

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.314-328

УДК 539.3

к.т.н., доцент **Кошевий О.П.**,

koshevyi.op@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7796-0443

к.т.н. **Лазарева М.В.**,

lazareva.mv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7573-1268,

**Янсонс М.О.**,

iansons.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6174-0403,

**Чубарев А.Г.**,

chubarev\_ah@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6620-639X,

**Марчук О.С.**,

marchuk.os@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2497-1405

**Смоленський А.О.**,

smolensky.artur@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5464-5064

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ СТАНУ ПОШКОДЖЕНОГО ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ**

*Приведено основні ідеї та можливості створення комплексної просторової чисельної моделі, дослідження та аналізу напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості пошкодженого дев'ятиповерхового будинку за допомогою власного програмного забезпечення, з використанням модифікованого методу прямих, та розрахункового програмного комплексу LIRA від дії комплексного навантаження на основі результатів інженерного обстеження експериментальними методами. Створена комплексна модель споруди на основі BIM технологій використовується для подальшого прийняття оптимальних проектних рішень і значно прискорює проектні роботи. Результати чисельного дослідження комплексної просторової моделі та висновків про міцнісні характеристики конструкцій та будівлі в цілому значно розширюють можливості в прийнятті проектних рішень та створенні перспективних розробок на їх основі.*

*Ключові слова:* комплексні чисельні просторові моделі; комп'ютерне моделювання; BIM технології; модифікований метод прямих; напружено-деформований стан; міцність; жорсткість; зруйновані та пошкоджені споруди; концепція підсилення конструкцій; інженерне обстеження експериментальними методами; оптимальний варіант проекту.

В результаті збройної агресії РФ на території України були зруйновані та пошкоджені значна кількість будівель і споруд. Для відновлення та реконструкції пошкоджених будівель виникає необхідність створення комплексної методики дослідження напружено-деформованого стану, міцності та стійкості конструкцій, що враховує світовий і вітчизняний досвід проектування та відновлення конструкцій, з використанням сучасних розрахункових чисельних методів та ВІМ технологій, яка спрямована на вирішення важливої соціально-економічної та наукової проблеми, і є актуальною проблемою прикладної механіки. Розробка проектів сучасних будівель та споруд потребує використання не стандартних підходів в проектуванні, що використовують новітні методи на основі ВІМ технологій [7], та сучасних розрахункових програмних комплексів для чисельного моделювання стану споруди, створення просторових моделей будівель, для забезпечення оптимальної матеріалоемності, із збереженням або відновленням несучої здатності конструкцій. Для створення просторової моделі необхідно використовувати сучасні методи обстеження стану об'єкту, досвід проектування та відновлення конструкцій з використанням сучасних ВІМ технологій та розрахункових чисельних методів [5,6]. Результати досліджень дають змогу визначити стан руйнувань та пошкоджень конструкцій будівлі, оцінити можливості подальшого відновлення та експлуатації, дослідити міцність і жорсткість та стійкість споруди на основі створення комплексної просторової чисельної моделі, створити проект подальшого відновлення і реконструкції будівлі [1,2,3].

В статті розглядається чисельне моделювання будівлі виробничої бази зі складськими та офісними приміщеннями у с. Чайки, вул. В. Чайки, 16, Бучанського району Київської обл., Україна рис. 1. Для визначення фактичного стану будівлі після пожежі та температурних впливів було проведено її технічне обстеження результати якого представлені в звіті [14]. Обстеження було проведено інструментальними методами для оцінки технічного стану будівельних конструкцій споруди, визначення пошкоджень та дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність будівлі, її залишковий ресурс. Створена комплексна просторова чисельна модель будівлі, з використанням ВІМ технологій, для аналізу стану конструкцій та будівлі в цілому, визначення напружено-деформованого стану всіх елементів споруди, з використанням сучасних розрахункових комплексів, та розробки проекту реконструкції з рекомендаціями щодо усунення виявлених недоліків та можливості подальшої безпечної експлуатації рис. 2 [4,5,6].



Рис. 1 Загальний вигляд пошкодженої офісної будівлі виробничої бази.

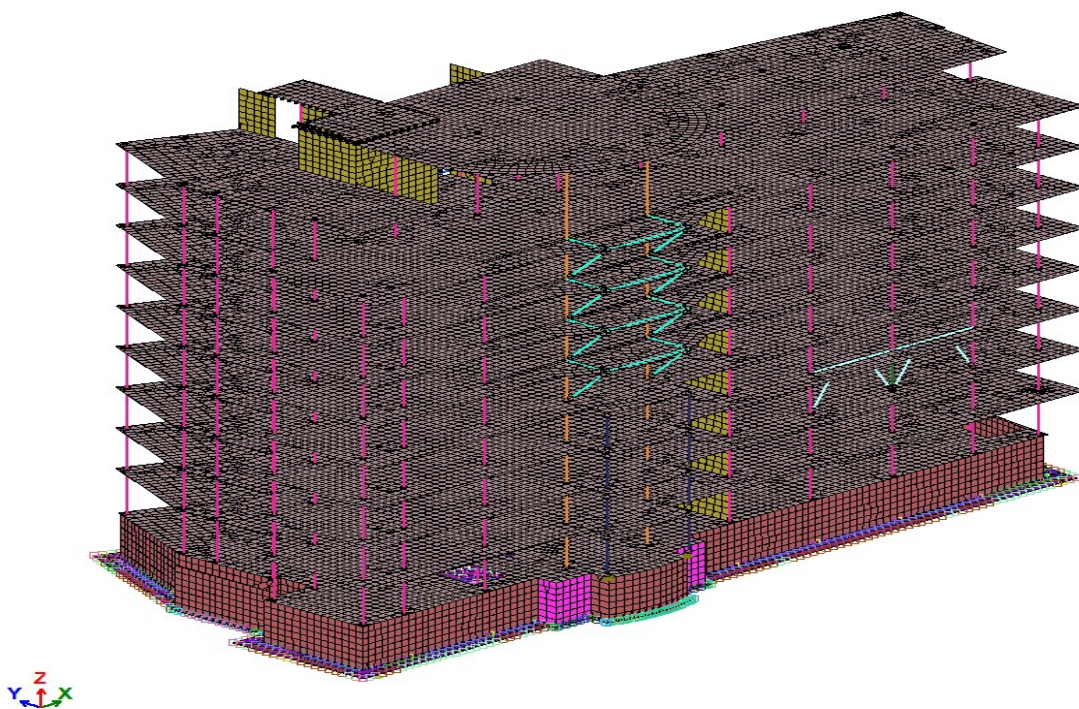


Рис. 2. Чисельна модель пошкодженої офісної будівлі виробничої бази.

Чисельна модель пошкодженої офісної будівлі виробничої бази сформована в середовищі AvtoCAD [7] і в подальшому була експортована для розрахунків НДС та стійкості елементів конструкцій на комплексні та температурні навантаження модифікованим методом прямих у власний програмний комплекс [8,9], результати роботи якого, в подальшому, використовувались в програмному комплексі LIRA для моделювання методом



скінчених елементів напружено-деформованого стану та стійкості офісної будівлі в цілому, від всіх видів навантаження [5,6,13]. Конструктивна схема будівлі – повний залізобетонний каркас – залізобетонні монолітні плити перекриття та покриття опираються на залізобетонні монолітні колони та стіни сходових клітин. Фундаменти пальові. Палі залізобетонні бурін'єкційні. Технічний стан фундаментів оцінювався опосередковано. Вертикальні несучі елементи:– залізобетонні монолітні колони перерізом 400 x 400 мм та залізобетонні монолітні стіни сходових клітин. Конструкції перекриття – залізобетонні монолітні плити товщиною 200 мм. Конструкції покриття – залізобетонні монолітні плити товщиною 200 мм. Забезпечення просторової жорсткості – залізобетонні монолітні стіни сходових клітин та залізобетонні монолітні ребра жорсткості товщиною 200 мм між колонами [13,14].

На першому етапі чисельного моделювання на розрахункову модель були прикладені всі навантаження на момент вибухів в середині та поряд зі спорудою, від пожежі та температурних впливів на конструктивні елементи, а також зовнішні навантаження на споруду, що були враховані при її проектуванні [4,11]. На рис. 3,а представлені результати розрахунку згинальних моментів  $M_y$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 3,б – результати розрахунку поздовжніх сил  $N$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 3,в – ізополя переміщень  $U_z$  по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом), що найбільше постраждали від вибухів та температурних впливів. На другому етапі чисельного моделювання в розрахункову модель були внесені всі зруйновані та пошкоджені елементи в конструкції будівлі та проведений розрахунок напружено-деформованого стану від комплексного навантаження, яке діє на споруду, та дана оцінка міцності та стійкості конструктивних елементів та споруди в цілому. На рис. 4,а представлені результати розрахунку згинальних моментів  $M_y$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 4,б – результати розрахунку поздовжніх сил  $N$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 4,в – ізополя переміщень  $U_z$  по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом). В розрахунковій моделі відсутні зруйновані конструкції та змінені розрахункові параметри деяких конструкцій, що найбільше постраждали від вибухів та температурних впливів [4,11,13].

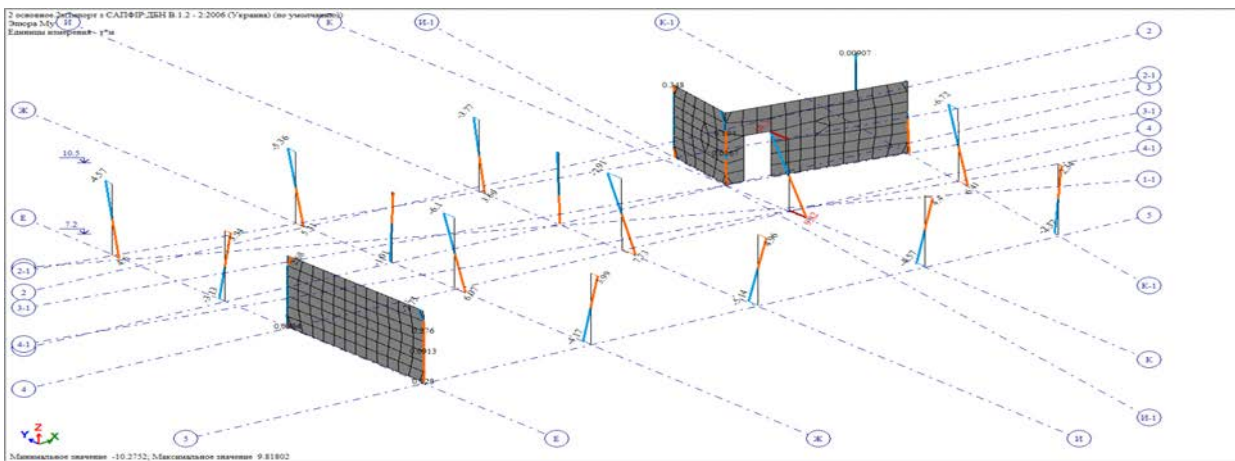


Рис. 3,а. Згинальні моменти  $M_y$  в конструкціях на відмітці 3,900м

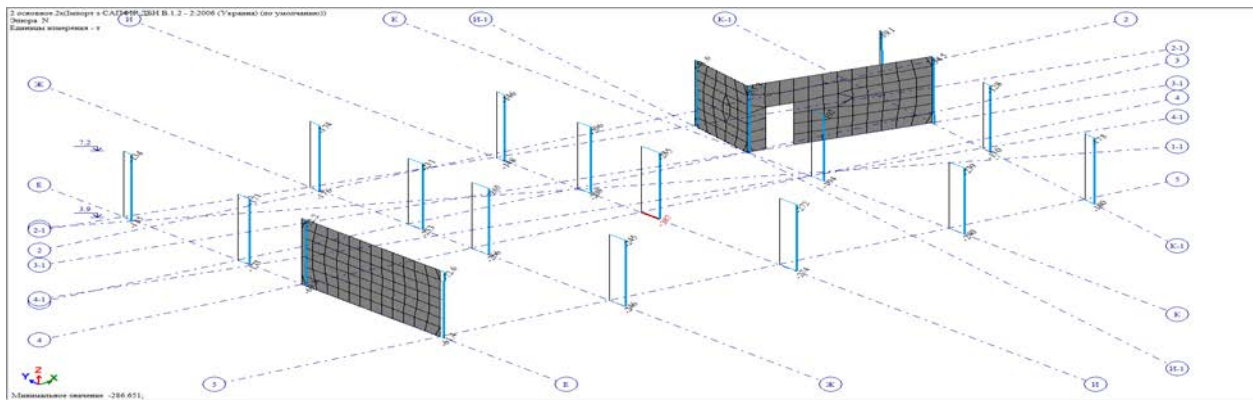


Рис. 3,б. Поздовжні сили  $N$  в конструкціях на відмітці 3,900м

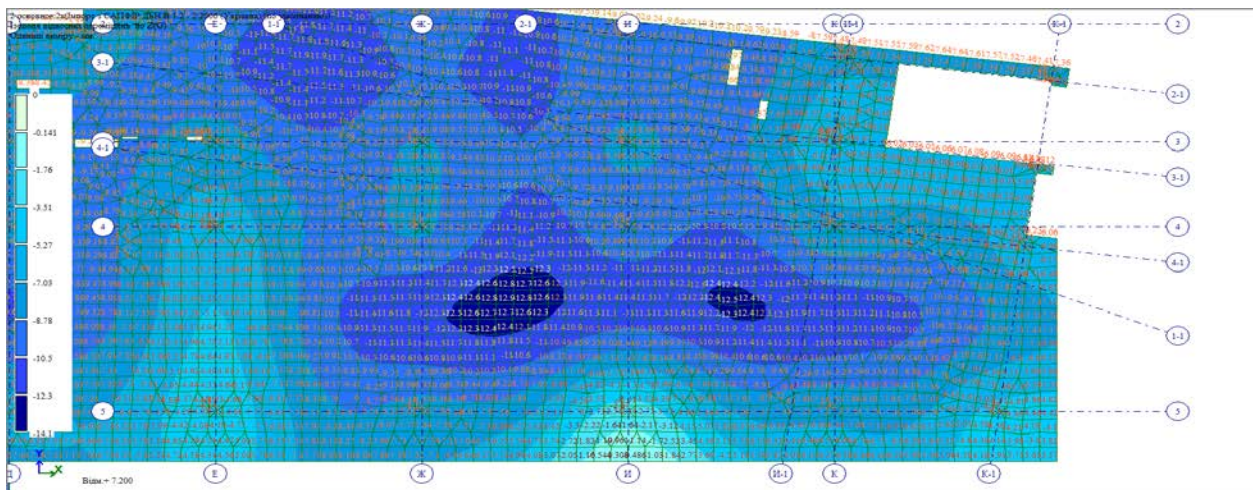


Рис. 3,в. Ізополя переміщень  $U_z$  на відмітці 7,200м



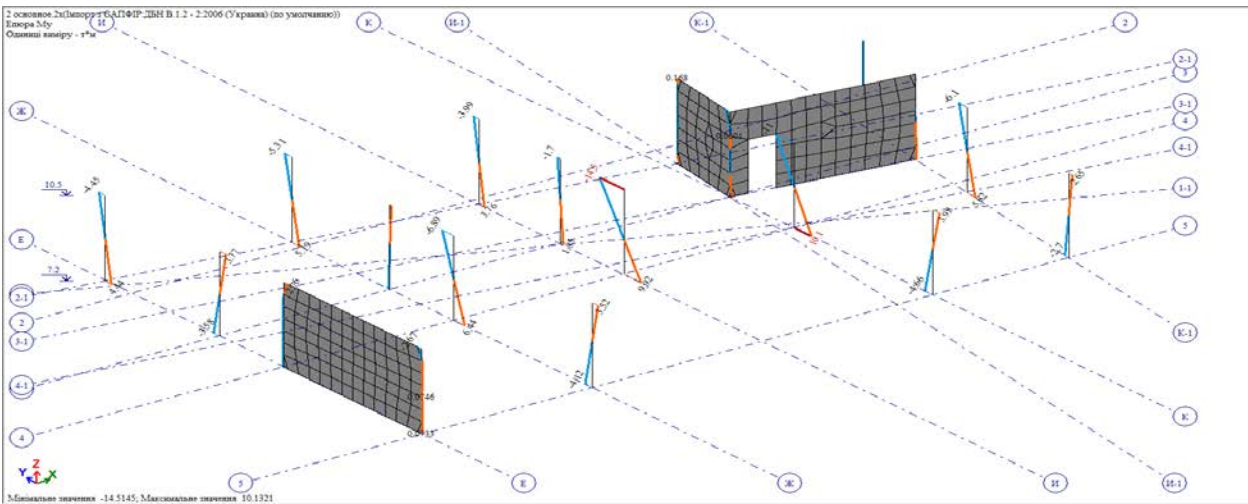


Рис. 4,а. Згинальні моменти  $M_y$  в конструкціях на відмітці 3,900м

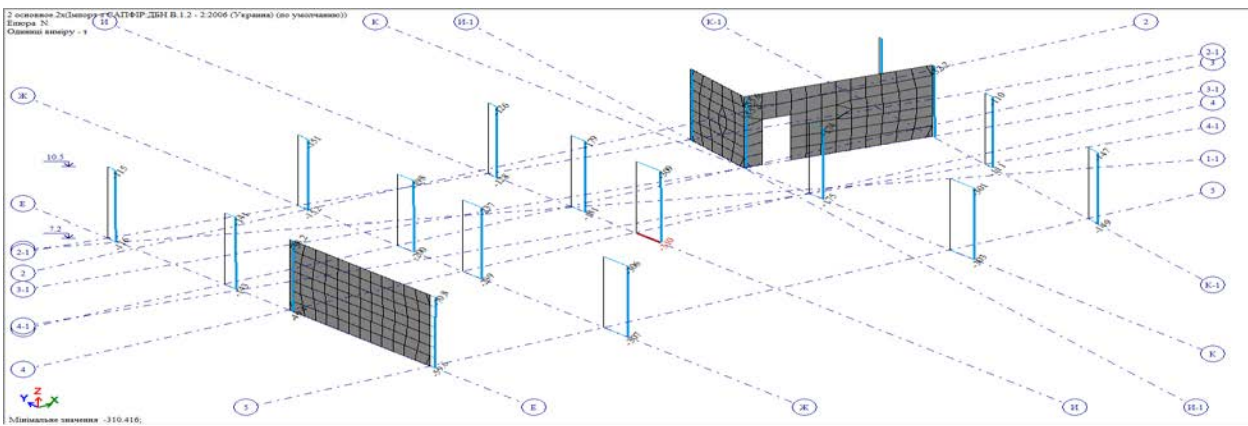


Рис. 4,б. Поздовжні сили  $N$  в конструкціях на відмітці 3,900м

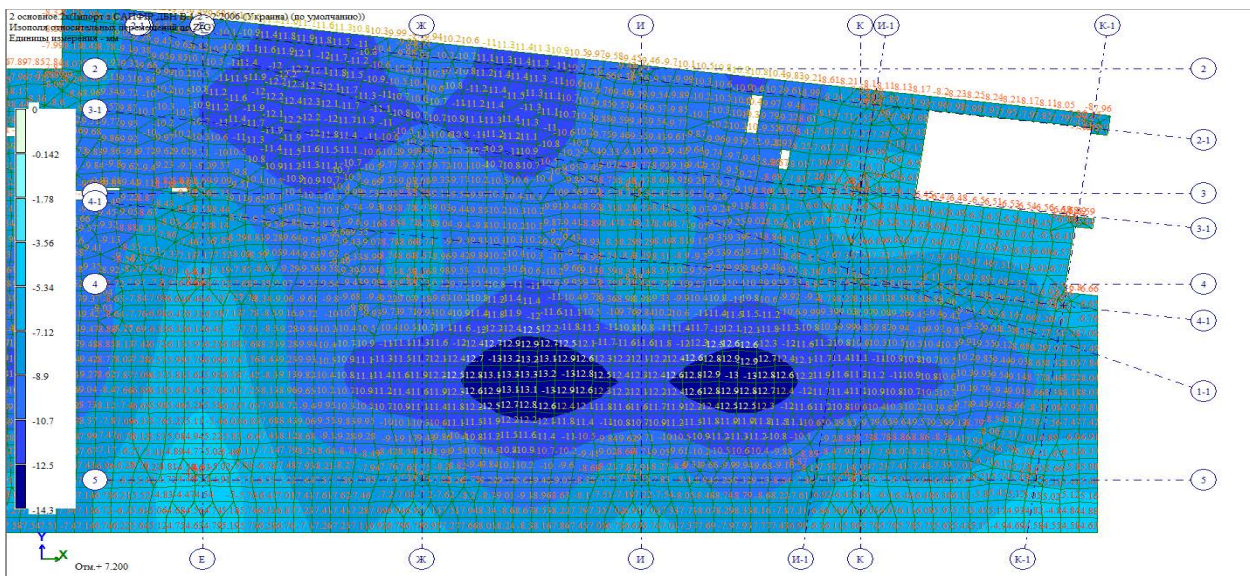


Рис. 4,в. Ізополя переміщень  $U_z$  на відмітці 7,200м

Проведені розрахунки дали змогу оцінити величину руйнувань конструктивних елементів та можливість розглянути варіанти їх відновлення в процесі реконструкції будівлі поряд з результатами інженерного обстеження

експериментальними методами. На рис. 5 – руйнування колони третього поверху на відмітці 3,900м; на рис. 6 – руйнування захисного шару перекриття над третім поверхом на відмітці 7,200м по результатам інженерного обстеження експериментальними методами, що підтверджує результати чисельного моделювання та правильність побудови розрахункової моделі [14].

На третьому етапі чисельного моделювання по результатам проведених обстежень стану несучих конструкцій були розроблені можливі варіанти підсилення пошкоджених і зруйнованих конструкцій та проведений розрахунок напружено-деформованого стану конструкції будівлі в цілому, що дало змогу оцінити можливості відновлення споруди та розробити проект реконструкції на основі цих розрахунків. Був вибраний варіант підсилення пошкоджених колон за рахунок обв'язки металевими кутниками 100x100x6,5мм, 160x160x10, 200x200x12 в залежності від обстеження стану їх руйнувань та результатів чисельного моделювання напружено-деформованого стану будівлі в цілому. Також в найбільше пошкодженій частині будинку чисельні розрахунки показали необхідність встановлення додаткових порталних в'язів між колонами з двотаврів №16 та швелерів №20. Для підсилення пошкоджених перекриттів в місцях найбільшого температурного впливу створюється балочна опорна клітина з металевих швелерів №20 встановлених між колонами та двотаврів №14 в прольотах плит перекриття. Всі консольні частини перекриття підсилюються додатковими порталними в'язями з двотаврів № 14.

Результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану будівлі в цілому, з урахуванням розрахунків підсилення пошкоджених конструкцій представлені на рис. 6,а - результати розрахунку згинальних моментів  $M_y$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 6,б – результати розрахунку поздовжніх сил  $N$  в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 6,в – ізополя переміщень  $U_z$  по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом).

По результатам технічного обстеження та чисельного моделювання створений проект реконструкції (підсилення несучих залізобетонних конструкцій) дев'ятиповерхової офісної будівлі, розташованої за адресою: с. Чайки, вул. Чайки, буд. 16, Бучанського району, Київської області. В проекті передбачається підсилення колон на 2-му, 3-му, 4-му, 5-му, 6-му, 8-му поверхах.





Рис. 5. Руйнування колони третього поверху



Рис. 6. Руйнування захисного шару перекриття над третім поверхом

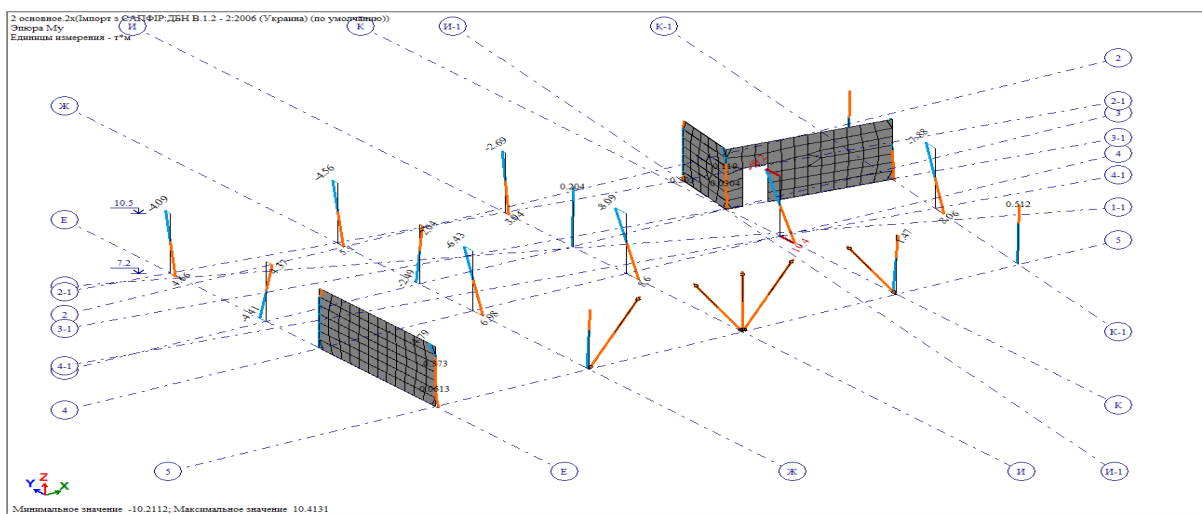


Рис. 6,а. Згинальні моменти  $M_y$  на відмітці 3,900м після підсилення



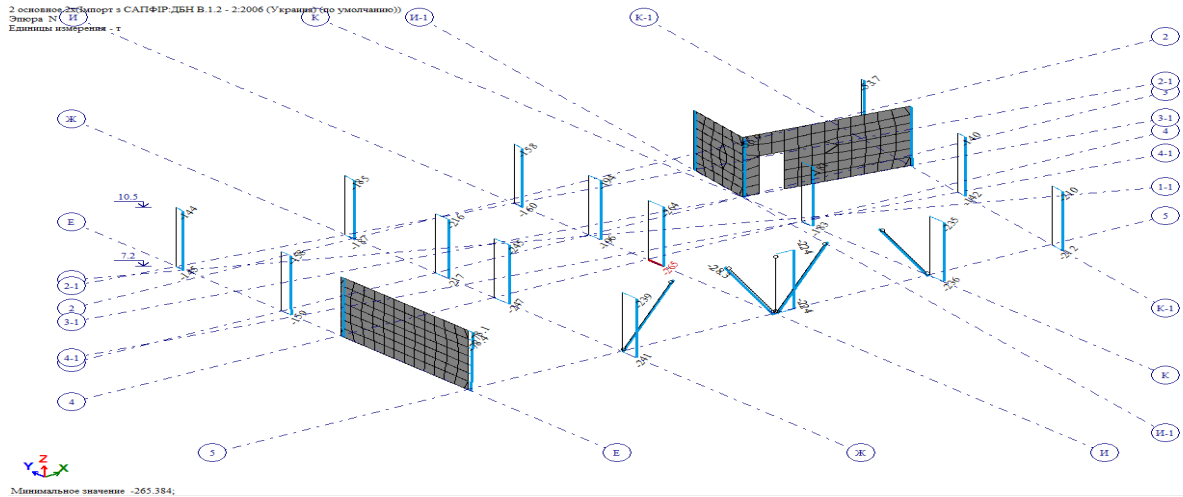


Рис. 6,б. Поздовжні сили  $N$  в конструкціях на відмітці 3,900м після підсилення

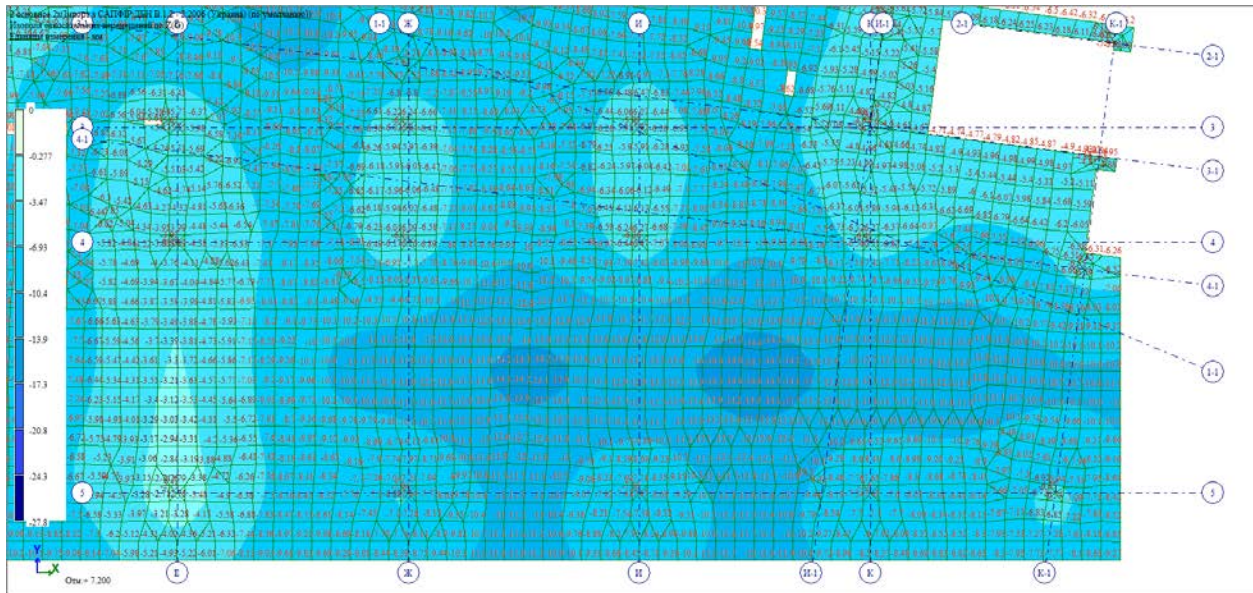


Рис. 6,в. Ізополя переміщень  $U_z$  на відмітці 7,200м після підсилення

Всього підсиленню підлягають 59 пошкоджених колон. Підсилення колон виконується за допомогою металевих обойм з кутиків прокатного металу перерізами 100x100x6,5; 160x160x10; 200x200x12 та ін. Додатково для підсилення плит перекриття запроєктовано порталні в'язі з прокатного металу двутаврів №16 та швеллерів №20. Зводяться нові колони в осях Г-Д/5. Для реконструкції (підсилення) запроєктовано використання металевого прокату загальною вагою 50,864 т. На рис. 7 показане підсилення колони в осях 4/И, на рис. 8 – підсилення перекриття в місцях руйнування захисного шару бетону та встановлення металеві балочної клітини, на рис. 9 – конструкція порталних в'язів і підсилення консольної частини в перекриттях 3-го, 4-го, 5-го поверхів.

Розроблений проект пройшов державну експертизу та внесений в державний реєстр [13,14].

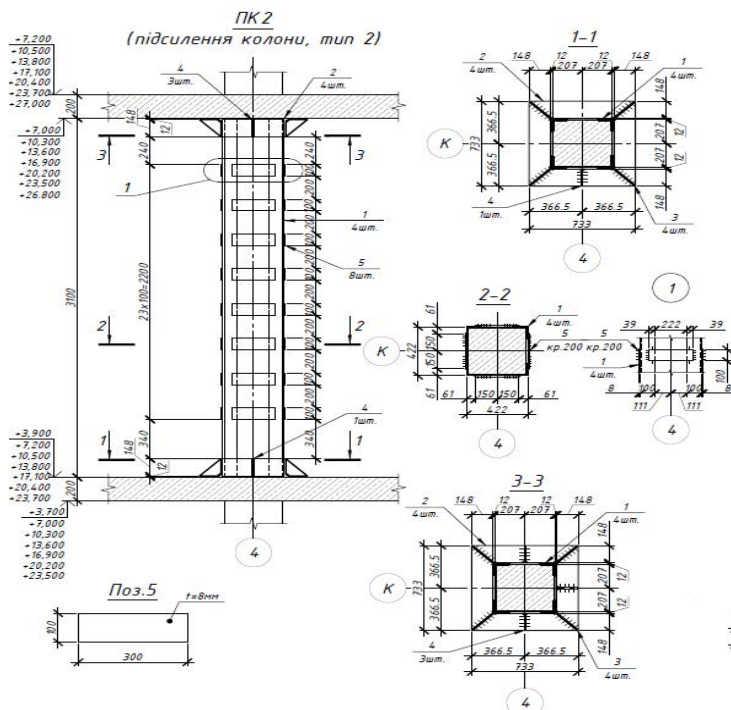


Рис. 7. Підсилення колони в осях 4/И

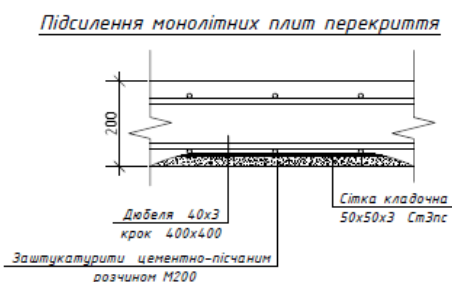


Рис. 8. Підсилення перекриття

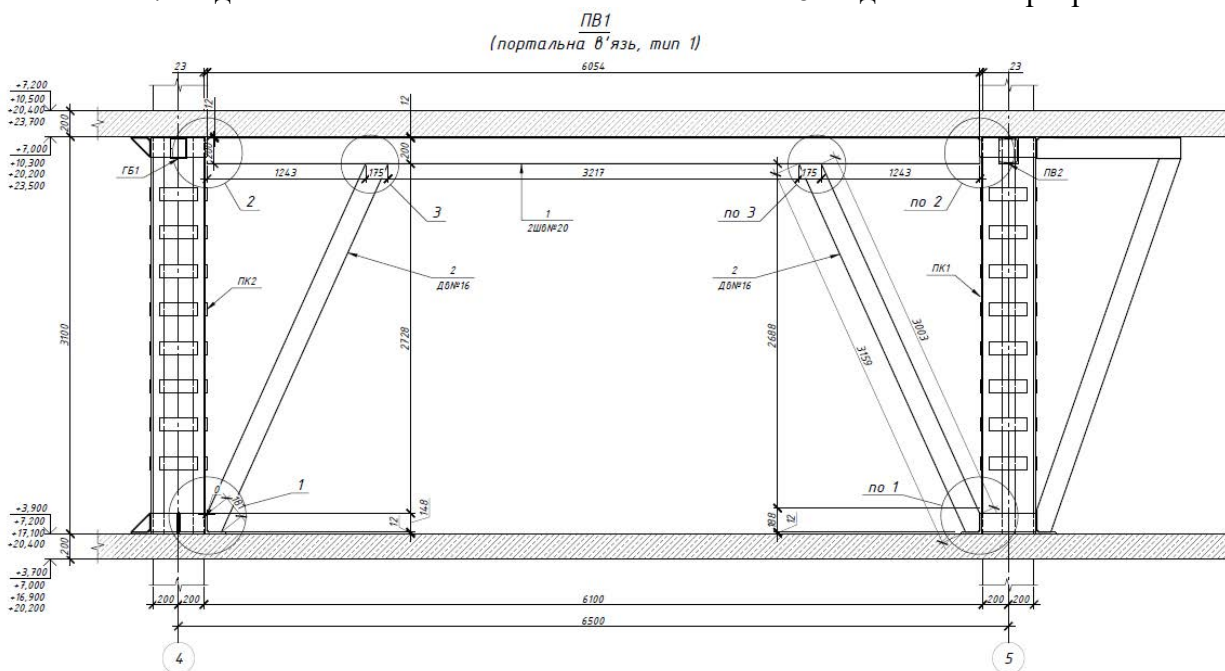


Рис. 9. Конструкція порталних в'язів і підсилення консолі

**Висновки.** Комплексна методика чисельного моделювання просторової моделі стану пошкодженого дев'ятиповерхового будинку за допомогою програмного комплексу, що використовує напіваналітичний модифікований метод прямих [12] в комплексі з розрахунковим комплексом LIRA, дає можливість визначення напружено-деформованого стану, міцності та



жорсткості конструкцій будівлі і зробити висновки про загальний стан споруди в цілому, поряд з інженерними обстеженнями стану споруди експериментальними методами, що значно прискорює прийняття проектних рішень.

Завдяки створеній чисельній моделі пошкодженої будівлі та врахуванню всіх зовнішніх навантажень на неї виявляються найбільш невідгідні місця концентрації впливів (силових, температурних, динамічних) на конструкції будівлі, що може привести до її руйнування, розкриття тріщин в бетоні, оголення та корозії робочої арматури, зміни механічних характеристик конструктивних матеріалів та загального зниження несучої спроможності, що підтверджується результатами інженерного обстеження стану дев'ятиповерхового будинку експериментальними методами.

По результатам чисельного моделювання та інженерного обстеження стану дев'ятиповерхового будинку була створена просторова комп'ютерна модель для прийняття рішень по підсиленню зруйнованих та пошкоджених конструкцій, подальшого відновлення та реконструкції будівлі. Авторами запропоновано декілька варіантів, на основі створеної просторової чисельної моделі дев'ятиповерхового будинку, для вибору оптимального варіанту проекту реконструкції [10]. Розроблений проект реконструкції на основі концепції підсилення зруйнованих та пошкоджених конструкцій елементами з прокатного металу, створення додаткових порталних в'язів для підвищення просторової жорсткості будівлі, відновлення пошкоджених захисних шарів в залізобетонних конструкціях та створення додаткових металевих балочних клітин для підвищення несучої спроможності перекриття в місцях найбільших руйнувань. Можливість такого рішення підтверджена розрахунками створеної просторової комп'ютерної моделі будівлі з використанням результатів чисельного моделювання впливів на конструкції споруди за допомогою власного програмного забезпечення в комплексі з програмним комплексом LIRA [13].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чибіряков В.К., Станкевич А.М., Кошевий О.П., Левківський Д.В., Краснеєва А.О., Пошивач Д.В., Чубарев А.Г., Шорін О.А., Янсонс М.О., Сович Ю.В. Модифікований метод прямих, алгоритм його застосування, можливості та перспективи. // Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 70, К.:КНУБА, 2019р. – с.595-616.
2. Чибіряков В.К., Станкевич А.М., Кошевий О.П., Левківський Д.В., Краснеєва А.О., Пошивач Д.В., Чубарев А.Г., Шорін О.А., Янсонс М.О., Сович Ю.В. Чисельна реалізація модифікованого методу прямих. // Н. т. збірник

«Містобудування та територіальне планування», в. 74, К.:КНУБА, 2020р. – с.341-359.

3. Кошевий О.П., Левківський Д.В., Чубарев А.Г., Янсонс М.О. Модифікований метод прямих в статичних задачах вісесиметричних нетонких пластин/ Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”.Issue 109. – Kyiv: KNUCA, 2022. – 313 p. 342-358.

4. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Моделювання температурних впливів в масивних тілах за допомогою модифікованого метода прямих / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 82. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 185-197.

5. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Побудова комплексної моделі реконструкції шляхопроводу на основі обстеження з використанням вим-технологій/ Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 83. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 143-155.

6. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Чисельне моделювання просторової моделі шляхопроводу для оцінки міцності та жорсткості на основі обстеження з використанням розрахункового комплексу LIRA / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 84. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 171-180.

7. Кошевий О.П., Кошева В.О., Тробюк О.М. Системно графічно-інтерпретовані моделі створення енергоефективних будівель / Н.т. збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. Випуск 100. Відповідальний редактор Ванін В. В. – Київ : КНУБА, 2021 р. – 230 с. 172-181.

8. Чубарев А.Г. Про застосування модифікованого метода прямих в задачах термопружності нетонких пластин // Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 80, К.:КНУБА, 2022р. – с.486-498.

9. Янсонс М.О. Застосування узагальненого методу прямих для дослідження динамічного напружено-деформованого стану кільцевих нетонких пластин // Н.т. збірник «Математичні проблеми технічної механіки – 2021» Міжнародна наукова конференція м. Дніпро, Кам’янське 2021р

10. Григор’єва Л.О. Іванченко Г.М., Кошевий О.О., Кошевий О.П. Чисельне дослідження параметричної оптимізації вимушених частот коливання оболонки мінімальної поверхні на трапецевидному контурі при термосиловому навантаженні/ “Strength of materials and theory of structures”.Issue 110. – Kyiv: KNUCA, 2023. – 313 p. 430-446.

11. Чибіряков В.К., Кошевий О.П., Чубарев А.Г. Про один алгоритм для розв’язування задач термопружності на основі узагальненого метода прямих //



BUILD-MASTER-CLASS-2018: Proceedings of international scientific-practical conference of young scientists. «Видавництво Ліра-К». – Вип. 74 –К.: КНУБА, 2018. – 190-191 с.

12. Кошевий О.П., Левківський Д.В., Кошева В.О., Янсонс М.О., Чубарев А.Г., Марчук О.С. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану магістральних трубопроводів в місцях переходів та компенсаторів при комплексному навантаженні / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 85. – Київ, КНУБА, 2024. – С. 257-267

13. Проект реконструкції дев'ятиповерхової офісної будівлі, розташованої за адресою: с. Чайки, вул. В. Чайки, буд 16, Бучанського району Київської обл., PD01:0740-2928-6942-4200, [https://e-construction.gov.ua/document\\_detail/doc\\_id=3181407522024064441/optype=4](https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3181407522024064441/optype=4).

14. Технічний звіт за результатами технічного обстеження Виробнича база зі складськими та офісними приміщеннями, с.Чайки, вул. В.Чайки, 16, Бучанського району Київської обл. Будівля літер «А», TO01:8588-0057-8638-7884, [https://e-construction.gov.ua/document\\_detail/doc\\_id=3272956059936884613/optype=7](https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3272956059936884613/optype=7).

Ph.D, Associate Professor **Koshevyi Oleksandr**,  
Ph.D **Lazareva Maryna**, **Iansons Maryna**,  
**Chubarev Anton**, **Marchuk Oleksandr**, **Smolensky Artur**,  
Kyiv national university of construction and architecture

## **NUMERICAL SIMULATION OF THE SPATIAL MODEL OF THE DAMAGED NINE-STORY BUILDING FOR STRENGTH AND RIGIDITY ASSESSMENT BASED ON SURVEY RESULTS**

The paper presents the main ideas and possibilities of creating a complex spatial numerical model, research and analysis of the stress-strain state, strength and stiffness of a damaged nine-story building with the help of our own software, using the modified method of straight lines, and the calculation software complex LIRA from the action of a complex load based on the results of an engineering survey by experimental methods. The created complex model of the building based on BIM technologies is used for further adoption of optimal project decisions and significantly accelerates project work. The results of a numerical study of a complex spatial model and conclusions about the strength characteristics of structures and the building as a whole significantly expand the possibilities in making project decisions and creating promising developments based on them.

Keywords: complex numerical spatial models; computer modeling; BIM technologies; modified method of straight lines; stress-strain state; strength; stiffness; destroyed and damaged structures; the concept of strengthening structures; engineering survey by experimental methods; optimal project option.

## REFERENCES

1. Chybiryakov V.K., Stankevych A.M, Koshevyi O.P., Krasneyeva A.O., Poshyvach D.V., Chubarev A.H., Shorin O.A., Iansons M.O., Sovych YU.V. Modyfikovanyy metod pryamykh, alhorytm yoho zastosuvannya, mozhlyvosti ta perspektyvy (The modified straight line method, its application algorithm, possibilities and prospects) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 70. – Kyiv, KNUBA, 2019. – p. 633-655. {in Ukrainian}
2. V.K. Chybiryakov, A.M. Stankevych, O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, A.O. Krasneyeva, D.V. Poshyvach, A.H.Chubarev, O.A. Shorin, M.O. Iansons, YU.V. Sovych Chysel'na realizatsiya modyfikovanoho metodu pryamykh (Numerical implementation of the modified method of straight lines) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 74. – Kyiv, KNUBA, 2020. – p. 341-359. {in Ukrainian}
3. Koshevyi O.P., Levkivskyi D.V., Chubarev A.H., Iansons M.O. Modyfikovanyi metod pryamykh v statychnykh zadachakh visesymetrychnykh netonkykh plastyn (Modified method of direct lines in static problems of axisymmetric thin plates) // *Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”.* Issue 109. – Kyiv: KNUCA, 2022. – p. 342-358. ISSN 2410-2547. {in Ukrainian}
4. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Modelyuvannya temperaturnykh vplyviv v masyvnykh tilakh za dopomohoyu modyfikovanoho metoda pryamykh (Modeling temperature effects in massive bodies using of the modified method of direct lines) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 82. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 185-197. {in Ukrainian}
5. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, V.O. Kosheva, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Pobudova kompleksnoyi modeli rekonstruktsiyi shlyakhoprovodu na osnovi obstezhennya z vykorystanniam vim-tekhnologiy (Construction of a complex reconstruction model overpass based on survey using vim-technologies) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 83. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 143-155. {in Ukrainian}
6. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, V.O. Kosheva, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Chysel'ne modelyuvannya prostorovoyi modeli shlyakhoprovodu dlya otsinky mitsnosti ta zhorstkosti na osnovi obstezhennya z vykorystanniam rozrakhunkovoho kompleksu LIRA (Numerical modeling of a spatial model overpass to assess the strength and rigidity based on the examination of using the calculation complex LIRA) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 84. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 171-180. {in Ukrainian}



7. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Trobyuk O.M. Systemno hrafichno-interpretovani modeli stvorennya enerhoefektyvnykh budivel' (System graphically interpreted models of creating energy-efficient buildings) // N.t. zbirnyk "Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika". Vol. 100. Vidpovidal'nyy redaktor Vanin V. V. – Kyiv: KNUBA, 2021. – 230 s. p.172-181. {in Ukrainian}

8. Chubarev A.H. Pro zastosuvannya modyfikovanoho metoda pryamykh v zadachakh termopruzhnosti netonkykh plastyn (The application of the modified method of direct lines in problems of thermoelasticity of non-thin plates) // N. t. zbirnyk «Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya», vol. 80, K.:KNUBA, 2022. – p.486-498. {in Ukrainian}

9. Iansons M.O. Zastosuvannya uzahal'nenoho metodu pryamykh dlya doslidzhennya dynamichnoho napruzhenno-deformovanoho stanu kil'tsevykh netonkykh plastyn (Application of the generalized method of straight lines for study of the dynamic stress-strain state of rings non-thin plates) // N.t. zbirnyk «Matematychni problemy tekhnichnoyi mekhaniky – 2021» Mizhnarodna naukova konferentsiya m. Dnipro, Kam"yans'ke 2021. {in Ukrainian}

10. Hryhor'yeva L.O. Ivanchenko H.M., Koshevyi O.O., Koshevyi O.P. Chysel'ne doslidzhennya parametrychnoyi optymizatsiyi vymushenykh chastot kolyvannya obolonky minimal'noyi poverkhni na trapetsevydnomu konturi pry termosylovomu navantazhenni (Numerical optimization of forced vibration frequencies of minimal surface shells under thermomechanical loading)// "Strength of materials and theory of structures".Issue 110. – Kyiv: KNUCA, 2023. – 313 p. 430-446. {in Ukrainian}

11. Chybiryakov V.K., Koshevyi O.P., Chubarev A.H. Pro odyin alhorytm dlya rozv"yazuvannya zadach termopruzhnosti na osnovi uzahal'nenoho metodu pryamykh (About one algorithm for solving problems of thermoelasticity based on the generalized method of straight lines) // BUILD-MASTER-CLASS-2018: Proceedings of international scientific-practical conference of young scientists. «Vydavnytstvo Lira-K». – Vyp. 74 –K.: KNUBA, 2018. – 190-191 s. {in Ukrainian}

12. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Levkivskiy D.V., Iansons M.O., Chubarev A.G., Marchuk O.S. Numerical simulation of stress-strain state of main pipelines at transitions and expansion joints areas under complex loading // Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 85. – Kyiv, KNUBA, 2024. – p. 257-267. {in Ukrainian}

13. The project of reconstruction of a nine-story office building located at the address: Chayki village, str. V. Chayki, building 16, Buchansky district, Kyiv region. PD01:0740-2928-6942-4200, [https://e-construction.gov.ua/document\\_detail/doc\\_id=3181407522024064441/optype=4](https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3181407522024064441/optype=4). {in English}

14. Technical report based on the results of the technical inspection of the production base with warehouse and office premises, Chayki village, st. V. Chayki, 16, Buchansky district, Kyiv region. Building of letters "A", TO01:8588-0057-8638-7884, [https://e-construction.gov.ua/document\\_detail/doc\\_id=3272956059936884613/optype=7](https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3272956059936884613/optype=7). {in English}