджені зв'язки із суміжними учасниками будівельного процесу, перевищення проектної вартості робіт та термінів їх виконання) і місцеві умови (наявний парк будівельної техніки, рівень кваліфікації робочого персоналу, стан розвитку будівельної індустрії тощо) [4; 5].

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

Мета дослідження – визначення факторів що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень, ухвалених при зведенні висотних будівель.

Результати дослідження. Зведення висотних будівель складається із виконання відомих технологічних процесів з улаштування або монтажу конструкцій будівлі: фундаментів, стін, колон та інше. Однак особливості цих конструкцій і фактор значної висоти визначає ряд відмінностей в технології виконання робіт, що виражаються в появі нових або удосконаленні існуючих засобів механізації, технологічних особливостей виконання робіт, проектно-технологічної документації.

Якщо дослідити дані проблеми відносно вартості робіт, можна побудувати відповідні графіки залежностей (рис. 1).

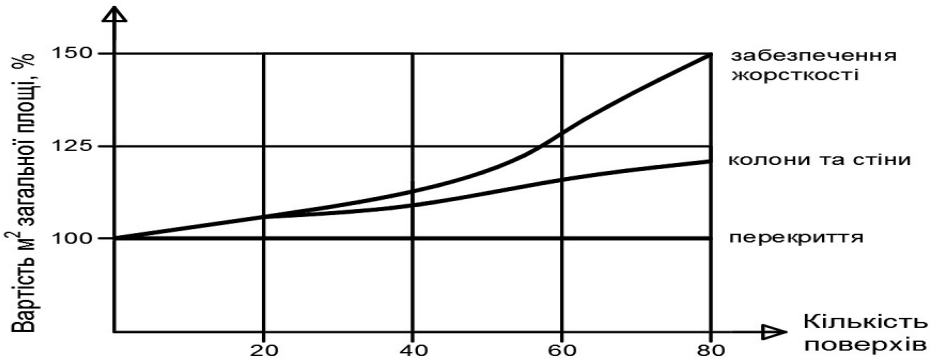


Рис. 1. Зростання вартості витрат на забезпечення необхідної вартості будівлі [3]

Слід зауважити, що специфіка внутрішніх оздоблювальних робіт дозволяє не розглядати їх в плані технологічних відмінностей від звичайного будівництва, оскільки «висотність» в їх виконанні обмежена висотою окремого поверху (підвищується тільки вартість доставки матеріалів та робітників до робочого місця).

Монтажні операції також практично не відрізняються від звичайних.

Найбільш очевидні відмінності висотного будівництва розглядаються з позицій машин та механізмів, що застосовуються, та забезпечення безпеки робіт на висоті.

Для зведення висотних будівель необхідні декілька категорій техніки, обладнання і матеріалів, а саме: вантажопідйомні крани різних типів, високоміцні класи бетонів і конструкційної сталі, опалубки різних типів і призначень, бетононасоси і роздавальні стріли.

Будівництво висотної частини будівлі включає етапи зведення каркасу, системи перекриття та сходово–ліфтового вузла з розміщенням приставного або самопідйомного крану та розподільної стріли бетононасосу. На значній висоті необхідно улаштування вітрозахисного огородження, яке розробляє і встановлює підрядна організація (рис. 2).

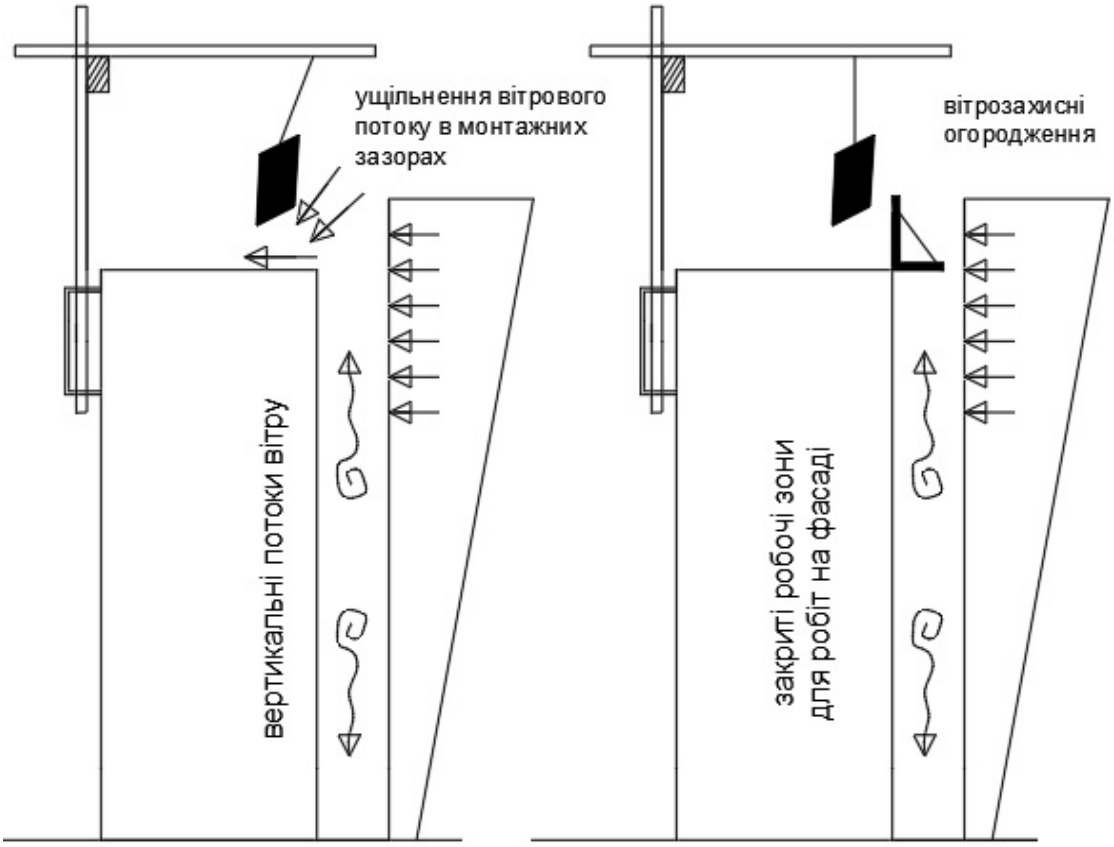


Рис. 2. Вітрозахисне огородження висотної будівлі

Типовий поверх висотної частини поділяється на три технологічні захватки.

Першою захваткою слугують вертикальні елементи ліфтової частини, що зводяться самостійним технологічним потоком, як правило, в щитових або самопідйомних опалубках з випередженням на 2−3 поверхи. Друга і третя захватки включають роботи по зведенню колон, балок, перекриттів, тощо [6].

Для створення ритмічних потоків підбір складу бригад здійснюється із умови рівної тривалості з урахуванням технологічних перерв на набір міцності бетоном.

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

– бетонування конструкцій в опалубці різних типів (самопідйомній або підйомно-переставній опалубці);

– кріплення елементів опалубки до раніше забетонованих конструкцій здійснюється з урахуванням міцності бетону до моменту передачі на нього навантажень від застосовуваних кріплень;

– поєднання бетонування з виробництвом інших видів робіт на нижчих перекриттях на одній захватці виконується тільки за спеціально розробленими графіками (заходами), що враховують безпечне виконання робіт.

Висновок. Таким чином встановлено, що в сучасному будівельному середовищі значне місце займає зведення висотних будівель. Проте через складність таких об’єктів, збільшення витрат праці, часу, особливості місцевих умов необхідно ретельно

досліджувати відповідний досвід вітчизняних та зарубіжних розробників для оптимізації витрат та раціоналізації організаційно-технологічних рішень.

Перелік використаних джерел

1. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 59 с.

2. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіон України, 2016. 51 с.

3. Гончаренко Д. Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий : монография. Под ред. Д. Ф. Гончаренко. Киев : А+С, 2013. 128 с.

4. Заяць Є. І. Зведення висотних багатофункціональних комплексів: організаційно-технологічні аспекти : монографія. Дніпропетровськ : ПДАБА, 2015. 208 с.

5. Заяць Є. І., Млодецький В. Р., Ткач Т. В., Нетеса А. М. Застосування криволінійної підпірної стіни при будівництві багатоповерхових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2020. № 43. С. 115–123.

6. Теличенко В. И., Король Е. А., Каган П. Б., Комиссаров С. В. и др. Управление программами и проектами возведения высотных зданий : науч. изд. Москва : изд-во АСВ, 2010. 144 с.

УДК 69.059.7

ПЕРСПЕКТИВИ І ПЕРЕВАГИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Кривоконь А. А., студ., **Кравчуновська Т. С.**, д. т. н., проф., **Заяць Є. І.**, д. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. На сьогодні особливої актуальності набуває проблема перетворення міст із використанням екологічно дружніх технологій для підтримки їх життєдіяльності.

Адже у великих містах України перевантажена виробнича структура, загострені екологічні проблеми, міські інженерні мережі перебувають на межі термінів розрахункової експлуатації, не вистачає доступного житла [1].

Одним із ефективних напрямів забезпечення сталого розвитку міст можуть стати зелені будівництво і реконструкція будівель, адже сталий розвиток міст нерозривно пов’язаний із охороною довкілля [2].

Метою дослідження є визначення переваг зеленого будівництва як напряму сталого розвитку міст.

Основні результати. Сучасна концепція сталого розвитку визначає тенденції щодо забезпеченням енергоефективності та ресурсозбереження об’єктів будівництва протягом їх життєвого циклу [3].

Зелені стандарти обумовлюють необхідність прискорення процесу переходу від стандартного будівництва до сталого, яке відповідає принципам безпеки та сприятливості здорових умов життєзабезпечення людини, обмеження негативного впливу на навколишнє середовище, прийняття до уваги інтересів майбутніх поколінь.

Проектування і спорудження будівель, які відповідають потребам суспільства і водночас знижують свій негативний вплив на навколишнє середовище, є одним із головних містобудівних завдань. Завдяки інноваційним технологіям можливо досягти як цілі підвищення рівня комфорту, так і як цілі зменшення (уникнення) екологічних збитків.

Рівень розвитку зеленого будівництва залежить від досягнень науки і техніки, від промислових можливостей України, а також від готовності суспільства дотримуватись екологічних принципів.

Зелене будівництво – це, перш за все, висока якість будівництва та проектування при мінімальних витратах енергоресурсів, максимальному ресурсозбереженні і максимізації комфорту.

Зелені будівлі мають менший потенціал шкідливого впливу на навколишнє середовище завдяки більш ефективному та раціональному використанню альтернативних ресурсів енергії для збереження природних ресурсів.

Зелені будівлі проектуються здебільшого з метою зниження споживання енергії та води.

До основних переваг зеленого будівництва можна віднести такі:

– екологічні переваги: зниження парникових викидів у атмосферу, скорочення обсягів утворення відходів споживання, сприяння переробленню та вторинному використанню відходів, зниження викидів забрудненої води у природне середовище, збереження природних ресурсів;

– економічні переваги: суттєва економія споживання водних та енергетичних ресурсів під час експлуатації будівлі, зацікавленість орендарів у раціональному енерго- і ресурсоспоживанні, низькі фінансові витрати на утримання та експлуатацію будівлі;

– соціальні переваги: комфортні умови в приміщенні через якість повітря, теплові та акустичні характеристики, покращення умов життя, здоров’я мешканців та орендарів [4–6].

Реалізація цих переваг зеленого будівництва можлива за таких умов:

– використання пристроїв та устаткування для забезпечення санітарно-гігієнічних показників приміщень будівлі: температури, вологості, газового складу;

– оцінювання радіаційної активності будівельних матеріалів і їх впливу на самопочуття та здоров'я людей, а також надходження радону, аерозолів та інших забруднюючих речовин у приміщення будівлі;

– підвищення рівня автоматизації систем забезпечення мікроклімату приміщень, систем освітлення, управління різним устаткуванням тощо, до автоматизації систем пожежогасіння, пожежооповіщення, безпеки людей та захисту від терористичних актів [7].

Висновки. В Україні перехід до зеленого будівництва потрібно розглядати як важливу стратегічну перспективу, яка сприятиме залучення іноземних інвестицій у вітчизняне будівництво, що надасть додатковий поштовх для впровадження інноваційних будівельних технологій.

Список використаних джерел

1. Кравчуновська Т. С., Броневицький С. П., Ковальов В. В., Данилова Т. В., Ткач Т. В. Планування розміщення і організація будівництва та реконструкції об'єктів доступного житла з урахуванням містоформуючих особливостей територій великих міст : монографія. Дніпро : Літограф, 2019. 228 с.

2. Чернишев Д. О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва : монографія. Київ : КНУБА, 2017. 294 с.

3. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework: IS/ISO 14040. Published 2006. (Bureau of Indian Standards). URL: https://archive.org/details/gov.in.is.iso.14040.2006.

4. Yeang K., Spector A. Green design : from theory to practice. London : Black Dog, 2011. 144 p.

5. Shao Q.-G., Liou J. J. H., Weng S.-S., Chuang Y.-C. Improving the green building evaluation system in China based on the DANP method. *Sustainability.* № 10 (4), p. 1173. URL: https://doi.org/10.3390/su10041173

6. Савицький М. В., Бендерський Ю. Б., Бабенко М. М. Оцінка екологічних параметрів об'єктів будівництва. *Галузеве машинобудування, будівництво : збірник наукових праць*. Полтава : ПолтНТУ, 2014. № 3 (1). С. 144–149.

7. Генералов В. П. Особенности проектирования высотных зданий : учеб. пособ. Самара : Самарск. гос. арх.-строит. ун-т, 2009. 296 с.

УДК 622.413.4:622.481

РОЛЬ СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ ПІД ЧАС ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Ляховецька-Токарєва М. М., к. т. н., **Юрченко Є. Л.,** к. т. н., доц.,
Коваль О. О., к. т. н., с. н. с.
Державний вищий навчальний заклад
"Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Постановка проблеми. Житловий фонд України знаходиться в межах 1 млрд м^3, значна частина якого була спроектована і побудована до 1991 року. Споживання енергії для опалення житлових та громадських будівель є причиною високої енергоємності валового національного продукту та призводить до збільшення собівартісті виготовлення національної продукції, що призводить до низької конкурентоспроможності вітчизняних товарів, високої вартості будівель і споруд. Житлово-комунальний сектор країни є енергоємним сектором. В інших країнах від 30 до 40 % споживання енергії також припадає на опалення будівель та споруд. У будівельному комплексі більша частина енергії витрачається на роботу систем опалення в будівлях, побудованих у попередні роки. Таким чином, забезпечення стандартизованих санітарно-гігієнічних вимог енергозберігаючими системами існуючого комплексу будівель та споруд є пріоритетним завданням. [1].

Основа вибору критеріїв для будівель з ефективним використанням енергії базується на принципі задоволення основних вимог споживачів, яким повинна відповідати побудована будівля:

− вимога до комфорту в приміщеннях будівлі;

− максимальний рівень питомої витрати енергії на опалення системою теплопостачання протягом опалювального періоду;

− умови підвищення комфорту на внутрішніх поверхнях огорож.

Показник енергоефективності будівлі характеризується величиною питомої витрати теплової енергії на опалення в холодний та перехідний періоди року з урахуванням встановленої потужності системи опалення. [2].

Усі енергозберігаючі заходи передбачають обов'язкову вимогу щодо забезпечення стандартизованих значень показників мікроклімату та чистоти повітря в обслуговуваній зоні приміщення.

Мета дослідження. Визначення частки вентиляції в загальній структурі енергетичного балансу при проведенні термореновації житлових будівель.

Основні результати. Найбільша частка споживання енергії (38...58 %) припадає на нагрівання холодного повітря, що проникає через нещільності. Частки тепловтрат через зовнішні стіни та вікна виявилися практично порівнянними, в яких збільшені втрати тепла через стіни обумовлені зменшенням частки енерговитрат на нагрівання повітря, що проникає із зменшенням повітрообміну до n = 0,67 1/год. Зниження повітрообміну з n = 1,0 до 0,67 1/год виявилося еквівалентним підвищенню рівня теплового захисту зовнішніх стін з 1,08 до 3,16 м^{2}К/Вт. Найбільша частка втрат тепла (50 %) у витратній частині теплового балансу існуючої будівлі відповідно до базового випадку обумовлена додатковим споживанням енергії для нагрівання проникаючого холодного повітря переважно через вікна, двері та вертикальні стики зовнішніх стін панелей. Застосування енергоефективних віконних конструкцій без теплоізоляції зовнішніх стін дозволяє зменшити втрати тепла при передачі з 413 до 215 МВт-год.

Структура енергетичного балансу будівлі значною мірою визначає можливості енергозбереження в різних сферах та оптимальне поєднання енергозберігаючих заходів. Знання цієї структури дозволяє приймати економічно обґрунтовані технічні рішення щодо зменшення споживання енергії та досягнення максимальної економії енергії при мінімальних капітальних та експлуатаційних витратах.

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 [3] наведено нормативні вимоги до максимальних витрат тепла будівель. Граничне значення питомого споживання енергії для опалення системою теплопостачання будівлі протягом опалювального періоду визначається як кількість енергії для опалення, що подається протягом опалювального періоду від первинного джерела енергії до споживача тепла на 1 $м^2$ загальної нагрітої площі будівлі (або 1 $м^3$ нагрітого об'єму).

Визначені реальні показники питомих показників енергоспоживання будівель системою теплопостачання протягом опалювального періоду.

Розрахунки показують, що лише 30 % виробленого тепла використовується для опалення, тобто коефіцієнт енергоефективності існуючої централізованої системи становить понад 0,3. Потенціал збільшення коефіцієнта енергоефективності при вживанні дуже дорогих заходів не перевищує 0,5...0,55 щодо корисного тепла. Решта 55...45 % виробленої теплової енергії витрачається на втрати у джерелах, втрати в теплових мережах, втрати при розподілі та регулюванні, надлишкові втрати через огороджувальні конструкції та втрати, пов'язані з недосконалими внутрішніми інженерними системами.

Висновок. Технологічні рішення, що дозволяють усунути або суттєво зменшити невиробничі втрати, зумовили необхідність використання нових енергозберігаючих та ефективних технологій, що дозволяють забезпечити достатньо тепла, коли і де це необхідно.

Розрахунками доведено, що модернізація системи вентиляції, що дозволяє зменшити кратність повітрообміну (n = 0,6...0,8 1/год) має показники енергетичної ефективності рівнозначні утепленню фасадів будівлі (до 40 % економії тепла), з гарантованим дотриманням нормативних параметрів мікроклімату приміщень.

Комплексне вирішення цих проблем дозволяє досягти загального ефекту економії тепла до 50...70 %, що дозволяє швидко окупити витрати на використання енергозберігаючих технологій.

Ефективним способом зменшення енергетичних витрат на роботу систем опалення в будинках є використання вторинних теплових ресурсів.

Список використаних джерел

1. Маляренко В. А., Орлова Н. А. Стан та шляхи санації житлових будинків минулих років. *Енергозбереження*. № 9 (91). Харків, 2011. С. 9–14.

2. Керш В. Я. Енергозберігаючі технології в міському будівництві і господарстві : навч. посіб. Одеса : Астропрінт, 2007. 129 с.

3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ, 2017. 37 с.

4. Товбич В. В. Архітектурний менеджмент. Системний підхід. *Стародубські читання` 2004 : М*іжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2004. Вип. 27. С. 26−32.

УДК 69.057:658.513.4

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ 3D ДРУКУВАННІ У БУДІВНИЦТВІ

Нагорна А. В., студ., **Дадіверіна Л. М.**, к. т. н., доц., **Ткач Т. В.**, к. т. н.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Актуальною проблемою для сучасної будівельної галузі є забезпечення населення України доступним житлом. Для вирішення цієї науково-прикладної проблеми доцільним є застосування інноваційних технологій 3D друкування. Разом із тим необхідно орієнтуватись на ресурсозбереження на всіх етапах будівництва, одним із напрямків якого може бути вторинне використання відходів виробництва та споживання [1; 2].

Метою дослідження є визначення напрямків формування ресурсозбереження при 3D друкуванні у будівництві.

Основні результати. На сьогоднішній день у всьому світі стоїть гостра проблема з відходами виробництва та споживання. Тенденції щодо коректного збирання, оброблення, утилізації та знешкодження відходів тільки починають набирати оберти.

Звичайно, що в більшій мірі саме відходи виробництва здійснюють украй негативний вплив на стан навколишнього середовища, але побутові відходи, які щодня утворюються від діяльності людини, також справляють негативний вплив на довкілля. Серед них значна частка припадає на одноразові підгузки (як для дітей, так і дорослих).

Одноразові підгузки – багатошаровий виріб разового використання з абсорбуючим шаром із волокнистих напівфабрикатів переважно деревного походження, що містить гелеутворюючі вологопоглинаючі речовини (суперабсорбенти). Особливість разового підгузка в тому, що він складається з декількох шарів, кожен із яких має певні властивості.

Верхній покривний шар стикається зі шкірою людини і пропускає рідину всередину підгузка, абсорбуючий шар наповнений суперабсорбентом та поглинає і утримує рідину усередині підгузка шару, захисний шар запобігає проникнення рідини назовні, і складається з полімерних матеріалів [3].

За даними наукових досліджень, на виготовлення одноразових підгузків на одну людину щороку використовується приблизно 136 кг деревини, 23 кг нафтової сировини і близько 10 кг хлору.

Об’єми виготовлення підгузків із кожним роком невпинно зростають і серед товарів особистої гігієни підгузки посідають третє місце за кількістю серед твердих побутових відходів. Приблизні підрахунки показують, що середньостатистична сім’я в період від народження дитини і до 2,5 років використовує від 2 тис. до 6 тис. підгузків. Це просто колосальна кількість сміття, яке не підлягає переробці і буде розкладатись у природі в середньому від 250 до 500 років [4].

Все більше країн у всьому світі приєднується до екологічної утилізації підгузків. Одним із найкращих варіантів є виготовлення будівельних матеріалів, які підходять для 3D будівництва.

Підгузки та інші абсорбуючі товари особистої гігієни виробляються з суміші полімерів і деревного волокна. Після стерилізації ці складові можуть бути подрібнені і відокремлені один від одного.

Деревне волокно можна потім використовувати в будівництві:

– у дорожньому будівництві, як основний компонент для виробництва стабілізуючої добавки для щебенево-мастичного асфальтобетонного покриття;

– у виробництві сухих будівельних сумішей. Целюлозне волокно – цінний компонент у складі сухих сумішей. Він виступає дисперсноармуючою добавкою [5]. Таким чином, саме целюлозне волокно може стати основним компонентом для надання

міцності та стійкості бетонної суміші, під час використання якої у 3D будівництві часто виникають багато проблем;

– целюлозний утеплювач – ековата. Найвідоміший і поширений готовий товар із макулатурного волокна. Використання 3D принтера надає можливість укладати ековату щільніше та без зазорів.

Полімерні матеріали з підгузків можна використовувати:

– для виготовлення покрівельної черепиці;

– як добавку до бетонних сумішей, що буде надавати більшу пластичність. Наприклад, це може стати головним компонентом під час 3D друкування складних архітектурних форм.

Висновки. Будівництво об'єктів із використанням 3D друкування можливе завдяки об'єднанню інноваційних розробок у галузях техніки, технології, матеріалознавства, архітектури, дизайну та конструювання.

Будівельні проекти, які реалізуються з застосуванням 3D друкування, мають перевагу щодо скороченні тривалості будівництва, а також щодо можливості створення об'єктів та окремих конструкцій, які неможливо виконати будь-яким іншим способом.

Подальші дослідження з розробки будівельних сумішей, використовуваних у 3D друкуванні, дозволять використовувати в якості сировини відходи виробництва та споживання.

Таким чином, утилізація підгузків при виробництві будівельних матеріалів при 3D друкуванні в будівництві матиме як позитивний вплив на довкілля, так і забезпечуватиме ресурсозбереження.

Список використаних джерел

1. Социальное жилье в регионе ЕЭК ООН. Модели, тенденции и вызовы. Европейская экономическая комиссия организации объединенных наций. 2018. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/Social_Housing_in_UNECE_region.rus.pdf (дата звернення: 03.11.2020).

2. The 3D Printing Construction Market is Booming. Contact. URL: https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-construction-240120184/ (дата звернення: 03.11.2020).

3. Факты о подгузниках. Вы об этом задумывались? *Радетель*. URL: http://radetel.ru/rubric/diapers/165

4. Відмова від підгузок заради збереження навколишнього середовища. URL: https://rivne1.tv/news/vidmova-vid-pidhuzok-zaradi-zberezhennya-navkolishnoho-seredovishcha-shcho-pro-tse-dumayut-rivnenski-mami (дата звернення: 03.11.2020).

5. URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/ (дата звернення: 03.11.2020).

УДК 624. О12.44

РОЗРОБКА РЕСУРСНОГО МЕТОДУ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ ІЗ МОНОЛІТНОГО ТА ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Папірник Р. Б., к. т. н., доц., **Огданський І. Ф.,** к. т. н., доц., **Дікарєв К. Б.,** к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Постановка проблеми. Економічний розвиток України вимагає нових підходів до проблеми житлового будівництва. Будівельна галузь зазнає негативного впливу від інфляції, падіння реальних доходів населення при їхній диференціації, зменшення державного фінансування, різких змін економічної політики. В умовах, що склалися, необхідна трансформація складових будівельного комплексу − відмова від надмірної уніфікації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, більша відкритість технологічним новаціям, гармонізація відносин всередині галузі і з партнерами. Звернення до світового досвіду показує, що при зростанні розмаїтості об'ємно-планувальних і конструктивних рішень перевага віддається зведенню житлових будинків з монолітних та збірно-монолітних залізобетонних конструкцій. Однак досягненню світового рівня перешкоджає сучасний стан усього комплексу складових монолітного будівництва в Україні.

Аналіз досліджень. Існують чималі резерви удосконалення технології монолітного будівництва, що дозволяють позбавити її від високої трудомісткості. Як показують результати комплексних досліджень трудомісткість, собівартість і матеріалоємність будинків з монолітного та збірно-монолітного залізобетону в порівнянні з будинками зі збірних залізобетонних конструкцій можуть бути істинно знижені [1;2].

Для удосконалювання цього комплексу існуючі наукові розробки недостатні. Це відноситься, насамперед, до принципу індустріалізації монолітного будівництва, який не відповідає економічній політиці, організаційним формам, що випливають з ринкових відносин, світовому досвіду, соціальним задачам і, отже, не може застосовуватись в сучасних умовах [3; 4; 6].

Існуючі аналітичні та графоаналітичні методи визначення зайнятості ресурсів на захватці враховують роботу тільки самої опалубки і кранів, але не враховують усі види використовуваних ресурсів [5; 7].

Мета статті. Розроблена методика зведення будинків із монолітного та збірно-монодітного залізобетону, яка враховує параметри захватки, їх кількості та кількості ярусів на поверсі, кількість поверхів будівлі, яка зводится, кількість технологічних процесів і зайнятість всіх видів ресурсів, які використовуються (а саме машини і механізми: кран, бетонозмішувач, бетононасос; матеріальні ресурси: система опалубки, арматура, бетонна суміш та ін., а також трудові ресурси).

Виклад. Кожен поверх будинку розбивається на захватки та яруси. У свою чергу, кожна захватка розділяється на кілька технологічних процесів для зведення будинків і споруд з монолітного та збірно-монолітного залізобетону. Кожна захватка потребує комплект опалубки, що обслуговується одним баштовим краном, системами армування та подачі, укладки і ущільнення бетонної суміші, витримку бетону перед розпалубкою та ланку робітників. Поверх будинку може мати кілька ярусів та захваток, що обслуговуються однією системою подачі комплекту опалубки, комплекту арматури, бетонної суміші, системою збирання виробничих відходів, одним складом арматури, ділянкою переоснащення.

Сутність ресурсного методу визначення зайнятості всіх ресурсів на кожній захватці полягає в тім, що спочатку вводиться інформація по кожному ресурсу, що приймає участь в процесі будівництва, зберігається, використовується при виконанні технологічного процессу, й у результаті його виконання формується інформація про зайнятість кожного

ресурсу у вигляді відрізків часу протягом розрахункового періоду. При необхідності виконання якогось технологічного процесу на обраній захватці (монтаж арматури і арматурних каркасів, встановлення опалубки, бетонування конструкцій, демонтаж опалубки й ін.) спочатку визначаються ресурси, що будуть зайняті при його виконанні. Потім перевіряється зайнятість обраних ресурсів і визначається можливий час виконання технологічного процесу.

У результаті розрахунку визначається зайнятість кожного ресурсу у процесі зведення; тривалість зведення будівлі; трудомісткість робіт; максимальна і середня кількість робітників; кількість ярусів та захваток на поверсі; кількість технологічних процесів (потоків) та т. ін. На рисунку представлено блок-схему технологічного процесу зведення будунку із монолітного та збірно-монолітного залізобетону.

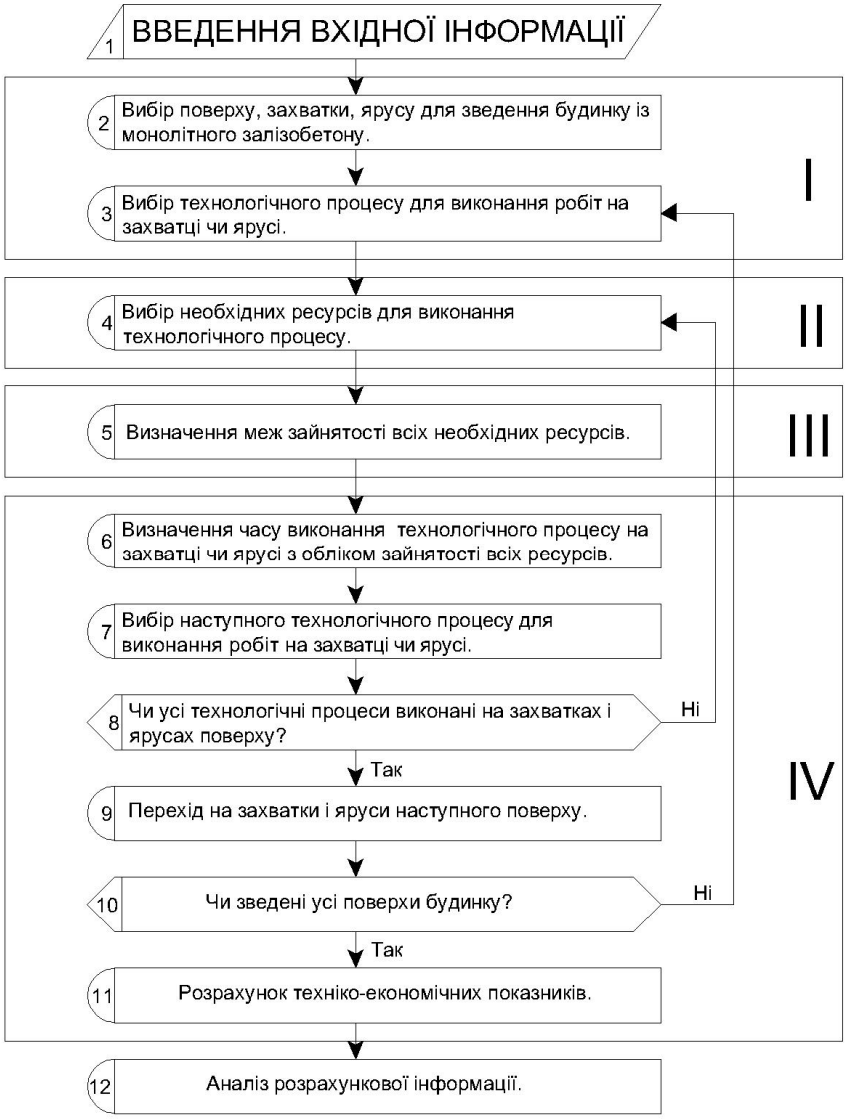


Рис. Блок-схема технологічного процесу зведення будунку із монолітного та збірно-монолітного залізобетону

Зведення багатоповерхової будівлі із монолітного чи збірно-монолітного залізобетону розпочинається з першої захватки, першого ярусу, першого поверху. До роботи приступає перший часний потік, який виконує технологічний процес по монтажу арматури, арматурних виробів та закладних деталей. Для його виконання необхідно вибрати усі ресурси, які зайняті на його здійсненні. У процесі виконання технологічного процесу визначається час зайнятості кожного із ресурсів. Після виконання першого

технологічного процесу на першій захватці першого ярусу першого поверху часной потік переходить до другої захватки. А на першій виконується, другим часним потоком, технологічний процес з монтажу опалубочної системи. Потім перший часний потік переходить на третю захватку, другий на другу, а на першій приступає до роботи третій часний потік, який виконує технологічний процес з подачі, укладки та ущільнення бетоної суміші. Таким же чином до роботи залучаються слідуючі часні потоки, для виконання усіх процесів для зведення першого ярусу першого поверху.

Після виконання першого технологічного процесу на усіх захватках першого ярусу, перший часний потік переходить на першу захватку другого ярусу першого поверху. За ним слідують усі часні потоки. Коли на усіх захватках і ярусах поверху буде виконано технологічний процес першим часним потоком роботи розпочинаються на другому поверсі. За першим часним потоком слідують усі часні потоки по зводенні будівлі. Робота так продовжується доки не будать зведені усі поверхи монолітної чи збірно-монолітної будівлі.

У результаті розрахунку розробляються: графік виконання робіт або циклограма; графіки потреби у робітниках загальний та по професіях; вектори зайнятості усіх ресурсів, які задіяні у зведенні будівлі; середня кількість робітників і т. д.

Висновки. Отже, розроблений ресурсний метод зведення будинків із монолітного залізобетону, який враховує параметри захватки, їх кількості на поверсі, кількість ярусів на поверсі, кількість поверхів будинку, кількість технологічних процесів і зайнятість всіх видів ресурсів, які використовуються (а саме машини і механізми: кран, бетонозмішувач, бетононасос; матеріальні ресурси: система опалубки, арматура, бетонна суміш і ін.; трудові ресурси). Сутність методики заключається в тім, що в памяті ПК зберігається, використовується при виконанні технологічного процесу, а в результаті його виконання, формується його інформація про зайнятості кожного ресурсу у вигляді відрізків часу протягом розрахункового періоду.

Список використаних джерел

1. Афанасьев А. А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. Москва : Стройиздат, 1990. 384 с.
2. Атаев С. С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. Москва : Стройиздат, 1989. 336 с. ил. ISBN 5-274-00573-X.
3. Кирнев А. Д. [и др.]. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона, инженерного назначения и в особых условиях строительства. Ростов-на-Дону : Феникс, 2008.
4. Теличенко В. И., Гныря А. И. Бояринцев А. П. Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий : учеб. Москва : Изд-во АСВ, 2018. 744 с.
5. Хаютин Ю. Г. Монолитный бетон: Технология производства работ. 2-е изд. Москва: Стройиздат, 1991. 576 с.
6. Соколов Г. К. Технология строительного производства : учеб. пособ. для студ. вузов. Москва : Издательский центр «Академия», 2006. 544 с.
7. Березюк А. М., Шаленний В. Т., Огданський І. Ф., Дікарєв К. Б., Зубкова Є. В. Основні принципи вибору комплекта опалубки для монолітного домобудівництва і технологічного проектування опалубочних робіт. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.* 2011 .№3. С. 2−38.

УДК 699.86+697.14

ПЕРВИННИЙ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Пригорницька К. В., студ., **Бондаренко А. В.,** студ.,
Юрченко Є. Л., к. т. н., доц., **Коваль О. О.**, с. н. с., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Одним із важливих компонентів комфортного перебування в будівлі є забезпечення параметрів мікроклімату. Комфортні показники температури внутрішнього повітря, відносної вологості та рівню концентрації CO_2 забезпечують здорове перебування людей у житлових приміщеннях та є пріоритетними факторами при проведенні термомодернізації будівель. Намагання окремих власників заощадити кошти на опалення шляхом проведення «локальних утеплень» господарчим методом часто призводить до негативних наслідків.

Мета дослідження: інструментально перевірити основні показники якості мікроклімату житлових приміщень: температуру, вологість та рівень CO_2.

Об'єкт: житловий будинок 69,9 м^2 з них 37,6 житлова площа, розташований в II температурній зоні у передмісті м. Херсон, знаходиться за містом далеко від магістралей. Проживають п'ять дорослих людей та сім домашніх тварин. Вентиляційних каналів два, в кухні та ванній кімнаті, вентиляція природня. Будівля складається з основної частини з огороджувальною стіновою конструкцією з буту та прибудови (кухня та ванна кімната) з кримського ракушняку. Стіни були утеплені пінопластовими плитами товщиною 50 мм більшість вікон замінені на металопластикові з двокамерними склопакетами. Підлога у прибудові цементна стяжка; в основній будівлі дерев'яна підлога с техпідпіллям. Горище двоскатне неутеплене.

Основні результати. Розрахункові значення температури та вологості повітря приміщень для житлових будівель згідно норм [1] дорівнюють: внутрішнє повітря = 20 °С; відносна вологість повітря 55 %. Згідно ДБН В.2.5-67:2013 рекомендовані типові значення за рівнем концентрації CO_2 для оптимальних умовах мікроклімату 500 ppm, типовий діапазон 400...600 ppm [2].

Дослідження проводились за допомогою приладу − цифрового вимірювача CO_2 HT-2000 co2/temp/rh data logger. Який одночасно фіксує дані температури, рівня CO_2, вологості повітря та за допомогою програмного забезпечення зафіксовані дані завантажуються на комп'ютер та проводиться моніторинг та обробка отриманих даних. Цей вимірювач облаштований датчиком який попереджає про перевищення рівня CO_2, має можливості встановлення максимального та мінімального порогу. Діапазон вимірювань: вуглекислий газ (CO_2) 0 ~ 9999 точність: ± 50 ppm ± 5 % від показання, діапазон температур: -10,0 ~ 70,0 °C (14 ~ 158 °F) точність : ± 0,6 °C / ± 0,9, діапазон вологості: 0,1 ~ 99,9 %, точність: ± 3 %.

На початку дослідження були зареєстровані погодні умови на дату 31.10.2020 на протязі доби було похмура погода рівень вологості коливався від 77 до 96 %, температура в день +10...+12 °С, вночі +9 °С, ввечері накрапав дощ.

Вимірювання розпочалися ввечері 30.10.2020 о 18:39, тривали 25 годин, інтервал замірювання кожні 3 хвилини. Протягом вечора в кімнаті знаходилося від одного до трьох осіб і до трьох домашніх тварин, були увімкнені побутова техніка (ноутбук) о 21:14 відкрили вікно на провітрювання на 15 хвилин, на графіках у цей час можемо спостерігати падіння показників. З 22:45 до 8:37 знаходилось тільки дві людини. На рисунку 1 графіку вмісту CO2(PPM) в приміщені та на рисунку 2 графіку вологості в приміщені бачимо ближче до ранку підвищення великих значень, а на рисунку 3 графіку температури в приміщені (°С), навпаки, − зниження. З 7:44 до 8:07 було відкрите вікно, на графіках знов зафіксоване падіння значень. Далі, рухаючись по графіку з 9:37 до 9:42 та з 10:08 до 15:30

ніхто не знаходився в приміщені, тому і коливань не відбувалось. Далі графік починає зростати: з 15:30 до 17:00 в кімнаті була одна людина, з 17:00 до 20:00 − дві людини та увімкнений ноутбук.

Результати наведені на графіках:. Як бачимо, за цими даними майже не одне значення не відповідає нормативним, крім температури. Ревінь вмісту CO_2 (PPM) в приміщенні перевищую нормативні показники. Рівень вологості в будівлі теж не є показником норми.

Рис. 1. Графік вмісту CO_2 (PPM) в приміщенні

Рис. 2. Графік вологості в приміщені (%RH)

Рис. 3. Графік температури в приміщені (°C)

Висновки

1. Фактичні заміри показали за період вимірів (25 годин) значення вмісту CO_2 (PPM) в приміщенні коливається в межах від 1 798 до 4 767 PPM. Значення вологості в приміщені коливались в межах 76,5 до 85 %. Значення температури в приміщені коливається в межах від 18,4 до 21,1 °C.

2. Нормативним показникам відповідає тільки температура, показники вмісту CO_2 та вологості не відповідають нормативним.

3. В даному об’єкті дослідження присутні проблеми з вентиляцією в приміщенні.

4. Рекомендації: потрібно додаткове дослідження вентиляційних каналів та рекомендовано розглянути такий енергоефективний захід як рекуператор.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. (Ст. 29, таблиця В.2) (Державні будівельні норми України).

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. (Ст. 107) (Державні будівельні норми України).

УДК 728.98.012.18

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЛІ ЦЕНТРУ-ПРИТУЛКУ БЕТАНІ В м. МАЛАЦКИ, СЛОВАЧЧИНА

Савицький М. В. [1], д. т. н., проф., **Бордун М. В.** [1], асп., **Зінкевич О. Г.** [1], к. т. н., доц.,
Зінкевич А. М. [2], к. т. н., доц.
[1] *Державний вищий навчальний заклад*
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
[2] *Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна*

Постановка проблеми. В Європейській директиві з енергоефективності будівель [1] зазначено, що всі нові будівлі, починаючи з 31 грудня 2020 року повинні відповідати стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням або бути «позитивними», всі існуючі будівлі потребують термомодернізації відповідно до сучасних вимог.

Науковці та студенти ДВНЗ ПДАБА прийняли участь у крос-навчанні проектуванню будівель та споруд за принципами стійкого розвитку у рамках Міжнародного проекту InStep Project «International Sustainable Engineering Practices», який виконувався за підтримки Вишеградського Фонду. Одним із поставлених для вирішення завдань було підвищення комфортності перебування у Центрі-притулку для жінок з дітьми в м.Малацки (Словаччина).

Центри соціальної допомоги − установи соціального обслуговування, що призначені для надання соціальної, побутової, медичної, психологічної або юридичної допомоги сім'ям, дітям та окремим громадянам. Будівля Центру-притулку Бетані досить стара і не відповідає сучасним вимогам в сфері енергоефективності, в ній відсутній стаціонарний пункт надання кваліфікованої медичної допомоги, відсутні дитячі ігрові майданчики і благоустрій території біля Центру.

Мета роботи. Запропонувати заходи щодо підвищення енергоефективності будівлі та покращення якості внутрішнього середовища соціального закладу для жінок з дітьми в м. Малацки (Словаччина). В роботі було запропоновано провести ряд заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності будівлі шляхом утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій і зниження енергопотреб будівлі. Наступним кроком було зведення теплиці, комбінованої з будівлею Центру, що частково дозволить вирішити питання психологічної реабілітації та проведення дозвілля для жителів центру шляхом вирощування, догляду та споглядання різних рослин [2].

Виклад матеріалу. Результати. Для аналізу стану будівлі було виконано візуальне обстеження будівлі Центру-притулку в м. Малацки. Будівля Центру одноповерхова з розмірами в плані 42,38 × 12,53 м, висотою 4,85 м, що прибудована до торця багатоповерхового житлового будинку. Склад зовнішніх стін будівлі – профнастил, силікатна цегла, цементно-піщана штукатурка, загальна товщина 330 мм, загальна площа 469,3 м^2, розрахунковий коефіцієнт теплопередачі U = 1,78 Вт/м2К, що значно перевищує мінімальне нормативне значення. 90 % вікон пластикові, але мають однокамерний профіль, інші (10 %) − старі вікна з алюмінієвим профилем. Загальна площа отворів 62,08 м^2. Середній розрахунковий коефіцієнт теплопередачі U = 2 Вт/м^{2}К. Покрівля будівлі центру – рулонна, загальна площа 494,4 м^2, розрахунковий коефіцієнт теплопередачі U = 0,6 Вт/м^{2}К. Підлога виконана по ґрунту з розрахунковим коефіцієнтом теплопередачі U = 0,27 Вт/м^{2}К.

В даному дослідженні було проведено розрахунок теплових втрат через огороджувальні конструкції будівлі помісячно протягом опалювального періоду за методикою ДБН В.2.6-31:2016 [2]. Дані по кліматичним умовам і розрахункові температури приймалися згідно [3].

Результати розрахунку показали, що найбільші втрати тепла відбуваються через зовнішні стіни будівлі − 60 %.

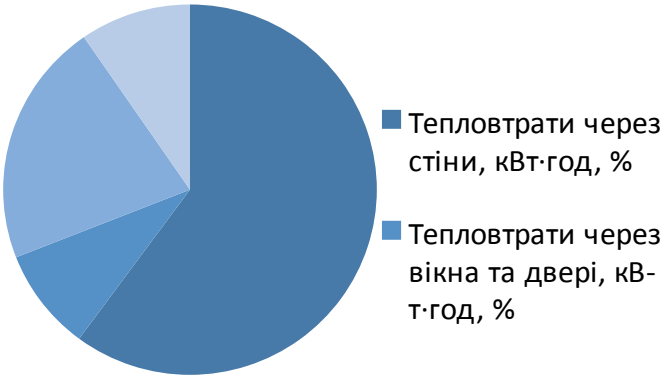


Рис. 1. Витрати тепла через огороджувальні конструкції будівлі Центру за опалювальний період, кВт·год, %

Для зниження енергопотреби будівлі запропоновано виконати теплоізоляцію огороджувальних конструкцій і прибудувати теплицю до будівлі Центру з південної або східної сторони (найбільш раціональна орієнтація для теплиці) [4].

Рис. 2. Архітектурно-конструктивне рішення прибудови теплиці до будівлі Центру Бетані

Частина огороджувальних конструкцій будівлі Центру, які не стикаються з теплицею, пропонується утеплити із застосуванням вентильованих систем, де в якості теплоізоляційного шару взяті плити з базальтової вати. Для зменшення втрат тепла через світлопрозорі отвори і двері необхідно передбачити їх заміну на сучасні енергоефективні конструкції. Каркас прибудови теплиці виконати з легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК), крок поперечних рам рекомендується 3 м, покриття виконати по фермам з ЛСТК, стійки каркасу − з С-подібного профілю 200 × 70 × 2,5 мм. Як матеріал світлопрозорого покриття в теплиці використовуємо стільниковий полікарбонат товщиною 16 мм. Для будівлі Центру Бетані, що поєднаний з теплицею, був виконаний розрахунок втрат тепла помісячно за опалювальний період, а також розрахунок щомісячних сонячних теплонадходжень.

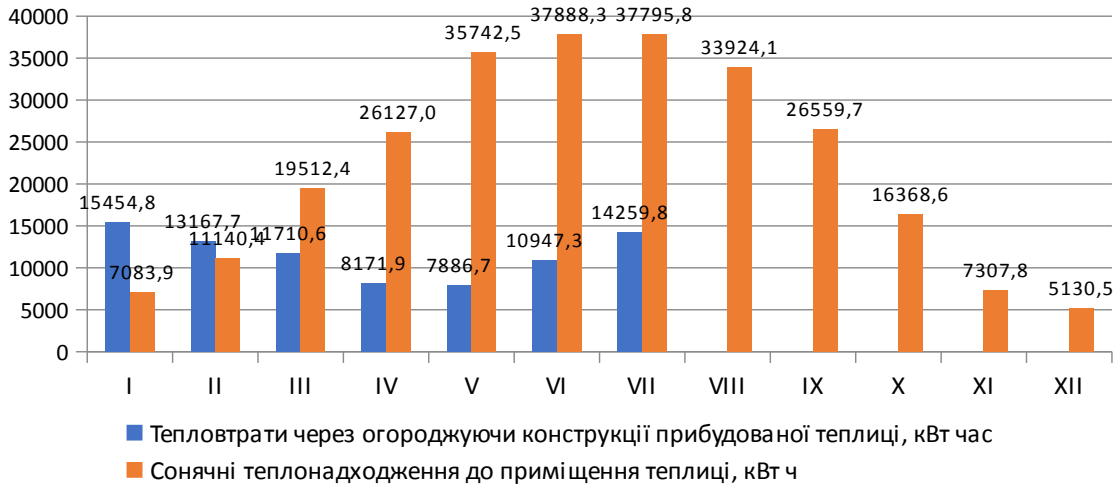


Рис. 3. Річні втрати тепла і теплонадходження через світлопрозорі конструкції прибудованої теплиці

Згідно результатів розрахунку встановлено, що річні теплонадходження в три рази перевищують річні тепловтрати будівлі. Але при цьому, в зв'язку з особливістю кліматичних умов, теплонадходження розподіляються нерівномірно протягом року. Для експлуатації теплиці цілий рік необхідно передбачати додаткові джерела обігріву в найбільш холодний період або засоби зовнішньої захисту світлопрозорих конструкцій від переохолодження (зовнішні жалюзі). Додатковими джерелами обігріву можуть служити акумулятори тепла: добові − для осінньо-весняного перехідного періоду, і сезонні − для найбільш холодних зимових місяців.

Висновки. Зведення теплиці, що комбінована з будівлею Центру, має багатофункціональне значення для підвищення комфортності і якості перебування в Центрі. Конструкція теплиці може служити додатковим джерелом тепла в холодний період, а сонячна енергія, що накопичується в теплиці, може використовуватися в якості додаткового джерела тепла для опалення будівлі. Також, конструкція теплиці служить перехідною теплової зоною між зовнішнім і внутрішнім простором. Якщо аналізувати з соціально-побутової сторони, то зведення теплиці і вирощування в ній рослинної продукції дозволить урізноманітнити щоденний раціон жителів Бетані якісною і здоровою їжею, дозволить зберегти кошти, що призначені для покупки харчування, а можливо, і дасть додатковий прибуток від продажу надлишку продукції. Ще одним позитивним моментом зведення теплиці можна вважати організацію дозвілля жителів Бетані при зайнятості рослинництвом, що дуже важливо не тільки для дорослих, але особливо для дітей з точки зору виховання і становлення особистості.

Список використаних джерел

1. EUR-Lex. Access to European Union law. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX :32012L 0027
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлового-комунального господарства України, 2017. (Державні будівельні норми України).
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
4. Savytskiy M., Bordun M., Spiridonenkov V. The Sustainable Design of the Greenhouse by Criteria of Heat Losses and Solar Heat Gains. *Lecture Notes in Civil Engineering Proceedings of EcoComfort 2020.* Vol. 100. Springer Nature Switzerland AG. 2020. Pp. 393–401.

УДК 519.673:624.154

ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ НДС ОСНОВИ БАГАТОВИТКОВОЇ ПАЛІ У НАТУРНИХ УМОВАХ

Сєдін В. Л., д. т. н., проф., **Волнянський Ю. Ю.**, аспірант, **Ковба В. В.**, к. т. н., доц.,
Бікус К. М., к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. В умовах розвитку геотехнічного будівництва пов'язаного з використанням пальових фундаментів з багатовиткових паль для будівель та споруд в складних інженерно-геологічних умовах, програмні комплекси відіграють велику роль для інженерів та геотехніків. Традиційні інженерні методики не дозволяють достатньо достовірно оцінити напружено-деформований стан основ без використання потужних геотехнічних програмних комплексів.

Числове моделювання роботи багатовиткових паль за допомогою сучасних розрахункових програмних комплексів, що отримали сьогодні широке розповсюдження, може значно спростити і пришвидшити визначення несучої здатності пальових фундаментів з багатовиткових паль та подальшої деформації їх основ, надавши при цьому достатньо точні результати для потреб проектування [1].

Мета дослідження. У зв'язку з вищевикладеним виникає необхідність створити числову модель для проведення числового моделювання напружено-деформованого стану основи багатовиткової палі. Також є необхідним провести порівняння отриманих результатів числового моделювання з результатами натурного випробування для адаптації параметрів існуючої числової моделі.

Основне дослідження. Числове розв'язання поставленої задачі вирішувалось з використанням МСЕ у ПК Plaxis 3D, у нелінійній постановці, із застосуванням пружно-пластичної моделі роботи зі зміцненням ґрунту (Hardening Soil Model) [2]. У розрахункову область було включено масив ґрунту(рис. 1а), складений з чотирьох ІГЕ, дослідна багатовиткова паля довжиною 2,0 м і навантаження, яке відповідало поетапному навантаженню натурної палі.

Моделювання виконувалося у наступній послідовності:

- створення геометричної моделі ґрунту;
- створення геометричної моделі багатовиткової палі;
- поетапне навантаження багатовиткової палі.

Під час моделювання поставленої задачі, основна увага була приділена створенню числової моделі багатовиткової палі. Багатовиткова паля моделювалась за допомогою стрижневих та плоских елементів (рис. 1 *б*).

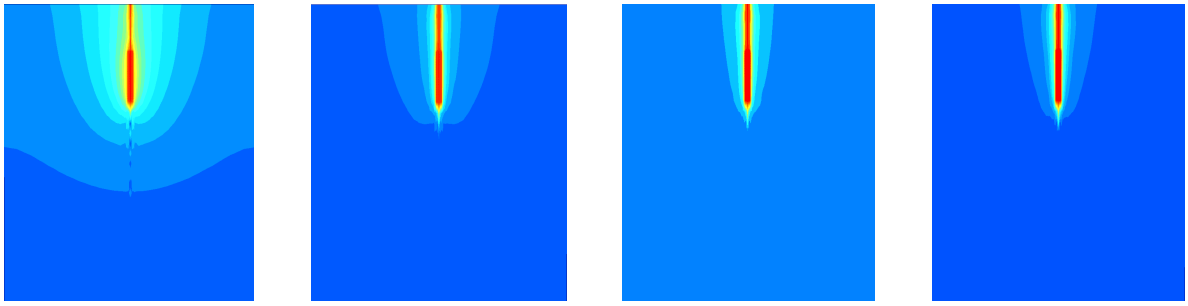
а *б*

Рис. 1. Геометрична скінченно-елементна модель:
а) ґрунтової основи; б) багатовиткової палі

Для моделювання масиву ґрунту на першій фазі розрахунку використовувалася функція K0-procedure, за допомогою якої можна регенерувати вертикальні напруження в стані рівноваги за власною вагою.

Поетапне навантаження багатовиткової палі моделювалося шляхом збільшення прикладеного зосередженого навантаження до верхньої частини палі відповідно до поетапного навантаження натурної палі. Розрахунок проводився до прикладання максимального проектного навантаження $P = 20{,}58$ *кН* при вдавлюванні палі та $P = 14{,}7$ *кН* при її висмикуванні.

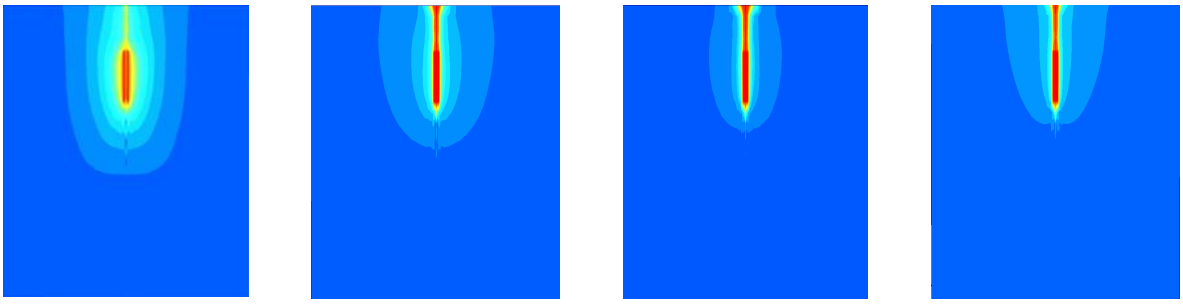
В результаті числового моделювання деформація дослідної багатовиткової палі від максимального осьового статичного вдавлюючого навантаження $P = 20{,}58$ *кН* склала $S = 0{,}468$ *мм.* Ізолінії вертикальних переміщень багатовиткової палі показані на рисунку 2.



а *б* *в* *г*

Рис. 2. Ізолінії вертикальних переміщень при статичному вдавлюючому навантаженні: а) 3,9 кН; б) 13,7 кН; в) 17,65 кН; г) 20,58 кН

Деформація дослідної багатовиткової палі від максимального осьового статичного висмикуючого навантаження $P = 14{,}7$ *кН* склала $S = 1{,}53$ *мм.* Ізолінії вертикальних переміщень багатовиткової палі показані на рисунку 3.

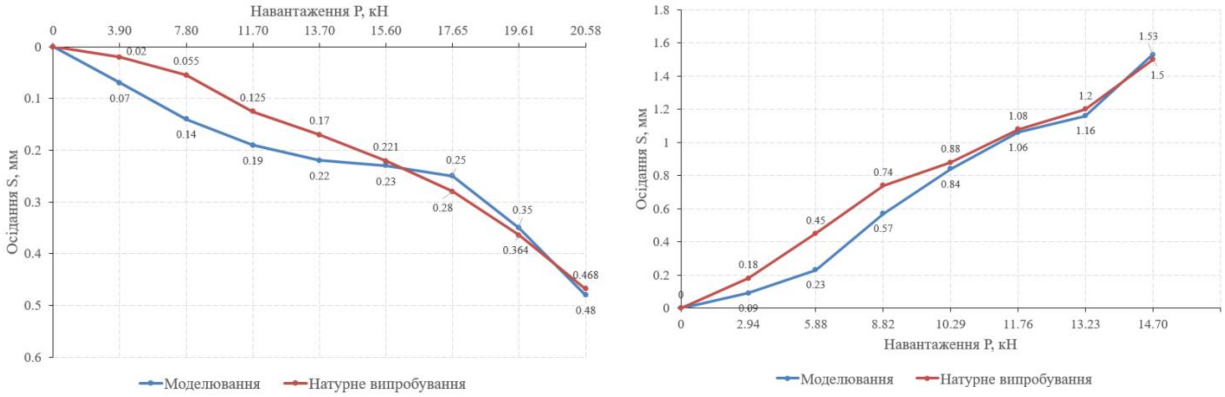


а *б* *в* *г*

Рис. 3. Ізолінії вертикальних переміщень при статичному висмикуючому навантаженні: а) 2,94 кН; б) 10,29 кН; в) 13,23 кН; г) 14,7 кН

Для оцінювання коректності числового моделювання було проведено порівняння отриманих результатів при числовому розрахунку та проведених натурних випробуваннях. Для виразності результати зображені у графічному вигляді на рисунку 4.

Основними для оцінювання розрахунку є навантаження P і осідання S. З аналізу графіку (рис. 4 *а*) видно, що при максимальному статичному вдавлюючому навантаженні $P = 20{,}58$ *кН* результати моделювання та натурних випробувань демонструють задовільну збіжність, різниця осідань при навантаженні 0,468 та 0,48 мм (при натурних випробуваннях) не перевищує 3 %. З аналізу графіку (рис. 4 *б*) видно, що при статичному висмикуючому навантаженні $P = 20{,}58$ *кН* результати моделювання та натурних статичних випробувань демонструють задовільну збіжність, різниця осідань при навантаженні 1,53 таі 1,5 мм (при натурних випробуваннях) не перевищує 2 %.



а *б*

Рис. 4. Графік залежності осідання змодельованої дослідної багатовиткової палі від: а) статичного вдавлюючого навантаження; б) статичного висмикуючого навантаження

З аналізу графіків (рис. 4 *а, б*) можна зробити висновок, що проведене числове моделювання та порівняння його результатів з результатами натурного дослідження демонструє задовільну збіжність, що свідчить про адекватно підібрані параметри пружно-пластичної моделі зі зміцненням ґрунту в ПК Plaxis. Це дозволяє використовувати створену числову модель для подальших розрахунків багатовиткових паль з метою оцінки деформації основи та несучої здатності багатовиткових паль.

Висновки. Використання створеної числової моделі для оцінки деформацій основи і несучої здатності багатовиткових паль в конкретних інженерно-геологічних умовах доцільне для попереднього вибору технології влаштування паль на етапі проектування. Це дозволить зберегти кошти необхідні для вибору в першому наближенні багатовиткових паль влаштованих за різними технологіями та з різним кроком паль на одному будівельному майданчику, до їх натурних випробувань.

Список використаних джерел

1. Sedin V., Volnianskyi Yu., Kovba V. Application of the hardening soil model for numerical simulation of behavior of screw piles in soil base. *Наука і техніка : перспективи XXI століття : мжвузівська наук.-практ. конф. молод. вчен*. 2019. С. 127−128.

2. Сєдін В. Л., Бікус К. М., Ковба В. В., Волнянський Ю. Ю. Моделювання напружено-деформованого стану основи фрагменту пальового фундаменту при навантаженні ростверку, нез'єднаного з палею, у натурних умовах. *Строительство, материаловедение, мошиностроение. Серия: «Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении».* 2017. Вып. 1. С. 190−197.

3. Stanier S.A., Black J.A, Hird C.C. Modelling helical screw piles in soft clay and design implications. *Geotechnical Engineering (P I CIVIL ENG-GEOTEC).* UK, 2014. № 50 (2). С. 447−460.

4. Salhi L., Nait-Rabah O., Deyrat C., Roos C. Numerical modeling of single helical pile behavior under compressive loading in sand. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. UK, 2013. № 18. С. 4321−4338.

УДК 697.11:620.21

ДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВИБОРУ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ ЗА УМОВИ ЇХ КОМБІНУВАННЯ

Солод Л. В., к. т. н., доц., **Адегов О. В.**, к. т. н., доц., **Березюк Г. Г.**, ст. викл.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Сьогодні не викликає сумнівів актуальність енергозбереження та підвищення енергоефективності систем енергопостачання. Загальною тенденцією забезпечення в паливно-енергетичних ресурсах споживачів є врахування екологічної безпеки при генерації та споживанні різних видів енергії, а також максимальна диверсифікація постачання первинних енергоресурсів. Таким чином, є актуальними розвиток нових підходів до забезпечення споживачів енергією та розробка відповідних технічних рішень. Зокрема в сфері теплопостачання це може бути пропозиція енергоефективних засобів забезпечення споживачів тепловою енергією.

Мета дослідження. Результати досліджень щодо тривалості температур зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів 2005−2018 років в регіонах України [1; 2] показали можливість використання тенденції підвищення температур зовнішнього повітря в Україні для енергозбереження при теплопостачанні. Тривалість періодів з температурою зовнішнього повітря рівною температурі найхолоднішої п’ятиденки, що наведена в [3] та приймається за розрахункову при проектуванні систем теплопостачання, для обласних центрів України складає від 3 до 36 годин за опалювальний період. Наприклад, для Києва, період стояння середньодобової температури від -5 ^{o}C та вище становить основну частину (80%) середньостатистичного опалювального сезону.

Очевидна доцільність комбінування джерел теплової енергії, при якому основне (базове) джерело буде забезпечувати споживача більшу частину опалювального періоду, а інше виконувати роль пікового джерела та використовуватись при низьких температурах зовнішнього повітря. Таке комбінування джерел теплоти може розглядатись серед заходів щодо впровадження погодозалежного регулювання виробництва теплової енергії для теплопостачання різних об’єктів.

Метою дослідження є виявлення часток різних джерел теплоти, що розглядаються для теплопостачання визначених споживачів в забезпеченні потреби цих споживачів в тепловій енергії з ціллю оцінки енергоефективності при прийнятті рішень щодо вибору джерел теплоти при їх комбінуванні.

Основні результати. Можливості комбінування джерел теплової енергії досліджувались в рамках виконання магістерських кваліфікаційних робіт за освітньо-науковою програмою «Теплогазопостачання, вентиляція і кондиціювання» [4; 5].

В роботі [4] об’єктом дослідження був житловий двоповерховий будинок типу «Таунхаус» в м. Дніпро. Для теплопостачання об’єкту розглядалось використання теплового насосу «повітря-вода» в якості основного джерела теплової енергії з електричним котлом в якості додаткового (пікового) джерела. Теплова енергія витрачається на опалення та гаряче водопостачання. Отримані такі дані: тепловий насос повністю покриває потребу об’єкта в теплі при температурі зовнішнього повітря вище -11^{o}C та забезпечує 85,6 % річної потреби об’єкта в тепловій енергії, відповідно електричний котел вмикається при температурі зовнішнього повітря нижче або рівній -11 ^{o}C та забезпечує 14,4 % річної потреби об’єкта в тепловій енергії. За даними [6] температура зовнішнього повітря нижче -11 ^{o}C спостерігається в м. Дніпро близько 17 діб опалювального періоду.

Тобто тепловий насос працює до визначеної бівалентної температури, а при більш низьких температурах зовнішнього повітря для забезпечення об’єкту тепловою енергією вмикається електричний котел. Потреби на гаряче водопостачання також забезпечує тепловий насос через бак непрямого нагріву зі збільшеною площею поверхні нагріву. При

більш низьких температурах зовнішнього повітря потреби на гаряче водопостачання забезпечує електричний котел.

Також проаналізовано варіант використання як пікового джерела теплоти газового котла та варіанти використання єдиного джерела теплоти - електричного або газового котла без комбінування з тепловим насосом або іншим джерелом. За терміном окупності теплового насосу комбінування його з електричним котлом є більш переважним ніж з газовим, також цей варіант є оптимально прийнятним за експлуатаційними витратами на паливо.

В роботі [5] досліджувались можливості використання теплових вторинних енергоресурсів як основного джерела теплоти для теплопостачання промислового підприємства. Зокрема, визначалась частка потреби в тепловій енергії на опалення та гаряче водопостачання об'єктів хлібопекарного виробництва, що може бути покрита за рахунок використання теплоти відхідних димових газів з пекарських печей після спалювання природного газу.

Утилізація димових газів від восьми ліній хлібопекарного виробництва виконується з використанням теплообмінного обладнання типу «димові гази − вода». Утилізатори тепла встановлюються у димові труби на кожну лінію виробництва, де продукти згоряння можна охолодити до температури 120 ^{o}C, щоб запобігти конденсації. Нагрітий теплоносій − вода надходить до загального трубопроводу та спрямовується до накопичувальних баків-акумуляторів, звідки відбирається на потреби підприємства. В кліматичних умовах м. Києва тепла отриманого від утилізаторів вистачає для забезпечення об'єктів підприємства теплом при температурі зовнішнього повітря до -5 ^{o}C включно, що складає 77,5 % загальної потреби об'єкта в тепловій енергії, 22,5 % потреби в теплоті забезпечується газовою котельнею. За даними [5] температура зовнішнього повітря нижче -5 ^{o}C спостерігається в м. Київ близько 45 діб опалювального періоду.

В результаті використання теплової енергії від утилізації димових газів в теплообмінниках та застосування газової котельні лише як пікового джерела теплоти отримується економія природного газу, за рахунок чого система теплоутилізації окупається менше ніж за три роки.

Кожен з розглянутих прикладів має свої особливості, що повинні бути враховані при розробці відповідних технічних рішень, проектуванні та техніко-економічному обґрунтуванні.

Особливістю роботи теплового насосу є його переключення за потреби на режим відтаювання зовнішнього блоку, щоб крига не заважала нормальній роботі обладнання. За температури нижче 0 ˚C вбудований в зовнішній блок теплового насосу термостат перемикає його роботу з системи опалення/гарячого водопостачання на режим відтаювання, при цьому використовується тепло з системи опалення. Для компенсації нестачі тепла в системі опалення на період режиму відтаювання теплового насосу має застосовуватися буферна ємність, що акумулює тепло для цього процесу.

При використанні тепла димових газів від технологічного обладнання має місце вплив нерівномірності режимів роботи цього обладнання, що спричиняє нерівномірність надходження теплового вторинного енергоресурсу – димових газів для роботи теплообмінників − утилізаторів. Можливо буде доцільно використання акумулювання теплоти.

Проведені дослідження показали, що для прийняття рішення щодо застосування комбінування джерел теплоти для певного об'єкту необхідно виконання наступних етапів:

− аналіз характеристик об'єкту – споживача теплової енергії та кліматичних умов;

− розрахунок теплової потужності системи теплопостачання;

− підбір варіантів джерел теплоти для комбінування та аналіз їх особливостей;

− побудова графіку витрати теплової енергії в залежності від тривалості температур зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів та визначення часток кожного з джерел теплоти у покритті загальної потреби споживача в тепловій енергії;

− проведення техніко-економічних розрахунків.

Після визначення оптимального варіанту комбінування джерел теплоти виконується проект системи теплопостачання.

Висновок. За результатами аналізу досліджень щодо комбінування джерел теплової енергії для забезпечення теплом визначених споживачів (двоповерховий будинок, промислове підприємство) отримані дані про частки різних джерел теплоти в покритті потреби споживачів в теплі. Виявлена економічна ефективність комбінування двох джерел тепла для забезпечення одного об'єкта серед яких одне буде основним та працювати більшу частину опалювального періоду, а інше піковим та працювати при низьких температурах зовнішнього повітря. Частки комбінованих джерел тепла та температура, при якій буде включатись пікове джерело можуть бути визначені при побудові графіку витрати теплової енергії в залежності від тривалості температур зовнішнього повітря.

При розгляді різних варіантів комбінування джерел теплової енергії необхідний попередній аналіз їх особливостей та виконання інших етапів, що сформульовані для прийняття рішення щодо застосування комбінування джерел теплоти для певного об'єкту. Визначені етапи прийняття рішень можуть розглядатись як основа алгоритму оцінки енергоефективності при прийнятті рішень щодо вибору джерел теплоти при їх комбінуванні.

Список використаних джерел

1. Крамар В. Г. Побудова графіка тривалості теплового навантаження (графіка Росандера) для регіонів України. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т. 40, № 4. С. 41-49.

2. Шовкалюк М. М., Войналович Н. О., Войналович О. О. Аналіз розрахункових параметрів зовнішнього повітря для теплопостачання.. *Будівельні конструкції*. 2013. № 77. С. 157–161.

3. ДСТУ НБВ.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

4. Родіонова В. І. Енергоефективна система теплопостачання таунхаусу в м. Дніпро : магіст. робота: 192 − Будівництво та цивільна інженерія. Керівник: Л. В. Солод. Дніпро, 2020. 94 с.URL: http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/3966

5. Серебрянська О. В. Енергоефективна система теплопостачання хлібозаводу в м. Київ : магіст. робота: 192 − Будівництво та цивільна інженерія. Керівник: Л. В. Солод. Дніпро, 2020. 95 с. URL: http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/3970

6. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (Ч. І «Теплові мережі і споруди») : навч. посіб. Київ : Кондор, 2007. 244 с.

УДК 697.133

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАХОДІВ З РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЖИТЛОВОГО МАСИВУ

Тимошенко О. А., к. т. н., доц., **Перчаник Н. В.**, магістр архітектури,
Колохов В. В., к. т. н., доц., **Тимошенко Л. О.,** ст. виклад.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Проектування та будівництво більшості житлових районів великих міст здійснено у третій чверті двадцатого століття. Частина таких районів в м.Дніпро розташована вздовж р. Дніпро. Рекреаційні зони, які розташовано вздовж річки, відокремлені від селітебної зони неї автомагістралями. Оскільки проктування житлових районів здійснювалось на підставі не діючих вже сьогодні норм то зростання кількості автотранспорту привело до збільшення техногенних навантажень які не були передбачені. Окрім перевищення діючих норм забруднення повітря і посилення шуму необхідно також враховувати безпековий фактор, а саме підвищення вірогідності дорожно-транспортних пригод під час доступу місцевих жителей до рекреаційних зон.

Мета дослідження. Визначення можливості зниження техногенного навантаження в житловому районі та підвищення рівня безпеки.

Виклад основного матеріалу. Під час проведення дослідження визначення рівнів забруднення примагістральної території викидами окису вуглецю та шумового забруднення . Результати визначення представлено на рисунках 1 та 2.

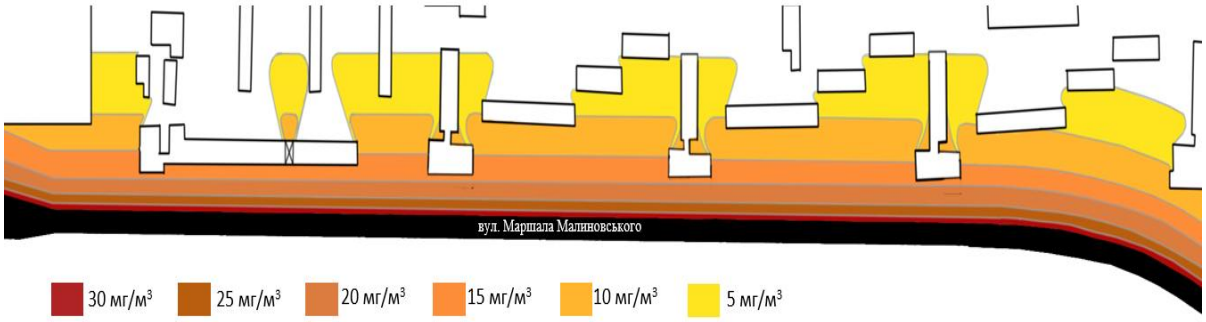


Рис. 1. Визначення рівня забруднення примагістральної території викидами окису вуглецю

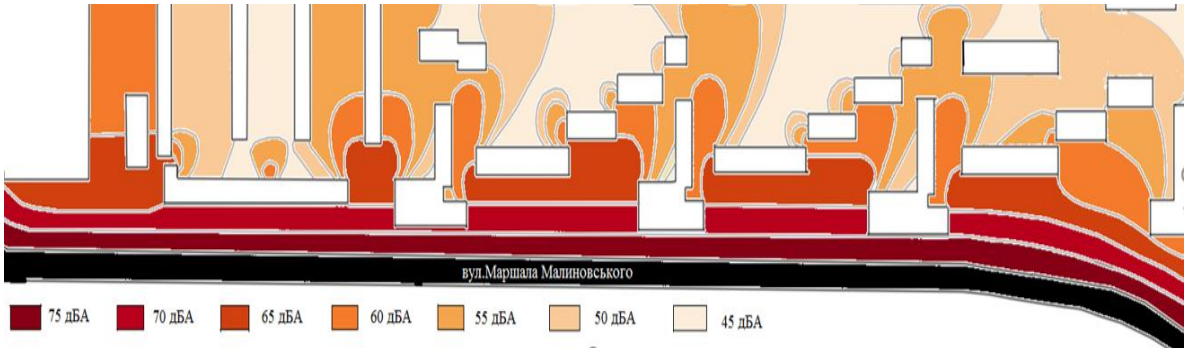


Рис. 2. Визначення рівня шумового забруднення примагістральної території

Визначений рівень загазованості примагістральної території в умовах існуючої ситуації на ж/м «Сонячний»: $C_{CO}max$ = 32,0 мг/м³; клас загазованості – 30 мг/м3, тобто перевищує середню добову гранічну допустиму концентрацію окису вуглецю в 10 разів [1]!

Розрахунковий рівень шуму від функціонування автотранспорту по вул. Маршала Малиновського складає 77,5 дБА (відповідає 75 класу). Рівень шуму на території перевищує денну норму (максимально на 30 дБА) [2; 3].

Задля усунення негативних впливів пропонується виконати автомагистраль у тунелі, тобто виконати заглиблення частини автомагістралі нижче рівня існуючої поверхні.

Пропозиція щодо реконструкції надана на рисунку 3.

Рис. 3. Пропозиція щодо реконструкції

Під час реконструкції виконуються:

- Тунель для транзитного руху транспорту протяжністю 1,15 км;
- Парковки для особистого транспорту зі сторони житлових будинків під землею ;
- Місця зупинки громадського транспорту;
- Рекреаційна (зелена) зона над тунелем.

Після виконання запропонованих рекомендацій рівень забруднення знижується оскільки всі забруднюючі речовини будуть викидатися в бік прибережної зони системою вентиляції тунелю та поглинатися зеленими насадженнями, які наразі вже існують біля р. Дніпро, та розсіюватися над дзеркалом ріки.

Висновки. За результатами проведених досліджень показана можливість поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня безпеки в межах житлового району.

Список використаних джерел

6. Тимошенко О. А. Моніторинг навколишнього середовища : методика визначення розрахункової концентрації окису вуглецю, який присутній у викидах автотранспорта, що рухається магистральною вулицею : методичні вказівки до практичних занять. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2017. 26 с.

2. ДБН В.1.1–31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. [Чинний від 2013-12-27]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 4 с. (Державні будівельні норми)

3. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій. [Чинний від 2018-09-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 185 с. (Державні будівельні норми України).

УДК 69.059.2

ОБСТЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СПОРУД НАДШАХТНИХ КОПРІВ, ВИКОНАНИХ ЗА РІЗНИМИ ТИПОВИМИ ПРОЕКТАМИ ДП «СХІДГЗК»

Титюк А. О., к. т. н., доц.**, Шатов С. В.,** д. т. н., доц.**, Титюк А. А.,** к. т. н.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. ДП «СхідГЗК» в 2021 році планує будівництво 4-х надшахтних копрів для потреб підприємства. У 2019−2020 роках керівництвом ДП «СХІДГЗК» поставлено задачу з обстеження технічного стану споруд надшахтних копрів виконаних за різними типовими проектами (рис. 1) та визначення конструктиву надшахтного копра з більшим залишковим ресурсом при умові однакових умов експлуатації.

а *б*

Рис. 1. Споруда надшахтного копра:
а − надшахтний копер ствола «Допоміжний»; б − надшахтний копер ствола «РЕ-6»

Мета дослідження. Визначення технічного стану будівельних конструкцій надшахтних копрів різних конструктивних схем.

Виклад основного матеріалу. Обстеженню підлягали надшахтний копер ствола «РЕ-6» та надшахтний копер ствола «Допоміжний» Новокостянтинівської шахти ДП «СхідГЗК».

Копер з надшахтною будівлею – гірничотехнічне спорудження над шахтним стовбуром, що входить до складу шахтної підйомної установки. Копер призначений для спуску/підйому людей, гірської маси, матеріалів та устаткування. Надшахтний копер сприймає навантаження від натягу підйомних канатів, тиску вітру та ваги обладнання, що встановлене на копрі. Конструктивна схема – повний металевий просторовий каркас шатрового типу у формі усіченої піраміди. Просторова жорсткість та стійкість забезпечуються спільною роботою стійок, розкосів, балок та зв'язків. В копрі розташовано конструкції стійок підшкірного майданчика та конструкції вбудованих приміщень сигналістів та допоміжних приміщень.

Надшахтний копер ствола «РЕ-6» має наступне виконання:

- фундаменти – монолітні окремо розташовані під колони, збірні залізобетонні фундаментні балки;
- колони – металеві дво- та тригілкові, ґратчасті змінного, складеного перетину (труба Ø219 × 8 мм, швелер № 20) та з прокатних профілів (труба Ø21 × 8 мм);
- зв'язки – металеві з прокатних профілів (спарені кутики 63 × 6 мм та 75 × 7 мм);
- конструкції покриття – металеві з прокатних профілів (двотавр № 50 та спарені кутики 75 × 6 мм);
- балки підкранових шляхів – металеві з прокатних профілів (двотавр № 40);
- стінове огородження – до відм. +1,200 з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині та із збірних залізобетонних стінових панелей; вище відм. +1,200 – за сталевих рам (кутики 45 × 4 мм та 63 × 5 мм) по металевим прогонам з двотаврів № 20 та швелерів № 20 із заповненням з пласких азбестоцементних та металевих листів;

• покрівля – металеві профільовані листи, укладені на дерев'яний брус 80 × 80, закріплений на металевих прогонах (кутик 80 × 7); зовнішнє водовідведення відсутнє.

За результатами огляду прилеглої до споруди території та підлоги зсередини копра не виявлені ознаки осідання поверхні внаслідок замочування ґрунту, техногенних дій, зсувних процесів, морозного пучення ґрунту. Огляд наземних конструкцій не показав наявність пошкоджень деформаційного та осадового характеру.

В ході обстеження безпосередньо монолітних фундаментів під стійки каркаса встановлено замокання зовнішніх поверхонь фундаментів та частково внутрішніх поверхонь. Як наслідок значних руйнувань зазнала верхня частина фундаментів – зона замонолічування стиків стійок з анкерами фундаменту. Відбулося руйнування бетону на глибину до 5 см. В нижній частині фундаменту, тобто в тілі фундаменту встановлено відколи бетону лише в деяких місцях на глибину до 2 см. Виявлені пошкодження в цілому не впливають на безпечну експлуатацію споруди [1−4].

Під час огляду балок підкранових шляхів виявлена ділянка монорельсу з вигином у площині величиною 100 мм (рис. 2). Згідно з перевірним розрахунком несуча здатність балки монорельсу забезпечена, але відповідно до технологічних вимог, що наведені у таблиці 1 ДСТУ [1] допустима величина вигину $f_u = l/400 = 15 мм$. На підставі цього технічний стан вказаної ділянки монорельсу класифіковано як непридатний до нормальної експлуатації, категорія «3». Рекомендується виконати заміну деформованої балки підкранового шляху.

а *б*

Рис. 2. Виявлені дефекти споруди надшахтного копра ствола «РЕ-6»: а − корозія фасонок бази колони; б − вигин балки монорельсу

Надшахтний копер ствола «Допоміжний» має наступне виконання:

• фундаменти під стійки каркаса – окремо розташовані монолітні залізобетонні;

• стійки – металеві з прокатних безшовних труб Ø377 × 10 мм та Ø273 × 10 мм на фланцевих болтових з'єднаннях, посилені вздовж чотирма металевими кутиками 100 × 10 мм, що «описані» навколо перерізу труби;

• розкоси – металеві з прокатних безшовних труб Ø219 × 10 мм, Ø140 × 8 мм, Ø194 × 10 мм та Ø273 × 8 мм на фланцевих болтових з'єднаннях, посилені вздовж чотирма металевими кутиками 75 × 8 мм та 63 × 6 мм, що «описані» навколо перерізу труби;

• розвантажувальний майданчик на відм. +8,820 – металевий, зварний по балках з прокатних профілів, головні балки майданчика зі спарених швелерів № 30, прогони (другорядні балки) із прокатних швелерів № 20, зв'язки горизонтальні із стальних прокатних кутиків 75 × 5, настил із листової рифленої прокатної сталі товщиною 6 мм.

• стійки під розвантажувальний майданчик просторові решітчаті з труби 159 × 10, підкосі − зі спарених швелерів № 20, та розпірок з спарених швелерів № 14 та труби 57 × 4;

• балочна клітина підшківного майданчика – головні балки виконані із двотаврів складеного перерізу розміром 1040 × 10, 410 × 20 мм, з'єднані між собою косинками на болтових з'єднаннях по верхнім та нижнім поясам; настил виконаний з рифленої сталі товщиною 4 мм по прогонам зі прокатних швелерів № 16; огородження – з прокатних кутиків 45 × 5 та пруту Ø14 мм;

• надбудова – стійки виконані зі спарених прокатних кутиків 120 × 9 мм; підкоси – з прокатних кутиків 75 × 7 мм; балки обв'язки – зі спарених гн. швелерів № 24; горизонтальні зв'язки – з прокатних кутиків 63 × 5.

В ході огляду прилеглої території та надземних конструкцій не виявлені пошкодження і деформації осадового характеру, ознаки осідання поверхні прилеглої території внаслідок замочування ґрунту, техногенних дій, зсувних процесів, морозного пучення ґрунту.

Основним пошкодженням для всіх сталевих елементів каркаса копра є руйнування, пошкодження або зношення антикорозійного покриття і як наслідок рівномірна поверхнева корозія без суттєвих втрат площ перерізів (рис. 3).

Виявлені наступні пошкодження в стійках під площадку:

- непроектний наскрізний виріз у опорній косинці біля фундаменту в осях Б/2;
- руйнування антикорозійного покриття стійок із загальною поверхневою корозією.
- руйнування швів з'єднувальних пластин (сухарів) між спареними швелерами підкосу стійки.

В конструкціях підшківного майданчика виявлені наступні пошкодження:

- руйнування антикорозійного покриття, загальна поверхнева корозія;
- вирізи у верхніх та нижніх поясах середніх балок підшківного майданчика.

Вибірковий огляд з'єднань конструкцій у найбільш навантажених вузлах показав відсутність пошкоджень та дефектів зварних швів.

Основним пошкодженням елементів бункеру є руйнування антикорозійного покриття з загальною поверхневою корозією.

Під час огляду бункерів виявлені пошкодження під площадку:

- ослаблення болтів на опорній пластині на фундаменті стійки по осі 1;
- пошкодження антикорозійного покриття стінок бункера та опорних стійок із загальною поверхневою корозією.

а

б

Рис. 3. Виявлені дефекти споруди надшахтного копра ствола «Допоміжний»:
а − руйнування зварного з'єднання в місцях з'єднувальних пластин спарених швелерів стійкі;
б − виріз металу в косинці опорної частини стійкі

Висновки. За результатами обстеження конструкцій надшахтних копрів різних за конструктивною схемою, а також аналізу виявлених дефектів встановлено, що конструкція споруди надшахтного копра ствола «РЕ-6» є більш експлуатаційно придатною. Виявлені дефекти та пошкодження в цілому є виключно експлуатаційні та мають менші деградаційні ознаки. Замовнику було рекомендовано для нового будівництва використовувати типовий проект споруди надшахтного копра ствола «РЕ-6» Новокостянтинівської шахти.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівель. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 39 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 43 с.
3. ДСТУ–Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 48 с.
4. ДСТУ ГОСТ ИСО 10543:2007. Труби сталеві напірні безшовні та зварні гарячетягнуті. Метод ультразвукової товщинометрії. Київ : Мінрегіон України, 2007. 34 с.

УДК 502:2:629.113

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ШУМОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Ткач Н. О., канд. техн. наук, доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Однією з проблем екологічної безпеки в Україні є стан акустичного забруднення атмосферного повітря. Одним з небезпечних і шкідливих факторів техногенного середовища, поряд з іншими, що перелічені в підзаконних актах, є шум, здатний впливати на стан здоров'я людини й комфортність умов її існування [1]. Масштаби шумового забруднення свідчать про недосконаліть методів прогнозування та оцінки рівня шумового забруднення житлових районів від автотранспорту з урахуванням нормативних вимог згідно [2].

Мета дослідження − оцінка та прогнозування екологічної ефективності шумозахисних заходів в умовах міської забудови.

Україна поступово переходить на шлях сталого розвитку, який без перегляду містобудівельної стратегії охорони навколишнього середовища та підвищення якості та безпеки життєдіяльності населення не можливий. Питання порушені у роботі допоможуть переходу України до дотримання міжнародних стандартів по забезпеченню якості довкілля. Однією з проблем забруднення довкілля є стан якісних показників для житлових територій міста Дніпро на предмет шумового забруднення. В умовах реконструкції міських територій поява методик, які дозволяють обґрунтувати необхідність підвищення якісних показників житлових територій, має велике значення, як у науковому, так і у практичному плані. В даний час на оцінку стану шумового забруднення житлових територій впливає сукупність акустичних, санітарно-гігієнічних, містобудівних і економічних критеріїв. Основою для їх отримання служать показники шуму і характеристики території, що піддається забрудненню (щільність, поверховість, характер забудови, населення). Дослідження лікарів-гігієністів, соціологів, пов'язані з виявленням суб'єктивної і об'єктивної реакцій людини і патології організму на вплив шуму, дозволили встановити допустимі рівні на територіях різного функціонального призначення Масштаби шумового забруднення свідчать про недосконаліть методів прогнозування та оцінки рівня шумового забруднення житлових районів від автотранспорту. Питання оцінки та прогнозування екологічного ефективності шумозахисних заходів теж є не досконалими, тому що оцінюється в більшості випадків ефективність заходів виходячи з даних щодо рівня забрудненості в окремих інтервалах часу, при цьому в цілому не проводяться дослідження щодо зміни рівня шумового забруднення з урахуванням екологічної ефективності окремого заходу протягом доби. Таким чином, робота присвячена розв’язанню актуального науково-практичного завдання, що полягає у вивченні зміни рівня шумового забруднення з урахуванням екологічної ефективності шумозахисних заходів протягом доби та визначенні показників екологічної ефективності шумозахисних заходів для кожного часу доби.

При проведені аналізу робіт [3−6] виявлено, що при проведені досліджень щодо прогнозування шумового забруднення в першу чергу вихідними даними є або показники найбільшого навантаження джерел шуму (так звані часи-пік), або погодинні дані протягом дня. Щодо показників и величин зазначених критеріїв протягом усієї доби, тобто в нічний час дані практично відсутні.

Планування й забудова сельбищної території міст та сільських поселень повинні забезпечувати нормативні вимоги до допустимих рівнів шуму. Розглядаючи засоби шумозахисту, треба відмітити, що еквівалентний рівень звуку вулиці чи дороги міняється протягом доби, так як значно змінюється інтенсивність та швидкість руху, склад транспортного потоку. Тому важливим завданням є визначення розрахункових еквівалентних рівнів звуку вулиць чи доріг, що знаходяться на границі з забудовою. Шумові характеристики

джерел шуму визначають натурними інструментальними вимірами або шляхом розрахунків відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 [7]. Значення допустимих рівнів для різних територій визначають згідно [2; 8]. Зниження рівня звуку екраном-стінкою визначали згідно [7].

Були проведені дослідження щодо рівнів звуку від автомобільних магістралей та на території обраної території протягом доби. При цьому проводилося дослідження зміни екологічної ефективності шумозахисних заходів (екранів різної висоти) з урахуванням нормативних вимог. Окремо для кожного часу доби будувалися карти шуму до та після застосування екранів, визначалися такі показники, як: коефіцієнти дискомфорту по населенню та по території житлової забудови, які враховують відсоток населення та площі території, що знаходиться у дискомфортних умовах.

З урахуванням містобудівної ситуації на житловій території, обмеженої вул. Високовольтна, просп. Гагаріна та Запорізьким шосе були визначені в якості шумозахисту для подальшого дослідження зміни показників рівня шумового забруднення протягом доби шумозахисні екрани висотою 1,5; 1,8; 2,1; 2,7 та 3 м. Першочерговим завданням було визначення рівнів шуму від кожної магістралі протягом доби та акустичної ефективності шумозахисних екранів. Далі оцінювалося відхилення рівнів шуму від нормативних допустимих значень. З урахуванням даних, що були отримані в результаті проведення натурних досліджень та розрахунків рівнів шуму від автомобільних магістралей, також після аналізу перевищення допустимих рівнів шуму на вул. Високовольтна, просп. Гагаріна та Запорізькому шосе нами були побудовані карти шуму до та після застосування шумозахисних екранів. З урахуванням даних щодо допустимих рівнів шуму нами були визначені зони дискомфорту. До шумозахисту площі зон дискомфорту протягом доби найбільші близько 200 тис. м^2 спостерігаються з 22 до 24 та з 7 до 8 години. Після шумозахисту площі зон дискомфорту протягом доби не перевищують 100 тис. м^2, окрім застосування екрану висотою 1,5 м (з 22 до 23 та з 6 до 8 години площі вище 100 тис. м^2). Площі більше 50 тис. м^2 спостерігаються для усіх екранів (крім екрану висотою 1,5 м) тільки з 22 до 24 та з 6 до 8 години, в інших випадках менш ніж 50 тис. м^2. Згідно отриманих результатів розрахунку кількості населення в зоні дискомфорту протягом доби можна зробити висновки: до шумозахисту кількість населення в зоні дискомфорту протягом доби найбільше більше 3 500 чоловік спостерігається з 22 до 24 та з 7 до 8 години. Опираючись на отримані дані, щодо величин площ дискомфорту, та кількості населення, що проживає в зонах дискомфорту нами були розраховані коефіцієнти, що характеризують зміну екологічної ефективності кожного шумозахисного екрану різної висоти протягом доби. Виходячи з результатів розрахунку коефіцієнту дискомфорту по населенню протягом доби спостерігається коливання величини даного коефіцієнту.

Далі проведений аналіз отриманих результатів розрахунку величин коефіцієнтів дискомфорту по території та по населенню до та після впровадження кожного з рекомендованих екранів різної висоти для кожного часу доби, а саме проведено дослідження щодо відсотка зниження кожного з коефіцієнтів. За результатами розрахунків побудовані графіки, на яких представлена зміна величини відсотку зниження коефіцієнту дискомфорту по населенню та по території протягом доби після застосування екранів різної висоти. За допомогою отриманих залежностей зміни величини відсотку зниження коефіцієнтів дискомфорту по населенню та по території протягом доби можна у подальшому визначати коефіцієнти дискомфорту після застосування екранів з урахуванням їх висоти та часу доби.

Було поставлено завдання на підставі наведених даних по: рівням шуму протягом доби, коефіцієнтів дискомфорту, річного збитку від шумового забруднення, відсотку зниження величин коефіцієнтів дискомфорту по території і по населенню після застосування екранів різної висоти, побудувати тренди і проаналізувати, як описують процес динаміки зміни протягом доби лінійна, логарифмічна, поліноміальна, степенева і експоненціальна залежності. З урахуванням характеристики видів апроксимації нами були проаналізовано можливість застосування кожної для обраних показників.

В результаті було визначено, що найбільш якісно отримані дані по показникам, що змінюються протягом доби в залежності від часу можна описати з достатньо високою мірою

достовірності за допомогою поліноміальної апроксимації, яка використовується для опису величин, що поперемінно зростають і убувають.

Результати дослідження. Здійснено на підґрунті системного підходу спробу комплексного вирішення питань забезпечення якості довкілля в умовах реконструкції міських територій. Проведено дослідження щодо зміни рівня шумового забруднення з урахуванням екологічної ефективності шумозахисних заходів, в залежності від часу доби та містобудівної ситуації. Проведено якісну оцінку шумового забруднення від автотранспорту житлового району міста Дніпро протягом доби до та після застосування шумозахисних екранів різної висоти. Проведена економічна оцінка зміни протягом доби річного збитку та річного економічного результату цільових протишумових заходів.

Перелік використаних джерел

1. Абракітов В. Е. Пропозиції до конструювання засобів боротьби з шумом : монографія.; Харків : Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2014. 205 с.

2. ДБН В.1.1–31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. [Чинний від 2013-12-27]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 4 с. (Державні будівельні норми)

3. Біліченко В. ., Гречанюк М. С. До питання шумового навантаження на місто, що створюється автомобільним транспортом. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті.* № 1 (5). 2016. С. 20–27.

4. Бевз О. В., Магопец С. О. Оцінка дії автотранспортних потоків на акустичне середовище міської території (на прикладі міста Кіровограда). *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.* Вип. 26. 2013. С. 15–20.

5. Зеленько Ю. В., Недужа Л. О. Прогнозування та моделювання шумового навантаження. Сучасні підходи до створення шумових карт залізниць. Локомотив-інформ. *Університети ефективності*. № 9−10, вересень-жовтень. Залізничне видавництво «Рухомий склад», 2015. С. 12−16.

6. Абракітов В. Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова : монографія. Харків : Харк. нац. акад. міськ. госп-ва, 2010. 266 с.

7. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. Київ : Мінрегіон України, 2013. 52 с. (Національний стандарт України).

8. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій. [Чинний від 2018-09-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 185 с. (Державні будівельні норми України).

УДК 624.131.383

РЕЗЕРВИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО ОБТИСНЕННИХ ОСНОВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Трегуб О. В., к. т. н., доц., **Кірічек Ю. О.,** д. т. н., проф., **Коник В. С.,** здобув.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектур»

Постановка проблеми. Вимогою сучасного геотехнічного проектування є пошук ресурсозберігаючих рішень для раціонального використання резервів несучої здатності основ при збільшенні навантажень на фундаменти будівель і споруд. Це обумовлює необхідність пошуку нових технічних рішень, удосконалення методів розрахунку і проектування. Одним із шляхів вирішення зазначеного завдання є застосування в практиці проектування нелінійних моделей з урахуванням зміцнення ґрунту на основі натурних даних та визначення характеру залежностей між напруженнями і деформаціями випробуваннями [1; 2].

Мета досліджень − оцінка можливості збільшення навантажень на фундаменти мілкого закладання з урахуванням резервів несучої здатності основ при попередньому обтисненні та нелінійності їх деформування.

Основні результати досліджень.

При поступовому прикладені навантажень на фундамент, напруження в основі розподіляються зрушуючи частки ґрунту. До досягнення напруженнями структурної міцності ґрунту деформації його мають пружний характер. При перевищенні цієї межі ґрунт поступово ущільнюється, а деформації вже не відновлюються. У цьому діапазоні навантажень відбувається зміна структури ґрунту – вона ущільнюючись зміцнюється. Поступове зростання навантаження призводе до поперечних здвигів, розвитку пластичних деформацій, розущільнення ґрунту. Для забезпечення необхідного зміцнення ґрунту при попередньому навантаженні основ необхідно знати межу між фазами ущільнення та здвигів у ґрунті. Згідно досліджень М.О. Цитовича [3] межа між першою та другою фазами деформацій ґрунту відповідає досягненню максимального модуля деформації у штампових випробуваннях.

Створення умов для ущільнення та зміцнення ґрунтів в основі будівлі (споруди) – є процес попереднього обтиснення навантаженням, ефект від якого може бути довготривалим або тимчасовим, який доцільно використовувати при реконструкції або новому будівництві у наступних випадках.

При реконструкції виникає необхідність у збільшенні навантажень на фундаменти будівель. За результатами обстеженнями основ та фундаментів, випробуваннями ґрунтів визначається фактична несуча здатність основи та її резерв від довготривалого навантаження будівлею, оцінюється можливість збільшення навантажень на фундаменти будівлі. Аналіз дослідних даних вказує на зміцнення ґрунту та зростання резерву несучої здатності основ за рахунок ущільнення ґрунту при довготривалому навантаженні. Після стабілізації осідань зміни стану ґрунту можуть бути викликані процесами техногенного характеру. Визначення емпіричних залежностей між напруженнями на ґрунт і механічними характеристиками дозволяють прогнозувати зміни несучої здатності.

Допустимий тиск на основу слід розраховувати використовуючи обґрунтовані критерії надійності, приймаючи до уваги величини деформацій будівлі і технічний стан конструкцій. Для ресурсозберігаючого проектування фундаментів та підвищення точності розрахунку осідань необхідно застосовувати нелінійні моделі деформування ґрунтів. Параметри нелінійних моделей слід визначати за графіками осідання дослідних штампів на всіх стадіях деформування ґрунту та визначати емпіричні рівняння. При цьому допустимі навантаження на фундаменти слід перевіряти з урахуванням заданого рівня надійності, неоднорідності ґрунту детермінованим методом з використанням набору розроблених коефіцієнтів надійності або імовірнісними методами [4].

Досліджено спосіб підвищення несучої здатності основи, який передбачає інженерну підготовку території до початку будівництва споруди та тимчасове обтиснення слабких ґрунтів [2]. Це вимагає розробки технології робіт та методики науково-технічного супроводу, моніторингу за осіданнями основи та змінами напружено-деформованого стану ґрунту і поліпшення його механічних властивостей.

Розглянуто принципово відмінний спосіб попереднього обтиснення ґрунту та створення додаткових резервів несучої здатності основи при новому будівництві. При зведені будівлі можливе поступове навантаження ділянок плитної частини стрічкового фундаменту із збірних плит-подушок системою домкратів, а потім розвантаження до розрахункових тисків. Передбачається необхідне зміцнення ґрунтів ущільненням при поетапному перерозподілі навантажень від власної ваги будівлі, формуючи жорсткість основи у відповідності до осідань, що спостерігаються. Розрахунки фундаментів та конструкцій при урахуванні поступового завантаження, що супроводжуються нерівномірними осіданнями, можливо виконувати за моделлю змінних коефіцієнтів жорсткості основи [5]. Нерівномірність деформування може бути урахована завданням відповідних розрахункових схем. Передбачається, що такий підхід дозволить раціонально використати сумісну роботу основи з наземними конструкціями при пристосуванні їх до деформацій.

Висновки

Визначенні при обстежені резерви несучої здатності довготривало обтисненних основ дозволяють підвищувати навантаження на основи будівель при реконструкції з урахуванням нелінійності деформування ґрунтів.

Досліджена можливість будівництва з урахуванням попереднього обтиснення основ, що може бути реалізовано як створенням тимчасового навантаження так і активним навантаженням вагою від будівлі. Вимогою є забезпечення допустимих розмірів пластичних деформацій, прогнозування змін напружено-деформованого стану ґрунту.

Список використаних джерел

1. Трегуб А. В., Киричек Ю. А. О возможности увеличения несущей способности фундаментов мелкого заложения за счет работы основания в нелинейной фазе деформаций. *Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения.* 2009. Вып. 50. С. 585–592.

2. Braja M. Das, Khaled Sobhan. Principles of Geotechnical Engineering. Eighth Edition, SI – Cengage Learning, 2014. 770 p.

3. Цитович Н. А. Механика грунтов. Москва : Стройиздат, 1963. 636 с.

4. Киричек Ю. А., Трегуб А. В. Рациональное использование несущей способности оснований фундаментов мелкого заложения. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*. Warsaw : WUT, 2013. Vol. 21. Pp. 365–370.

5. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. Киев : НИИСК, 1996. 202 с.

УДК 624.97.014.2-472.2/012.45

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТА ПІДСИЛЕННЯ СПОРУД КАРКАСНОГО ТИПУ

Вячеслав Чабан, к. т. н., доц., **Ігор Давидов**, к. т. н., доц.,
Тетяна Ковтун-Горбачова, к. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка задачі. На сьогоднішній день як у нашій країні, так і за кордоном відбувається значна кількість аварій та руйнувань будівель і споруд різноманітного призначення (від регулярного руйнування конструкцій балконів в будівлях старовинної забудови до руйнування значних та широко знаних споруд – таких, як міст Моранді в м. Генуя, радіотелескоп «Аресібо» і т. п.). Дослідження аварійних ситуацій в різні періоди показує, що процент аварій, що сталися з причини порушення правил експлуатації невпинно зростає за останні 60 років − із 15...20 % [1] до 50...60 % [2]. Одним із засобів запобігання створення аварійних ситуацій житлових, громадських та промислових будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, є проведення діагностики технічного стану, а також своєчасного виконання робіт із ремонту, відновлення чи підсилення конструкцій (в залежності від результатів діагностики).

При проведенні діагностики одним із важливих питань є проведення перевірних розрахунків конструкцій споруд із врахуванням наявних навантажень та впливів, умов роботи конструкцій та наявності дефектів і пошкоджень (у відповідності до вимог національних стандартів [3; 4]). Тому при проведенні перевірних розрахунків споруд каркасного типу рекомендується використовувати розгалужені просторові моделі, що враховують реальні умови роботи окремих конструкцій та споруди в цілому [5]. Проведення розрахунків по такій методиці дозволяє виконувати аналіз напружено-деформованого стану (а також виконувати аналіз наявності дефектів і пошкоджень за методиками [6−8]) – за рахунок вивчення спектру власних частот та форм коливань.

Крім того, при проведенні розрахунків конструкцій підсилення (наприклад – методом збільшення перерізу чи методом зміни схеми роботи конструкції – [5]) необхідно враховувати можливий перерозподіл зусиль в елементах конструкцій споруди – як для статично-невизначеної схеми.

Мета дослідження. Основна ідея роботи полягає у визначенні впливу врахування підсилення конструкцій на розподіл внутрішніх зусиль (згинальних моментів M, зрізаючих сил Q та повздовжніх сил N) та напружень між елементами конструкцій (що входять до складу будівель каркасного типу) – при завантаженні різними видами впливів (в тому числі – динамічними). Це дозволяє оцінювати ефективність використання методів підсилення та більш ефективно використовувати та перерозподіляти між конструктивними елементами каркасу резерви несучої здатності.

Основні результати. В роботі наведені дослідження напружено-деформованого стану каркасних будівель різних типів: сталевої багатоповерхової етажерки, що працює за рамно-зв’язковою схемою (рис. *а*); одноповерхової будівлі, що працює за рамною схемою (рис. *б*); одноповерхової будівлі із неповним змішаним каркасом – із 2-ма повздовжніми цегляними стінами з пілястрами та середнім рядом залізобетонних колон (рис. *в*).

Під час виконання досліджень для кожної споруди були проведені: аналіз розподілу між конструктивними елементами внутрішніх зусиль – під час завантаження статичними та динамічними навантаженнями. Крім того, аналізувались власні частоти і форми.

а

б

в

Рис. Каркасні споруди, в яких досліджувались спектри власних частот і форм, а також розподілення внутрішніх зусиль та напружень

Аналіз спектрів власних частот і форм трьох споруд показав, що в споруді на рисунку *б* присутня недостатня жорсткість, що характеризується низькою власною частотою (величина власної частоти форми поступових коливань в напряму повздовжніх рам складає лише f = 0.62 Гц). Крім того, ця форма коливань розташована на першому місці в спектрі власних коливань – що є нетиповим для споруд подібної схеми роботи. Такий діагностичний експрес-аналіз свідчить про можливу недостатню несучу здатність колон – що і було підтверджено повним комплексом розрахунків.

В якості підсилення був використаний метод зміни схеми роботи споруди в цілому – в даному випадку по колонах в напряму повздовжніх рам були встановлені вертикальні зв'язки (тобто схема роботи каркасу стала рамно-зв'язковою). Це дозволило значно підвищити жорсткість будівлі (величина власної частоти форми поступових коливань в напряму повздовжніх рам після підсилення склала f = 1.06 Гц), і відповідно, значно розвантажити колони каркасу.

Аналіз напружено-деформованого стану споруд на рисунку *а* та *в* показав, що несуча здатність стійок та колон цих споруд недостатня. В якості підсилення був використаний

метод нарощування перерізів. За результатами досліджень показано, що підсилення методом нарощування перерізів призвело до перерозподілу внутрішніх зусиль в конструкціях (за рахунок статичної невизначеності розрахункової схеми) і збільшення зусиль в підсилених конструкціях (на 20...30 % – для стійок етажерки на рисунку *а*; на 80...110 % – для колон та пілястрів стін споруди на рисунку *в*), що, в свою чергу призвело до необхідності коректування перерізів елементів підсилення.

Також для розглянутих споруд було проаналізовано підвищення несучої здатності конструкцій за рахунок їх часткового розвантаження (наприклад, за рахунок зменшення ваги покриття та покрівлі, зменшення ваги технологічного обладнання). При наявності динамічних навантажень ця методика призводить не тільки до зменшення повздовжніх зусиль в колонах та стійках, а і до зменшення згинальних моментів та поперечних зусиль – за рахунок підвищення власних частот коливань будівлі, і, відповідно, до зменшення динамічної складової навантажень. Наприклад, для будівлі рисунку *в* зменшення власної ваги покриття та покрівлі на 20...25 % призводить до зменшення згинальних моментів M та поперечних зусиль Q на 40...50 %.

Висновки. В роботі на прикладах розрахунків реальних споруд (різних типів) показана необхідність врахування перерозподілу внутрішніх зусиль в елементах конструкцій каркасів – при виконанні підсилення окремих конструкцій. Також показано, що при наявності динамічних навантажень підвищення несучої здатності конструкцій може виконуватись шляхом коректування значень власних частот (що призводить до зниження внутрішніх зусиль в елементах конструкцій).

Список використаних джерел

1. Лащенко М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. Ленинград : Стройиздат, 1969. 184 с.

2. Пічугін С. Ф., Дмитренко С. А. Аналіз аварій у будівництві. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. Вип. 61. С. 331−338.

3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.

4. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : Мінрегіон України, 2017. 80 с.

5. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 67 с.

6. Kulyabko V., Macarow A., Nechitailo O., Yaroshenko D. Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping. *Harvard Journal of Fundamental and Applied Studie*s. Harvard University Press, 2015. №1 (7). Pp. 520−530.

7. Kulyabko V., Chaban V., Makarov A., Yaroshenko D. Taking account of nonlinear properties of subsystems in problems of dynamic interaction of structures with loads, bases and flows. *Nonlinear Dynamics – 2016: Proceedings of the 5th International Conference*. National Technical University “ Kharkov Polytechic Institute” at al. Kharkov, 2016. Pp.125−132.

8. Давыдов И. И., Ковтун-Горбачева Т. А., Чабан В. П. Применение инновационных методов динамической диагностики к анализу нагруженности вытяжной башни санитарной трубы. *Стрительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 56. 2010. С. 138−142.

УДК 69.002.5

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГРУНТІВ

Шатов С. В., д. т. н., доц.**, Лисиця В. В.,** аспірант
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

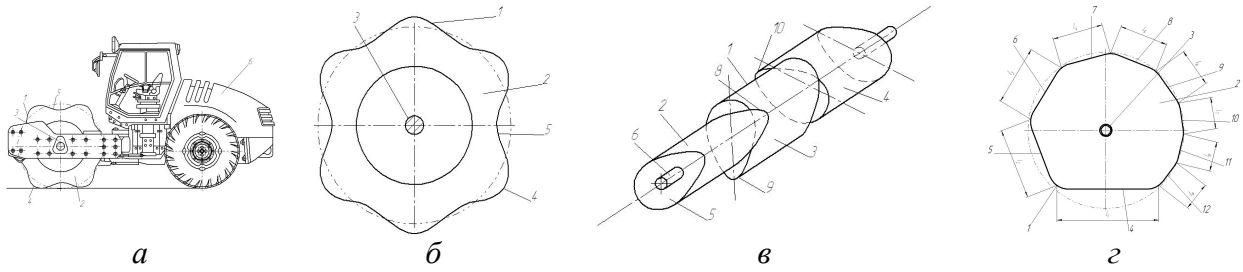
Постановка проблеми. У будівництві здатність ґрунтів, кам'яних матеріалів, асфальтобетону та цементобетону протистояти навантаженням, пов'язана з мірою ущільнення цих матеріалів. Ущільнення − процес збільшення щільності матеріалу шляхом додатка зовнішніх сил, які можуть бути статичними або динамічними [1; 2; 10]. Найбільш поширеними областями є автомобільні дороги, вулиці і магістралі, аеродроми, земляні греблі, насипи залізниць і фундаменти будівель. Інші області застосування включають складські майданчики, стоянки для машин, промислові та житлові площі, будівництво портів, резервуарів і каналів. Вартість ущільнення складає 3...5 % від загальної вартості будівництва, однак значення ущільнення в якості та довговічності закінченого об'єкту значна: якщо воно виконане недостатньо або неправильно, то з'являться пошкодження та руйнування, результатом яких буде висока вартість відновлення об’єктів.

Існуюче обладнання для цих робіт використовують для певних умов, що обумовлює необхідність у різних типах машин для ущільнення конкретних матеріалів та технологічних вимог [8; 9; 11; 12]. Тому створення універсальних машин і обладнання для ефективного ущільнення матеріалів є актуальною науково - технічною проблемою.

Мета дослідження. Розробка пропозицій з удосконалення котків для підвищення ефективності процесу ущільнення різних видів матеріалів.

Виклад основного матеріалу. При ущільненні однократне навантаження та розвантаження ґрунту викликає як залишкові, так і пружні деформації, причому залишкові деформації суттєво переважають пружні. При багатократному навантаженні та розвантаженні співвідношення пружної і залишкової деформації поступово змінюється і ґрунт набуває стабільного стану, який характеризується деякими постійними пружними властивостями.

На підставі аналізу теоретичних положень процесу ущільнення запропоновано виконувати форму вальця у вигляді виступів та заглиблень (рис. 1 *а, б*). Заглиблення забезпечують наявність на робочій поверхні вальця виступів [3]. При цьому наявність виступів забезпечує передавання навантаження на визначену площину поверхні ґрунту. Це дозволяє збільшити питомий тиск на поверхню матеріалів та підвищити продуктивність процесу ущільнення.



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Виконання робочого вальця котків: а, б – з виступами та заглибленнями; в – полігональний з кулачками: г – із змінною довжиною робочих ділянок

Подібну дію виконує коток з вальцем, робоча поверхня якого виконана у вигляді кулачків [7], зміщених один відносно іншого полігонально (рис. 1 *в*). Послідовно збільшує питомий тиск на матеріал валець [4] із змінною довжиною робочих ділянок (рис. 1 *г*).

Поступово збільшити питомий тиск на поверхню матеріалів дозволяє конструкція котка з декількома робочими вальцями з різним нахилом пневматичних шин на кожній вісі (рис. 2). Це змінює площину контактної поверхні шин [5].

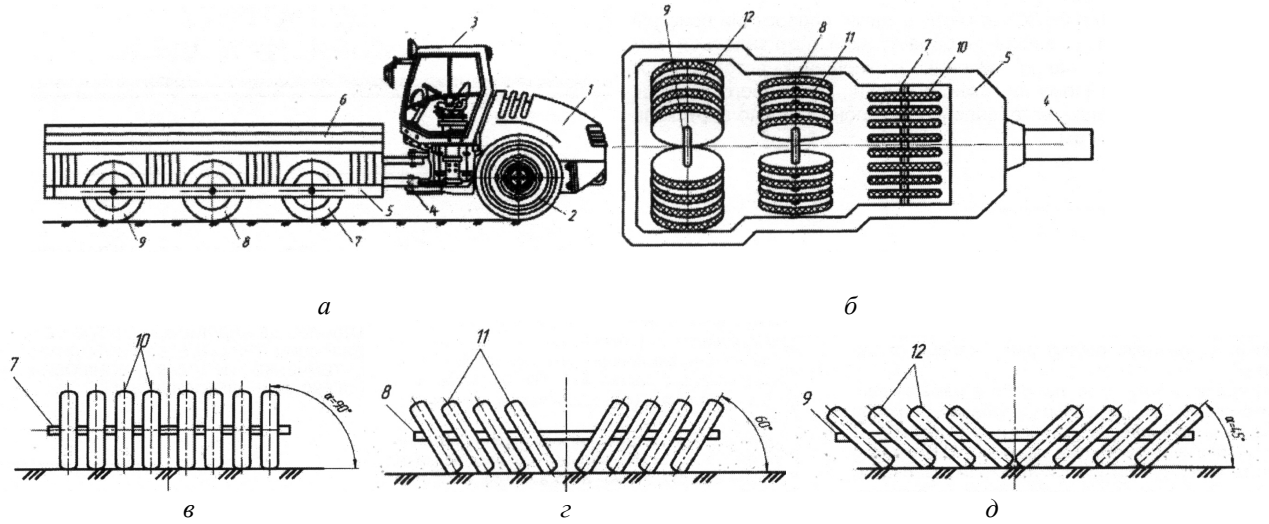


Рис. 2. Коток з різним нахилом пневматичних шин:
а – загальний вигляд; б – вигляд зверху; в – вертикальні шини; г, д – шини з нахилом.
1 − тягач; 2 – ходова частина; 3 − кабіна; 4 – дишло; 5 − рама; 6 − баласт;
7, 8, 9 – робочі вальці; 10, 11, 12 – шини

Пристосуватися до різних видів ґрунтів, які потрібно ущільнювати, дозволяють котки із змінними вальцями (рис. 3 *а, б*) та з керованими кулачками, які у випадку необхідності виходять із порожнин гладенького вальця (рис. 3 *в, г, д*). Підйомом рами причіпного котка виконується заміна одного типу вальця на інший [6]. Ці котки встановлюють необхідний тип вальця для конкретного виду ґрунту та в залежності від його фізико-механічних показників.

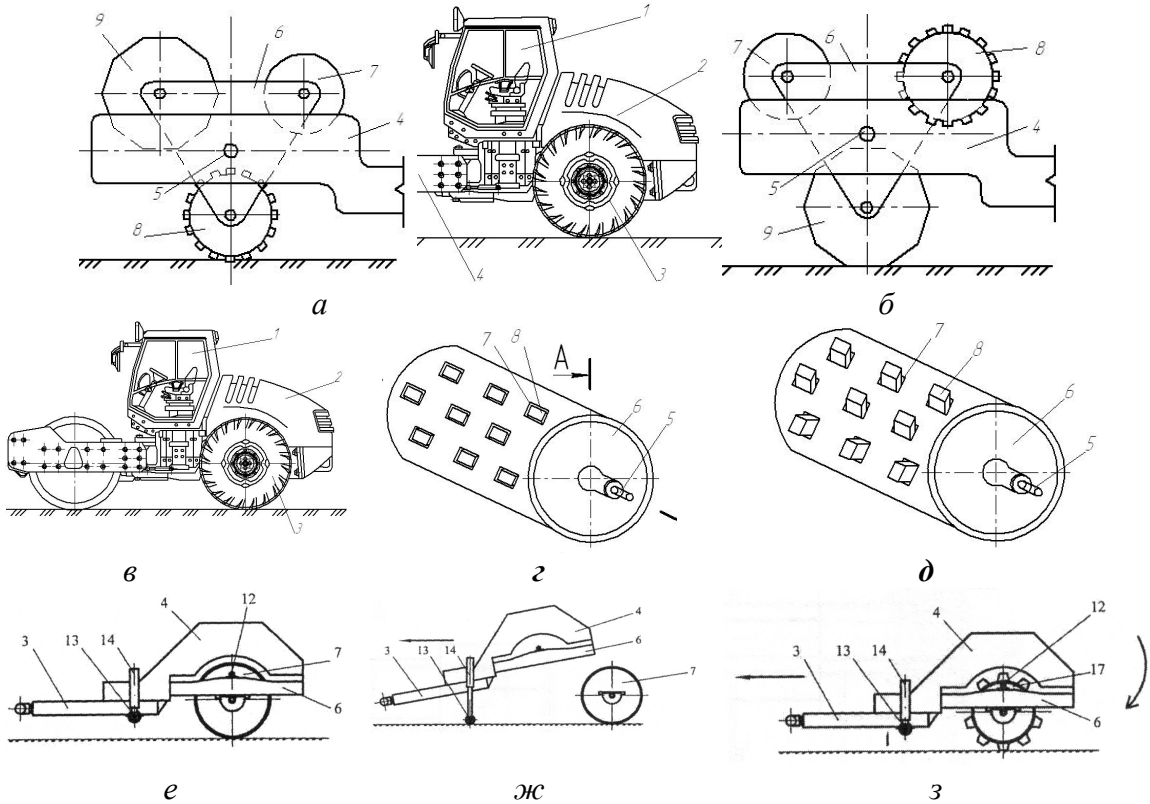
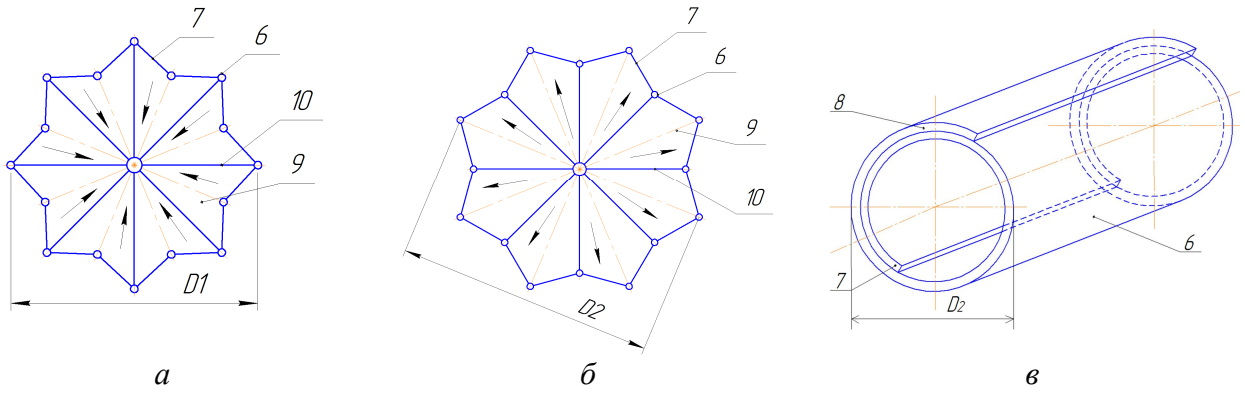


Рис. 3. Котки, які адаптуються до зміну виду ґрунту:
а, б – із змінними вальцями: 1 − кабіна; 2 − двигун; 3 – тягові колеса; 4 – рама; 5 – вісь;
6 − кронштейн; 7, 8, 9 − вальці;в, г, д – з керованими кулачками: 1 − кабіна; 2 − двигун;
3 – тягові колеса; 4 – рама; 5 – вісь; 6 – бокова поверхня; 7 − порожнини; 8 – кулачки;
е, ж, з − із змінними вальцями причіпного котка: 3 – дишло; 4, 6 – рама; 7, 17 – валець;
12 – кріплення вальця; 13 – опора; 14 – гідроциліндр підйому рами

Ряд котків, розроблених в результаті дослідження, мають вальці, які можуть змінювати форму (рис. 4 *а, б*) зовнішньої поверхні та розміри – діаметр вальця (рис. 4 *в*).



а *б* *в*

Рис. 4. Виконання робочого вальця котків:
а, б – з виступами та заглибленнями; в – полігональний з кулачками;
г – із змінною довжиною робочих ділянок

Це дозволяє використовувати їх для ущільнення ґрунтів з різними властивостями та характеристиками.

Висновки.

1. Ущільнення матеріалів забезпечує будівельним об’єктам здатність витримувати навантаження від власної ваги об’єктів та дії зовнішніх факторів.
2. Найбільш поширеним обладнанням для ущільнення матеріалів є котки статичної та вібраційної дії. Основним недоліком такого обладнання є неможливість адаптування котків до різних типів ґрунтів.
3. Розроблені технічні пропозиції котків з різними формами вальців та обладнання із змінними вальцями для ущільнення матеріалів.

Список використаних джерел

1. Хмара Л. А., Кравець С. В., Скоблюк М. П. та ін. Машини для земляних робіт : підруч.; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. Харків : ХНАДУ, 2014. 548 с.
2. Неклюдов М. К. Методы и средства механизации уплотнения грунтов. Москва : Транспорт, 1987. 188 с.
3. Патент 68818 України, опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7. – 4 с.
4. Патент 72252 України, опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15. – 3 с.
5. Патент 72652 України, опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16. – 6 с.
6. Патент 74586 України, опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21. – 3 с.
7. Патент 74588 України, опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21. – 4 с.
8. Глазков А. А., Манаков Н. А., Панкратов А. В. Строительная, дорожная и специальная техника отечественного производства : краткий справочник. Москва : ЗАО «Бизнес-Арсенал», 2000. 816 с.
9. Технико-эксплуатационная характеристика машин фирмы «Caterpillar»: справ. Иллинойс, США: Caterpillar Inc., 1999. 724 с.
10. Лівінський О. М., Дорофєєв В. С., Ушацький С. А. та ін. Технологія будівельного виробництва (Кн. 1: загальні відомості про будівництво, роботи підготовчого періоду, земляні роботи та ін.) : навч. посіб. Київ : УАН, “МП Леся“, 2012. 416 с.
11. Форссблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. Москва : Транспорт, 1987. 188 с.
12. Терновий В. І., Уманець І. М., Саушева Л. С., Молодід О. С. Ущільнення грунтів у будівництві. Київ : «ЦК КОМПРИНТ», 2015. 136 с.

УДК 504.06

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ СТАНДАРТІВ «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА ЯК ІНСТРУМЕНТУ ДОСЯГНЕННЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Яковишина Т. Ф., д. т. н., доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Стандарти «зеленого» будівництва, спрямовані на регулювання народногосподарської діяльності в межах техногенно навантажених урбоекосистем згідно концепції сталого розвитку, закладають основи створення гармонійного, екологічно безпечного, комфортного та атрактивного середовища для життєдіяльності населення будь-якої країни. Крім того, ефективним способом досягнення стійкого розвитку урбанізованих територій є реалізація концепції «зеленого» будівництва, адже в межах міста за умов стаціально-деструктивного, інгредієнтного та параметричного забруднення внаслідок інтенсивного антропогенного впливу «зелені» будівлі спрямовані на підтримку гомеостазу урбоекосистем, отже мають екологічні та соціальні переваги при їх використанні зараз і гарантують економічні преференції в майбутньому.

Мета дослідження полягала у вивченні особливостей імплементації стандартів «зеленого» будівництва (BREEAM – Великобританія, LEED – США, DGNB – Німеччина, HQE – Франція, Green Star – Австралія, Green Mark – Сінгапур) як інструменту досягнення стійкого розвитку техногенно навантажених урбоекосистем в Україні.

Результати дослідження. Основним завданням «зеленого» будівництва є, по-перше, зниження рівня споживання ресурсів, передусім енергетичних та матеріальних, протягом усього життєвого циклу будівлі, а саме, від вибору ділянки з проектування, проведення будівельних робіт, експлуатації, ремонту, зносу, а, по-друге, – підвищення якості будівництва, комфорту і безпеки внутрішнього середовища, що можливо досягти як високотехнологічними рішеннями, приміром впровадження «зелених» технологій, так і рішеннями, що знаходяться в площині пасивної архітектури.

Для оцінки ефективності заходів щодо зниження негативного впливу будівель на навколишнє середовище та підвищення якості життєдіяльності населення в техногенно навантажених урбоекоситемах існує досить багато «зелених» стандартів широко апробованих в різних країнах, найбільш успішні з яких – Leadership in Energy and Environment Design (LEED) (США), Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) (Великобританія), DGNB (Німеччина), Haute Qualité Environnementale (HQE) (Франція), Green Star (Австралія), Green Mark (Сінгапур). Крім того переваги стандарту BREEAM підтверджуються адаптацією в таких країнах, як Канада, Гонконг і Нова Зеландія.

Загальними аспектами для наведених «зелених» стандартів, як провідних правил ведення будівництва, є:

1. вдосконалення процесів проектування, будівництва та експлуатації;
2. впровадження найкращих природоохоронних і енергоефективних технологій, обладнання та матеріалів;
3. продовження терміну служби будівлі;
4. поліпшення системи управління експлуатації будівлі та економія експлуатаційних витрат;
5. зниження періодичності поточних ремонтів;
6. збільшення вартості, орендної ставки об’єкту, створення позитивного іміджу забудовника;

7. створення більш комфортних умов роботи, проживання, дозвілля, і як наслідок – зростання продуктивності праці, збереження здоров'я населення, збільшення тривалості життя;

8. створення екологічно безпечної будівельної продукції, нових робочих місць у виробничому та експлуатаційному секторах [1].

Проте зазначені стандарти також мають і ряд відмінностей, більшість яких стосується врахування саме екологічних критеріїв, які в значній мірі змінюються в різних стандартах, приміром найбільш важливими характеристиками для Великобританії є енергоефективність та здоров'я мешканців, в той час як для країн Перської затоки на перше місце виходить водоспоживання та якість води. Порівняльний аналіз ефективності використання того чи іншого «зеленого» стандарту утруднюється не тільки внаслідок високого ступеня мінливості критеріїв, що враховуються, а також зумовлений різними підходами до їх якісної і кількісної оцінки. Відмінності в системах оцінювання екологічності будівель полягають в кількості і формулюваннях застосовуваних критеріїв, відповідних їм кількості балів, а також прийнятої системи градації сертифікатів відповідності об'єктів вимогам «зелених» стандартів [2].

Адаптація міжнародних стандартів до національних умов можлива за умов використання наступних моделей. По-перше, у родині стандартів BREEAM існує стандарт BREEAM International, який розроблений саме для застосування на міжнародному рівні, адже він передбачає залучення місцевих стандартів і правил будівництва. По-друге, перспективним також вважається створення національного стандарту на основі BREEAM, що було здійснено в ряді країн Євросоюзу – Данія, Голландія, Іспанія та в країнах Перської затоки (BREEAM Gulf). З метою забезпечення міжнародного визнання будівельних об'єктів, що сертифікуються згідно створених національних стандартів, 90 % основних критеріїв адаптуються під національні норми і правила, а решта 10 % – має бути повністю змінена з метою увібрати в себе місцеві особливості будівництва та існуючі екологічні проблеми. Втретє, особливості екологічної ситуації в межах країни, можуть бути враховані через введення вагових коефіцієнтів за екологічними критеріями, що є найбільш доцільним для умов України з високим рівнем техногенного навантаження на довкілля.

Стосовно системи LEED, то її адаптація до національних особливостей можлива за умов сумісної роботи з Американською радою по «зеленому» будівництву, або через сертифікацію проектів за американською версією LEED, проте у останньому випадку регіональні бали при проведенні оцінювання буде втрачено.

Висновки. Підсумовуючи вище зазначене слід відмітити, що на підставі аналізу особливостей імплементації стандартів «зеленого» будівництва для досягнення стійкого розвитку техногенно навантажених урбоекосистем в Україні найбільш доцільним буде адаптація BREEAM International з урахуванням національних стандартів будівництва.

Список використаних джерел

1. Шеина С. Г., Миненко Е. Н. Зеленое строительство как основа устойчивого развития городских территорий. *Градорегулирование и управление ЖКК*. 2015. № 2. С. 55−60.

2. Кошкина С. Ю., Корчагина О. А., Воронкова Е. С. «Зеленое» строительство как главный фактор повышения качества окружающей среды и здоровья человека. *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. 2013. №3 (47). С. 150−158.

Тези XVIII міжнародної науково-практичної конференції
«Інноваційні технології у будівництві,
цивільній інженерії та архітектурі»
(м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.)

Збірник тез українською та англійською мовами.

За зміст і достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей відповідають автори.

Відповідальний за випуск: радник ректора з редакційно-видавничої роботи, к. т. н., доц. каф. екології та охорони навколишнього середовища ДВНЗ ПДАБА ***Олена Тимошенко***

ISBN 978-966-323-212-6
УДК 330.341.1:[69+72](06)
І-66

Тези XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі» (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.) / упорядники : Микола Савицький, Владислав Данішевський, Олена Коваль, Євген Юрченко, – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2020. – 123 с.

Для вчених, будівельників, проектувальників, докторантів, аспірантів, магістрів, а також для широкого кола читачів.

Художній редактор Сергій Пономарьов

Технічний редактор Олена Тимошенко

Комп’ютерна верстка Олена Тимошенко