

УДК 539.3

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ ПОШКОДЖЕНОГО ТОРГОВО-РОЗВАЖАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ПАРКІНГОМ ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ І ЖОРСТКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТА СТВОРЕННЯ ПРОЄКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ

О.П. Кошевий,
канд. техн. наук, доцент

О.І. Рубінський

А.Г. Чубарев

М.О. Янсонс

О.С. Марчук

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
Київ, Просп. Повітряних Сил, 31, м. Київ. 03680*

DOI: 10.32347/2410-2547.2024.113.297-304

Приведено основні ідеї та можливості створеної методики чисельного моделювання комплексної просторової моделі дослідження та аналізу напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості торгово-розважального комплексу з паркінгом за адресою: м. Київ, вул. Здобувівська 17, пошкодженого в результаті збройної агресії РФ, на основі результатів проведеного інженерного обстеження візуальними та експериментальними методами. За допомогою власного програмного забезпечення, з використанням модифікованого методу прямих, та розрахункового програмного комплексу LIRA, від дії комплексного навантаження, проведена оцінка міцності та жорсткості несучих конструкцій та проаналізовані можливості їх відновлення та подальшої експлуатації. Створена комплексна модель відновлення пошкодженої будівлі, на основі BIM технологій, яка використовується для подальшого прийняття оптимальних проектних рішень і значно прискорює проектні роботи. Створена методика чисельного дослідження комплексної просторової моделі пошкодженої будівлі торгово-розважального комплексу з паркінгом дозволяє на основі висновків про міцнісні характеристики конструкцій та будівлі в цілому значно розширити можливості в прийнятті оптимальних 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 візуальними та експериментальними методами, оптимальний варіант проекту.

Вступ. 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 обстеження пошкоджених будівель, дослідження напружено-деформованого стану, міцності та стійкості пошкоджених несучих конструкцій та будівлі в цілому, визначення можливості подальшої експлуатації та розробки проекту відновлення та реконструкції. Враховуючи світовий і вітчизняний досвід проектування та відновлення конструкцій, з використанням сучасних розрахункових чисельних методів та BIM технологій, що спрямовано на вирішення важливої соціально-економічної та наукової проблеми, ця задача є актуальною проблемою прикладної механіки. Розробка проектів реконструкції та відновлення сучасних будівель і споруд потребує використання не стандартних підходів в проектуванні, що використовують новітні методи на основі BIM технологій [1, 3], 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 [11, 12, 13]. Для створення просторової моделі пошкодженої будівлі необхідно використовувати сучасні методи обстеження стану об'єкту, досвід проектування та відновлення конструкцій з використанням сучасних BIM технологій та розрахункових чисельних методів [1, 2, 3]. 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 проєкт подальшого відновлення і реконструкції будівлі [1, 2, 3, 4].

В статті розглядається створення та чисельне моделювання просторової моделі пошкодженого торгово-розважального комплексу з паркінгом в м. Києві, вул. Здобувницька 17, Україна (рис. 1). Для визначення фактичного стану будівлі після вибуху, пожежі та температурних впливів було проведено її технічне обстеження результати якого представлені в звіті [14, 15]. Візуальне обстеження було проведено інструментальними та експериментальними методами для оцінки технічного стану будівельних конструкцій та будівлі в цілому, визначення пошкоджень та дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність будівлі, її залишковий ресурс. Проведено ультразвуковий контроль сталевого сортового прокату та конструктивних елементів покриття, виявлено руйнування зварного з'єднання основної ферми та тріщини зварного з'єднання у зоні термічного впливу, виявлено мікротріщини в металі ферми та значні деформації до 60% в результаті термічного та фізичного впливів. На основі обстеження зроблені висновки, що у результаті деформації, під дією термічного та фізичного впливу, механічні властивості ферми № 3 були значно погіршені, подальша експлуатація без підсилення небезпечна та сумнівна.

Аналіз результатів обстеження показує, що в результаті вибуху, пожежу та температурного впливу найбільші руйнування будівельних конструкцій торгово-розважального комплексу виявлені в місці вибуху в осях «Г-Е x 4-5» (рис. 2, 3). Частково зруйновані конструкція та металеві ферми покриття, повне руйнування горизонтальних в'язів між фермами покриття, зруйновані інженерні мережі електропостачання, водопостачання гарячого та холодного, водовідведення та опалення, протипожежної сигналізації, пошкоджене все внутрішнє опорядження покрівлі, стін, підлоги, зруйновано вікна, двері та інше (рис. 3) [14, 15].

По результатам інженерного обстеження стану будівлі ТРЦ була створена комплексна просторова комп'ютерна модель будівлі, з використанням ВІМ технологій, для аналізу НДС конструкцій та будівлі в цілому (рис. 3). Для чисельного моделювання напружено-деформованого стану пошкоджених несучих конструкцій від дії вибухової хвилі, пожежі та температурних впливів колективом авторів використовувалось власне програмне забезпечення, що в своїй основі використовує напіваналітичний модифікований метод прямих, який є альтернативою універсальним чисельним методам та може дати більш точні і об'єктивні результати в комплексі з програмним комплексом LIRASAPR [4, 5, 6, 7].

Проведено чисельне моделювання пошкоджених конструкцій, визначений напружено-деформований стан всіх елементів споруди, з використанням власного програмного забезпечення та сучасного розрахункового комплексу LIRASAPR, для розробки проєкту реконструкції з рекомендаціями щодо усунення виявлених пошкоджень та можливості подальшої безпечної експлуатації [7, 8, 9, 10]. Авторами запропоновано декілька варіантів, на основі створеної просторової чисельної моделі будівлі ТРЦ для вибору оптимального варіанту проєкту реконструкції.



Рис. 1. Загальний вигляд торгово-розважального комплексу



Рис. 2. Руйнування ТРЦ в місці вибуху

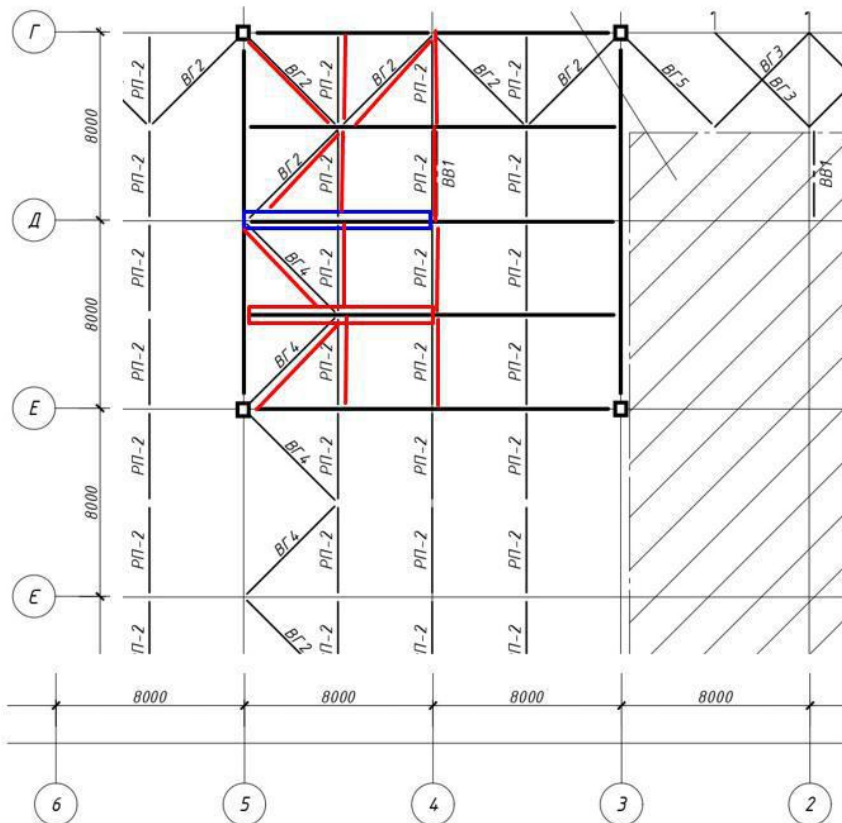


Рис. 3. Просторова комп'ютерна модель ТРЦ з пошкодженнями. Позначено червоним – аварійні конструкції та ділянки ферми ФД-12. Позначено синім – підсилення вузлів ділянки ферми ФД-12

За результатами обстеження та чисельного моделювання просторової моделі ТРЦ для створення проекту відновлення та реконструкції вибраний варіант з частковою заміною зруйнованих ферм покриття в осях «Г - Е» та «4 - 5», заміною горизонтальних та вертикальних в'язів, підсиленням пошкоджених вузлів в місцях з мікротріщинами за рахунок накладок та додаткових зварних швів та болтових з'єднань, заміною пошкодженої конструкції покриття. Створений колективом авторів проект [15, 16, 17, 18] реконструкції включає всі необхідні архітектурні, конструктивні та технологічні креслення з необхідними коментарями та

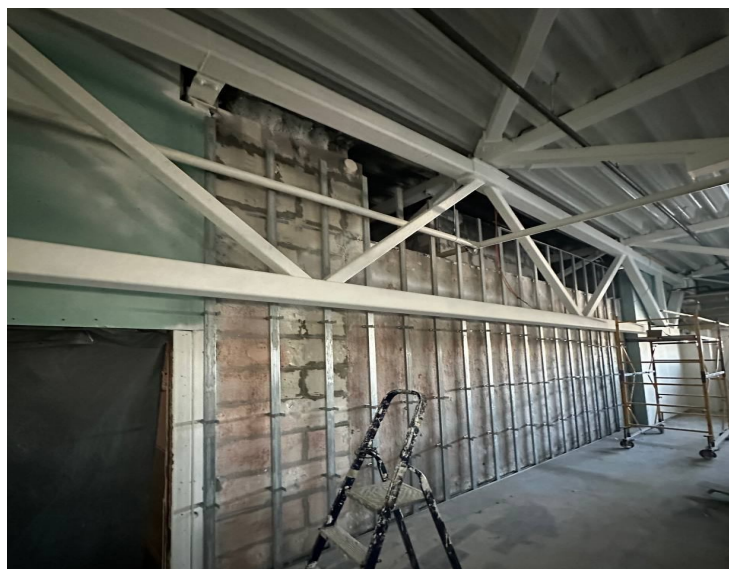


Рис. 6. Відновлена частина ферми та покриття



Рис. 7. Відновлена частина покриття з обладнанням

Висновки. Створена методика чисельного моделювання комплексної просторової моделі дослідження та аналізу напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості пошкоджених та споруд на основі результатів інженерного обстеження візуальними та експериментальними методами, дозволяє значно прискорити прийняття оптимальних проектних рішень та створювати перспективні розробки на основі висновків про міцнісні характеристики конструкцій та будівлі в цілому. Впровадження розробленої методики в практику проєктування та відновлення пошкоджених споруд спрямовано на вирішення важливої соціально-економічної та наукової проблеми, що принесе в подальшому значний економічний ефект.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kosheviy O.P., Kosheva V.O., Levkivskiy D.V., Morzharovskiy A.S. Computer modeling and optimization of energy efficiency potentials in civil engineering/ Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”. Issue 106. – Kyiv: KNUCA, 2021. – p. 274-281.

2. Чибіряков В.К., Станкевич А.М., Кошевий О.П., Левківський Д.В., Краснесва 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. Плоский В.О. Функціональність графіки як методологічна основа графічних технологій // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Вип. 92. Київ: КНУБА, 2016.С.93-99.
4. 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. c. 342-358.
5. О.П. Кошевий, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук. Чисельне моделювання температурних впливів на шляхопровід для створення просторової комп'ютерної моделі реконструкції // "Strength of materials and theory of structures". Issue 112. – Kyiv: KNUCA, 2024. – p. 161-169.
6. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук. Моделювання температурних впливів в масивних тілах за допомогою модифікованого методу прямих/ Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 82. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 185-197.
7. 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 ВІМ-технологій/ Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 83. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 143-155.
8. 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.
9. Y. Sovych, D. Levkivskiy, M. Yansons, O. Koshevyi, D. Poshyvach. Numerical-analytical approach to solving problems of non-stationary thermal conductivity of a non-thin annular plate // "Strength of materials and theory of structures". Issue 112. – Kyiv: KNUCA, 2024. – p. 185-194.
10. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук. 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.
11. Г.М. Іванченко, О.О. Кошевий, О.П. Кошевий. Чисельне дослідження багатокритеріальної параметричної оптимізації переміщення і ваги двохзв'язної конусної оболонки мінімальної поверхні при термосиловому навантаженні // "Strength of materials and theory of structures". Issue 111. – Kyiv: KNUCA, 2023. – p. 102-112.
12. О.П. Кошевий, М.В. Лазарева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук. Чисельне моделювання просторової моделі стану пошкодженого дев'ятиповерхового будинку для оцінки міцності та жорсткості на основі результатів обстеження / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 86. – Київ, КНУБА, 2024. – С. 314-328.
13. 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. – p. 430-446.
14. Технічний звіт за результатами технічного обстеження фрагменту несучих конструкцій покрівлі; 10UA-KIDEAL-RD2023.TO; виконаний ТОВ «УніверсалПроектСервіс» в 2023 році.
15. Результати дослідження № 83 від «30» жовтня 2023р., Ультразвуковий контроль (УТ), Замовлення № 2157 від 13.10.2023; ВЛ ТОВ «СЕНДЛАБ».
16. «Проект відновлення пошкоджених металоконструкцій в осях 3-5, між рядами Е-Г на відм. +4,500 та покрівлі будівлі, об'єкт: Торгівельно-розважальний комплекс з паркінгом за адресою 4-й "А" мікрорайон Позняки у Дарницькому районі м. Київ.»; Розділ ЗПЗ; 10UA-KIDEAL-RD2023; виконаний ТОВ «УніверсалПроектСервіс» в 2023 році.
17. «Проект відновлення пошкоджених металоконструкцій в осях 3-5, між рядами Е-Г на відм. +4,500 та покрівлі будівлі, об'єкт: Торгівельно-розважальний комплекс з паркінгом за адресою 4-й "А" мікрорайон Позняки у Дарницькому районі м. Київ.»; Розділ АР; 10UA-KIDEAL-RD2023; виконаний ТОВ «УніверсалПроектСервіс» в 2023 році.
18. «Проект відновлення пошкоджених металоконструкцій в осях 3-5, між рядами Е-Г на відм. +4,500 та покрівлі будівлі, об'єкт: Торгівельно-розважальний комплекс з паркінгом за адресою 4-й "А" мікрорайон Позняки у Дарницькому районі м. Київ.»; Розділ КМД; 10UA-KIDEAL-RD2023; виконаний ТОВ «УніверсалПроектСервіс» в 2023 році.

REFERENCES

1. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Levkivskiy D.V., Morzharovskiy A.S. Computer modeling and optimization of energy efficiency potentials in civil engineering/ Scientific-and-technical collected articles "Strength of materials and theory of structures". Issue 106. – Kyiv: KNUCA, 2021. – p. 274-281.
2. Chybiriakov V.K., Stankevych A.M., Koshevyi O.P., Levkivskiy D.V., Krasneieva A.O., Poshyvach D.V., Chubarev A.H., Shorin O.A., Yansons M.O., Sovych Yu.V. Chyselna realizatsiia modyfikovanoho metodu priamykh. (Numerical implementation of the modified method of straight lines) // N. t. zbiryk «Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia», v. 74, K.:KNUBA, 2020 – p.341-359.
3. Ploskyi V.O. Functionality of Graphics as a Methodological Basis of Graphic Technologies // Applied Geometry and Engineering Graphics. — 2016. — Issue 92. — P. 93–99. — Kyiv: KNUCA.
4. Koshevy O.P., Levkivskiy D.V., Chubarev A.H., Jansons M.O. Modified Method of 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. — 313 p., pp. 342–358.
5. Koshevy O.P., Kosheva V.O., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Numerical Modeling of Thermal Effects on Overpasses for Creating a Spatial Computer Model of Reconstruction // "Strength of Materials and Theory of Structures". — Issue 112. — Kyiv: KNUCA, 2024. — pp. 161–169.
6. Koshevy O.P., Levkivskiy D.V., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Modeling of Thermal Effects in Massive Bodies Using the Modified Method of Lines // Urban Planning and Territorial Development: Scientific and Technical Collected Articles. — Issue 82. — Kyiv: KNUCA, 2023. — pp. 185–197.

7. Koshevy O.P., Levkivskiy D.V., Kosheva V.O., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Development of a Comprehensive Reconstruction Model for an Overpass Based on Surveying Using BIM Technologies // Urban Planning and Territorial Development: Scientific and Technical Collected Articles. — Issue 83. — Kyiv: KNUCA, 2023. — pp. 143–155.
8. Koshevy O.P., Levkivskiy D.V., Kosheva V.O., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Numerical Modeling of a Spatial Overpass Model for Strength and Rigidity Assessment Based on Surveying Using the LIRA Calculation Suite // Urban Planning and Territorial Development: Scientific and Technical Collected Articles. — Issue 84. — Kyiv: KNUCA, 2023. — pp. 171–180.
9. Y Sovych, D Levkivskiy, M Yansons, O Koshevyi, D Poshvyach Numerical-analytical approach to solving problems of non-stationary thermal conductivity of a non-thin annular plate // “Strength of materials and theory of structures”. Issue 112. — Kyiv: KNUCA, 2024. — p. 185-194.
10. Koshevy O.P., Levkivskiy D.V., Kosheva V.O., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Numerical Modeling of the Stress-Strain State of Main Pipelines at Transition Points and Compensators under Complex Loading // Urban Planning and Territorial Development: Scientific and Technical Collected Articles. — Issue 85. — Kyiv: KNUCA, 2024. — pp. 257–267.
11. Ivanchenko H.M., Koshevy O.O., Koshevy O.P. Numerical Study of Multi-Criteria Parametric Optimization of Displacement and Weight of a Double-Connected Minimal Surface Conical Shell under Thermomechanical Loading // "Strength of Materials and Theory of Structures". — Issue 111. — Kyiv: KNUCA, 2023. — pp. 102–112.
12. Koshevy O.P., Lazareva M.V., Jansons M.O., Chubarev A.H., Marchuk O.S. Numerical Modeling of the Spatial State Model of a Damaged Nine-Story Building for Strength and Rigidity Assessment Based on Survey Results // Urban Planning and Territorial Development: Scientific and Technical Collected Articles. — Issue 86. — Kyiv: KNUCA, 2024. — pp. 314–328.
13. Hryhorieva L.O., Ivanchenko H.M., Koshevy O.O., Koshevy O.P. Numerical Study of Parametric Optimization of Forced Frequencies of a Minimal Surface Shell with a Trapezoidal Contour under Thermomechanical Loading // "Strength of Materials and Theory of Structures". — Issue 110. — Kyiv: KNUCA, 2023. — pp. 430–446.
14. Technical Report on the Results of the Technical Inspection of the Roof Load-Bearing Structure Fragment; 10UA-KIDEAL-RD2023.TO; prepared by LLC "UniversalProjectService" in 2023.
15. Research Results No. 83 dated October 30, 2023, Ultrasonic Testing (UT), Order No. 2157 from October 13, 2023; VL LLC "SENDLAB".
16. "Project for the Restoration of Damaged Metal Structures in Axes 3-5, Between Rows E-G at Elevation +4.500 and the Roof of the Building, Object: Shopping and Entertainment Complex with Parking at Address: 4th 'A' Microdistrict Poznyaky, Darnytskyi District, Kyiv."; Section «General Explanatory Note»; 10UA-KIDEAL-RD2023; prepared by LLC "UniversalProjectService" in 2023.
17. "Project for the Restoration of Damaged Metal Structures in Axes 3-5, Between Rows E-G at Elevation +4.500 and the Roof of the Building, Object: Shopping and Entertainment Complex with Parking at Address: 4th 'A' Microdistrict Poznyaky, Darnytskyi District, Kyiv."; Architectural Section; 10UA-KIDEAL-RD2023; prepared by LLC "UniversalProjectService" in 2023.
18. "Project for the Restoration of Damaged Metal Structures in Axes 3-5, Between Rows E-G at Elevation +4.500 and the Roof of the Building, Object: Shopping and Entertainment Complex with Parking at Address: 4th 'A' Microdistrict Poznyaky, Darnytskyi District, Kyiv."; Structural Section; 10UA-KIDEAL-RD2023; prepared by LLC "UniversalProjectService" in 2023.

Стаття надійшла 04.11.2024

Косевий О.П., Рубінський О.І., Чубарев А.Г., Янсонс М.О., Марчук О.С.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ ПОШКОДЖЕНОГО ТОРГОВО-РОЗВАЖАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ПАРКІНГОМ ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ І ЖОРСТКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТА СТВОРЕННЯ ПРОЄКТУ РЕКОНСТРУКЦІ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ

Приведено основні ідеї та можливості створеної методики чисельного моделювання комплексної просторової моделі дослідження та аналізу напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості торгово-розважального комплексу з паркінгом за адресою: м. Київ, вул. Здобунівська 17, пошкодженого в результаті збройної агресії РФ, на основі результатів проведеного інженерного обстеження візуальними та експериментальними методами. За допомогою власного програмного забезпечення, з використанням модифікованого методу прямих, та розрахункового програмного комплексу LIRA, від дії комплексного навантаження, проведена оцінка міцності та жорсткості несучих конструкцій та проаналізовані можливості їх відновлення та подальшої експлуатації. Створена комплексна модель відновлення пошкодженої будівлі, на основі BIM технологій, яка використовується для подальшого прийняття оптимальних проєктних рішень і значно прискорює проєктні роботи. Створена методика чисельного дослідження комплексної просторової моделі пошкодженої будівлі торгово-розважального комплексу з паркінгом дозволяє на основі висновків про міцнісні характеристики конструкцій та будівлі в цілому значно розширити можливості в прийнятті оптимальних проєктних 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 візуальними та експериментальними методами, оптимальний варіант проєкту.

Koshevyi O.P., Rubinskyi O.I., Chubarev A.H., Yansons M.O., Marchuk O.S.

NUMERICAL SIMULATION OF THE SPATIAL MODEL OF A DAMAGED SHOPPING AND ENTERTAINMENT COMPLEX WITH PARKING FOR ASSESSING THE STRENGTH AND RIGIDITY OF STRUCTURES AND CREATING A RECONSTRUCTION PROJECT BASED ON SURVEY RESULTS

The main ideas and possibilities of the created numerical modeling technique of a complex spatial model of research and analysis of the stress-strain state, strength and stiffness of a shopping and entertainment complex with a parking lot at the address: Kyiv, st. Zdobunivska 17, damaged as a result of the armed aggression of the Russian Federation, based on the results of an engineering survey by visual and experimental methods. With the help of our own software, using the modified method of straight lines, and the calculation software complex LIRA, from the action of the complex load, an assessment of the strength and rigidity of the load-bearing structures was carried out and the possibilities of their restoration and further operation were

analyzed. A comprehensive model of the restoration of a damaged building was created, based on VIM technologies, which is used to further make optimal project decisions and significantly accelerates project work. The created numerical research method of the complex spatial model of the damaged building of the shopping and entertainment complex with parking allows, on the basis of conclusions about the strength characteristics of the structures and the building as a whole, to significantly expand the possibilities of making optimal project decisions and creating promising developments based on them.

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

УДК 539.3

Кошевий О.П., Рубінський О.І., Чубарев А.Г., Янсонс М.О., Марчук О.С. Чисельне моделювання просторової моделі пошкодженого торгово-розважального комплексу з паркінгом для оцінки міцності і жорсткості конструкцій та створення проєкту реконструкції на основі результатів обстеження // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА. 2024. – Вип. 113. – С. 297-304.
Лл. 7. Бібліогр. 18 назв.

UDC 539.3

Kosheviy O.P., Rubinskyi O.I., Chubarev A.H., Yansons M.O., Marchuk O.S. Numerical simulation of the spatial model of a damaged shopping and entertainment complex with parking for assessing the strength and rigidity of structures and creating a reconstruction project based on survey results // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUBA. 2024. – Issue 13. – P. 297-304.
Figs. 7. Refs. 18.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): канд. технічних наук, доцент, завідувач кафедри опору матеріалів КНУБА Кошевий Олександр Петрович
Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Кошевий Олександр Петрович
Робочий тел.: +38(044)-241-54-21
Мобільний тел.: +38(050) 441-52-30
E-mail: kosheviy.op@knuba.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7796-0443>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): аспірант кафедри опору матеріалів КНУБА Рубінський Олексій Іванович
Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Рубінський Олексій Іванович
Робочий тел.: +38(044)-241-54-21
E-mail: rubinskyi_oi-2023@knuba.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-7706-5199>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): асистент кафедри опору матеріалів КНУБА Чубарев Антон Глібович
Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Чубарев Антон Глібович
Робочий тел.: +38(044)-241-54-21
E-mail: chubarev_ah@knuba.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6620-639X>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): доцент кафедри опору матеріалів КНУБА Янсонс Марина Оскарівна.
Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Янсонс Марина Оскарівна.
Робочий тел.: +38(044)-241-54-21
E-mail: iansons.mo@knuba.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6174-0403>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): асистент кафедри опору матеріалів КНУБА Марчук Олександр Сергійович.
Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Марчук Олександр Сергійович.
Робочий тел.: +38(044)-241-54-21
E-mail: marchuk.os@knuba.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2497-1405>