

УДК 539.3

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ НА ШЛЯХОПРОВІД ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ РЕКОНСТРУКЦІЇ

О.П. Кошевий,

канд. техн. наук, доцент

В.О. Кошева,

канд. техн. наук, доцент

А.Г. Чубарев**М.О. Янсонс****О.С. Марчук**

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, м. Київ, Україна, проспект Повітряних сил, 31*

DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.161-169

Проведено чисельне моделювання температурних впливів на залізобетонний шляхопровід № 11а ПАТ «МК «Азовсталь» у м. Маріуполь для оцінки технічного стану будівельних конструкцій, виявлення можливих дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність споруди, вантажопідйомність та залишковий ресурс, поряд з інженерними обстеженнями інструментальними методами, для розробки проекту капітального ремонту шляхопроводу. Створена комплексна методика дослідження напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості конструкцій та розроблений розрахунковий програмний комплекс на основі напіваналітичного модифіковано методу прямих, що працює поряд з програмними розрахунковими комплексами LIRA, SCAD та дає можливість отримання точних і об'єктивних результатів. По результатам дослідження прийнята концепція реконструкції шляхопроводу на основі створених просторових комп'ютерних моделей та розроблений проект капітального ремонту шляхопроводу.

Ключові слова: чисельне моделювання, температурні впливи, оцінка технічного стану, залишковий ресурс, інструментальні обстеження, напіваналітичний модифікований метод прямих, розрахунковий програмний комплекс, BIM технології, просторові комп'ютерні моделі.

При розробці проектів сучасних будівель та споруд для забезпечення оптимальної матеріалоемності, із збереженням або відновленням несучої здатності конструкцій, необхідно використовувати сучасні методи обстеження стану об'єкту, не стандартні підходи в проектуванні, що використовують новітні методи на основі BIM технологій, та сучасні розрахункові програмні комплекси для чисельного моделювання стану та створення просторових моделей будівель. 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 BIM технологій, спрямованої на вирішення важливої соціально-економічної та наукової проблеми, що пов'язана з питаннями будівництва нових, реконструкції та відновлення існуючих будівель і споруд, є актуальною проблемою прикладної механіки. Результати досліджень дають змогу визначити стан руйнувань та пошкоджень конструкцій, оцінити можливість подальшого відновлення та експлуатації, дослідити міцність і жорсткість та створити комплексну просторову модель подальшого відновлення і реконструкції будівлі [1, 2, 3].

В статті розглядається чисельне моделювання температурних впливів на залізобетонний шляхопровід № 11а ПАТ «МК «Азовсталь» у м. Маріуполь на основі його обстеження та створення комплексної просторової моделі реконструкції з використанням BIM технологій. Обстеження було проведено інструментальними методами для оцінки технічного стану будівельних конструкцій шляхопроводу, визначення пошкоджень та дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність споруди, її фактичну вантажопідйомність і залишковий ресурс, та розробки рекомендацій по можливій експлуатації, необхідності реконструкції та

капітального ремонту шляхопроводу [4, 5, 6]. Загальний вигляд стану шляхопроводу представлений на рис. 1, стан несучих конструкцій на рис. 2.



Рис. 1. Загальний вигляд стану шляхопроводу на період обстеження [4]

Аналіз результатів обстеження показує, що найбільші передчасні руйнування будівельних конструкцій шляхопроводу виявлені в місцях проходів під ним залізничної колії, по якій транспортуються відходи металургійного виробництва на звалище з температурою до 1100°C , тому виникає необхідність чисельного моделювання температурних впливів на конструкції шляхопроводу в місцях перетину з залізничною колією рис. 3. Для створення чисельних моделей аналізу 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 [7, 8].



Рис. 2. Стан несучих конструкцій шляхопроводу на перетині з залізницею на період обстеження [4]

Методику чисельного моделювання температурних впливів реалізовано у вигляді програмного комплексу, що дає можливість поряд з формуванням комплексного навантаження від всіх зовнішніх впливів досліджувати напружено-деформований стан конструкцій за допомогою модифікованого методу прямих при всіх можливих комбінаціях цих навантажень. Робота програмного комплексу розділена на три етапи. На першому етапі формуються вихідні дані у вигляді розрахункової моделі конструкції модифікованим методом прямих, та вирішуються задачі по визначенню навантажень (температурних, силових, кінематичних,

електричних і т.д.), на основі яких формується комплексне навантаження на розрахункову модель конструкції. На другому етапі досліджується напружено-деформований стан конструкції модифікованим методом прямих від комплексної дії на нього статичних та динамічних навантажень при різних умовах закріплення моделі, та використовує ВІМ технології для прийняття оптимальних рішень при проектуванні та конструюванні елементів конструкції чи машин. Результати розрахунків візуалізуються за допомогою програмних модулів MS EXEL у вигляді діаграм, графіків, ізоліній, які будуються на основі розрахунків проведених на перших двох етапах. На третьому етапі створюється просторова комп'ютерна модель всієї споруди на основі ВІМ технологій, яка навантажується комплексним навантаженням з попередніх етапів, та автоматично передається для розрахунку в програмні комплекси LIRA, SCAD в яких проводиться чисельне моделювання просторової моделі споруди та розробляється проект будівництва та реконструкції [9, 10, 13, 14].

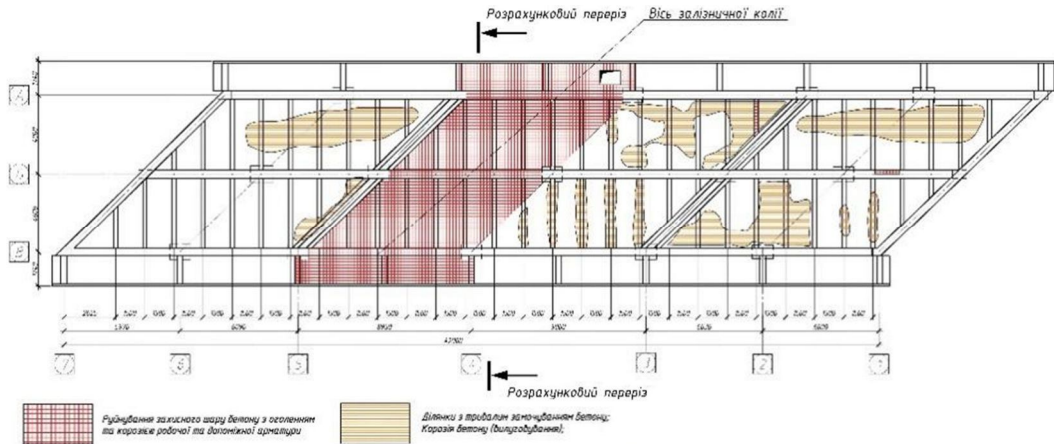


Рис. 3. План шляхопроводу з місцями найбільших руйнувань конструкції по результатам обстеження [4]

Для створення чисельної моделі шляхопроводу вибраний найбільш невідгідний переріз в місці проходження під ним залізничної колії, що призначена для транспортування відходів металургійного виробництва (шламу) до місць складування при температурі до 1100°C. Моделювання температурного впливу на конструкції шляхопроводу проводилось за допомогою програмного комплексу, що розроблений авторами на основі використання модифікованого методу прямих [13, 14]. Температурні впливи на конструкції шляхопроводу визначались за рахунок вирішення нестационарної задачі термопружності при дії температури на конструкції в межах від 1 до 20 хвилин (час проходження потягу з відходами металургійного виробництва), а також в стаціонарній постановці при постійній дії температури (час коли потяг зупинився під шляхопроводом). Розрахункова схема створена на основі обмірних креслень шляхопроводу рис. 4.

Розрахункова модель

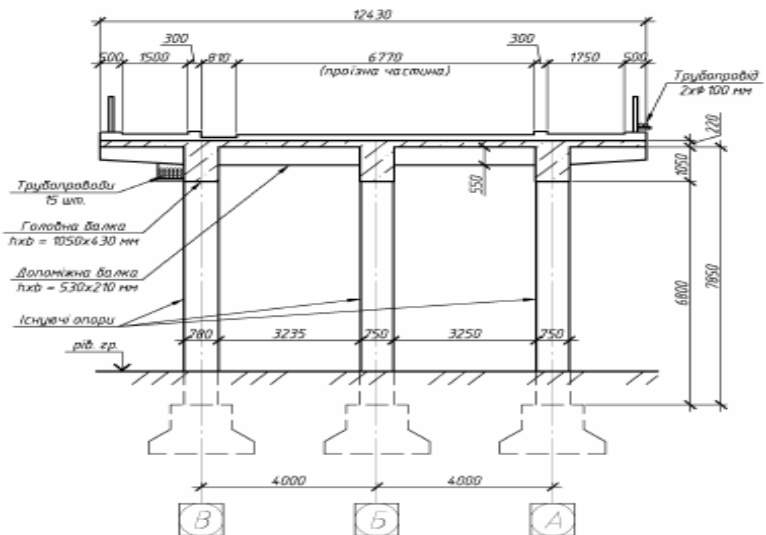


Рис. 4. Розріз шляхопроводу по результатам обмірів [4]

створена для верхньої частини шляхопроводу з несучими балками та плитою проїзної частини, що оперта на несучі колони рис. 5 в програмному комплексі для моделювання температурних впливів [9, 10, 13, 14].

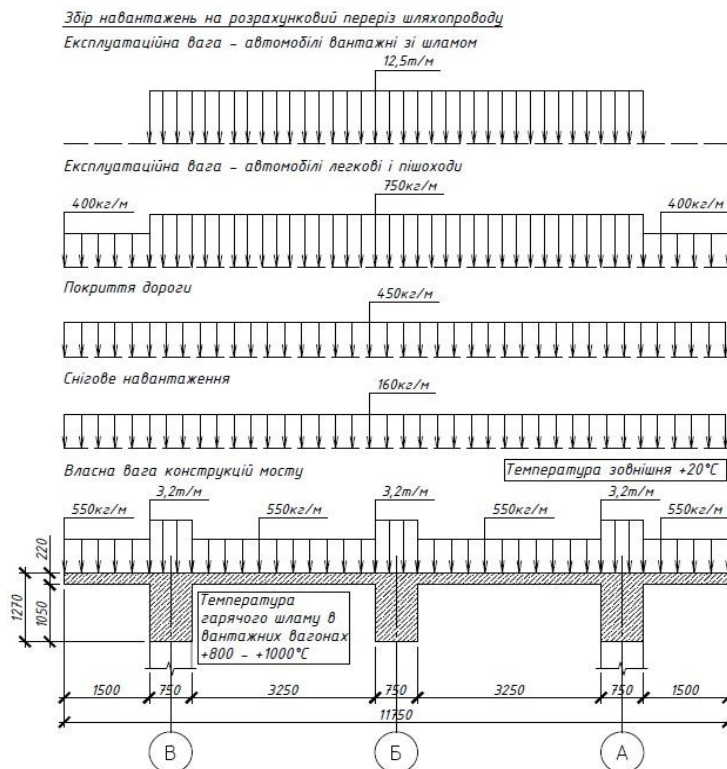


Рис. 5. Розрахунковий переріз шляхопроводу з навантаженнями

Для моделювання навантажень використовувались дані з технічного завдання проекту реконструкції шляхопроводу: температурні навантаження, навантаження від дорожнього покриття і власної ваги конструкцій, від вантажного транспорту, що рухається по шляхопроводу. В найбільш навантаженому перерізі при найгіршій комбінації навантажень важливу роль зіграло саме температурне навантаження, тому і передчасне руйнування конструкцій шляхопроводу виникає за рахунок дії температурних навантажень, в місцях де воно прикладено, що підтверджено результатами інструментального обстеження шляхопроводу.

В результаті моделювання температурних впливів на конструкції шляхопроводу були отримані найбільш невідгідні варіанти розподілення температурних навантажень, при стаціонарному та нестаціонарному їх формуванні, що при комплексному врахуванні всіх зовнішніх навантажень на шляхопровід може призвести до втрати міцності та жорсткості, як окремих несучих конструкцій, так і до загальної втрати несучої спроможності шляхопроводу. На рис. 6 показані ізолінії полів розподілення температурного навантаження в найбільш невідгідній комбінації.

На рис. 7 представлена деформована схема шляхопроводу від дії найбільш невідгідної комбінації зовнішніх навантажень та температурних впливів. На рис. 8, рис. 9, рис. 10, рис. 11, рис. 12 представлені ізолінії відповідно нормальних напружень σ_{xx} , нормальних напружень σ_{yy} та дотичних напружень τ_{xy} , переміщення U_x та переміщення U_z , що виникають в перерізі шляхопроводу від дії найбільш невідгідної комбінації зовнішніх навантажень та температурних впливів.

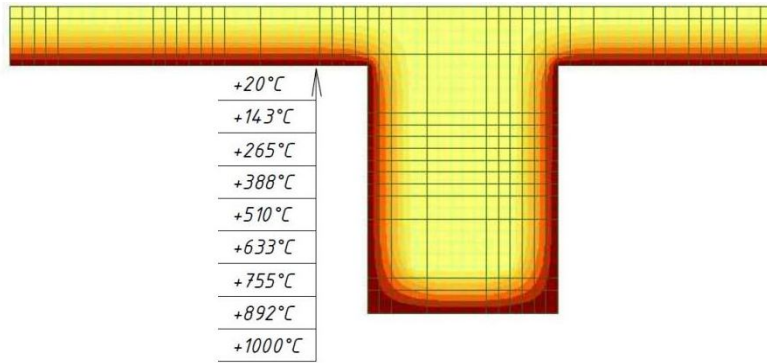


Рис. 6. Ізолії температурних полів в фрагменті розрізу шляхопроводу



Рис. 7. Умовна деформована схема шляхопроводу

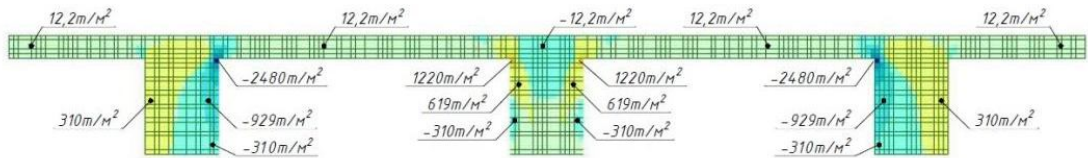


Рис. 8. Ізолії нормальних напружень σ_{xx}

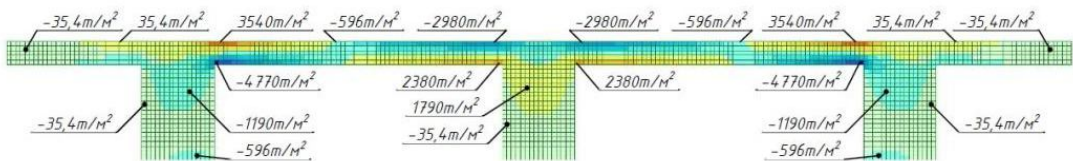


Рис. 9. Ізолії нормальних напружень σ_{yy}

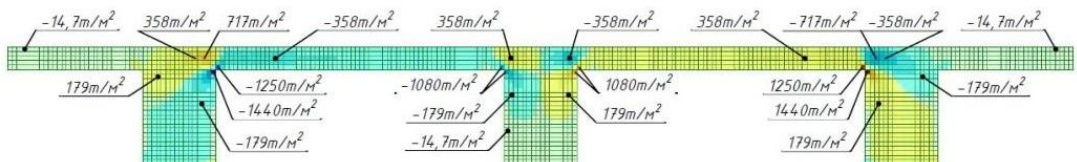


Рис. 10. Ізолії дотичних напружень τ_{xy}

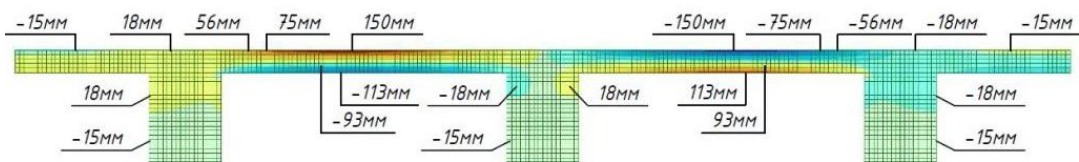
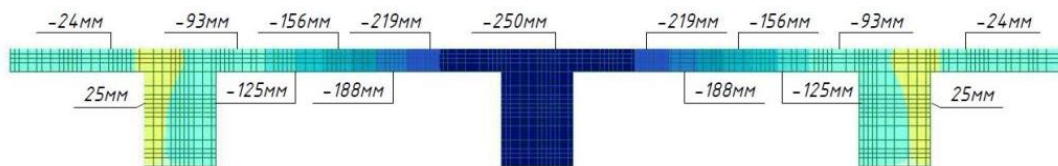


Рис. 11. Переміщення по горизонтальній осі U_x

Рис. 12. Переміщення по вертикальній осі U_z

Висновки. Аналіз результатів чисельного моделювання температурних впливів на конструкцію шляхопроводу за допомогою програмного комплексу , що використовує напіваналітичний модифікований метод прямих та дає можливість визначення напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості конструкцій і зробити висновки про загальний стан споруди в цілому, поряд з інженерними обстеженнями стану споруди експериментальними методами.

Виявлені найбільш невідгідні місця концентрації цих впливів на конструкції шляхопроводу, що привело до передчасного руйнування зовнішньої поверхні конструкцій, 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 шляхопроводу експериментальними методами [4, 5, 6].

По результатам чисельного моделювання та інженерного обстеження стану шляхопроводу була створена просторова комп'ютерна модель та прийняті рішення по подальшій реконструкції шляхопроводу авторами запропоновано декілька варіантів, на основі створеної просторової моделі шляхопроводу, для вибору оптимального варіанту проекту. Була прийнята концепція реконструкції без знесення існуючого шляхопроводу, т.я. залізнична гілка, що проходить під шляхопроводом постійно експлуатується і не може бути зупинена на час руйнування конструкції шляхопроводу по технологічним умовам виробництва. На рис. 13 - просторова комп'ютерна модель реконструкції шляхопроводу [11, 12].

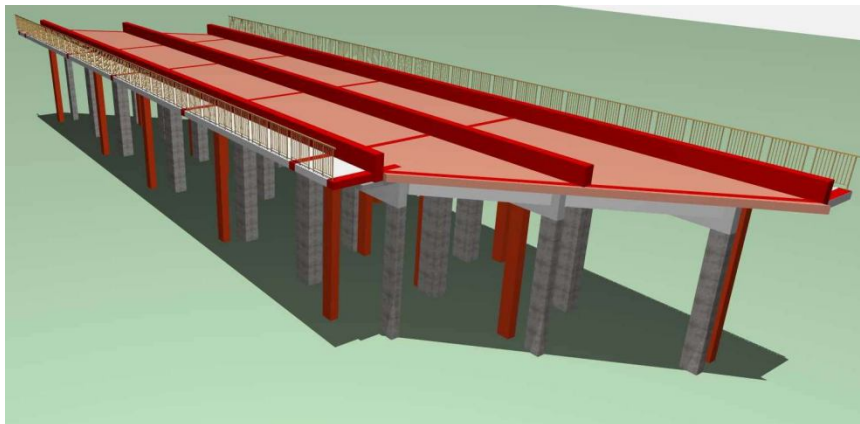


Рис. 13. Просторова модель реконструкції шляхопроводу [11, 12]

Передбачається, що конструкція існуючого шляхопроводу в процесі реконструкції буде використана як основа для створення нової монолітної залізобетонної конструкції шляхопроводу і в подальшому буде експлуатуватись разом з новим шляхопроводом. Прийнятий до розгляду варіант конструкції нового шляхопроводу буде спроектований повністю не залежним від конструкції існуючого, але в процесі його зведення конструкція існуючого шляхопроводу використовується в якості підтримуючої опалубки для створення нового шляхопроводу. Можливість такого рішення підтверджена розрахунками створеної просторової моделі шляхопроводу з використанням результатів чисельного моделювання температурних впливів на конструкцію шляхопроводу за допомогою програмних комплексів LIRA та SCAD [11, 12].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. 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.
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. Звіт з обстеження та оцінки технічного стану будівельних конструкцій шляхопроводу №11а ЧАО «АЗОВСТАЛЬ» РХО ХЦ // НДІ «Укреспартпроект» - м. Запоріжжя- 2016 р. – 83 с.
5. ДБН В.1.2-15: 2009 / Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи.
6. ДБН В.2.3-6: 2009 / Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування.
7. 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.
8. 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.
9. Кошевий О.П., Левківський Д.В., Чубарев А.Г., Янсонс М.О. Модифікований метод прямих в статичних задачах віссиметричних нетонких пластин / Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”. - Issue 109. – Kyiv: KNUCA, 2022. – С. 342-358.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Чубарев А.Г. Про застосування модифікованого методу прямих в задачах термопружності нетонких пластин // Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 80, К.:КНУБА, 2022р. – С. 486-498.
14. 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.

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. {in English}.
2. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Trobyuk O.M. Systemno hrafichno-interpretovani modeli stvorennia enerhoefektyvnykh budivel (System graphically interpreted models of creating energy-efficient buildings) //N.t. zbirnyk “Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika”. Vypusk 100. Vidpovidalnyy redaktor Vanin V. V. – Kyiv: KNUBA, 2021. – 230 s. 172-181 p. {in Ukrainian}
3. Ploskiy V.O. Funktsionalnist hrafiky yak metodolohichna osnova hrafichnykh tekhnolohiy (Functionality of graphics as a methodological basis of graphic technologies) // Prykladnaheometriya ta inzhenernahrafika. Vol. 92. Kyiv: KNUBA, 2016. p.93-99. {in Ukrainian}
4. Zvit z obstezhennya ta otsinkytekhnichnohoostanubudivelnnykh konstruksiy shlyakhoprovodu (Report on the inspection and evaluation of the technical condition of the construction builder of the overpass) №11а ЧАО «АЗОВСТАЛ» РКХО КНТС // НДІ «Укреспартпроект» - м. Запоріжжя- 2016. – 83 с. {in Ukrainian}
5. DBN V.1.2-15: 2009 / Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennya I vplyvy (Transport structures. Bridges and pipes. Loads and influences). {in Ukrainian}
6. DBN V.2.3-6: 2009 / Sporudytransportu. Mosty ta truby. Obstezhennya ta vyprobuvannya (Transport structures. Bridges and pipes. Surveys and tests). {in Ukrainian}
7. Chybyryakov 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, mozhlvosti ta perspektyvy (The modified straight line method, its application algorithm, possibilities and prospects) // Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 70. – Kyiv, KNUBA, 2019. – p. 595-616. {in Ukrainian}
8. V.K. Chybyryakov, A.M. Stankevych, O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskiy, A.O. Krasneyeva, D.V. Poshyvach, A.H. Chubarev, O.A. Shorin, M.O. Iansons, Yu.V. Sovych. Chyselna realizatsiya modyfikovanoho metodu pryamykh (Numerical implementation of the modified method of straight lines) // Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 74. – Kyiv, KNUBA, 2020. – p. 341-359. {in Ukrainian}
9. Koshevyi O.P., Levkivskiy 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}
10. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskiy, 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 terytorialne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 82. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 185-197. {in Ukrainian}
 11. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskiy, 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 terytorialne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 83. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 143-155. {in Ukrainian}
 12. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskiy, V.O. Kosheva, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk. Chyselne modelyuvannya prostоровoyi modeli shlyakhoprovodu dlya otsinky mitznosti 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 terytorialne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 84. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 171-180. {in Ukrainian}
 13. Chubarev A.H. Pro zastosuvannya modyfikovanoho metoda pryamykh v zadachakh termoprzhnosti netonkykh plastyn (The application of the modified method of direct lines in problems of thermoelasticity of non-thin plates) // N. t. zbirnyk «Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya», vol. 80, K.:KNUBA, 2022. – p.486-498. {in Ukrainian}
 14. Iansons M.O. Zastosuvannya uzahalnenoho metodu pryamykh dlya doslidzhennya dynamichnoho napruzhenodeformovanoho stanu kiltsevykh 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, Kamyanske 2021. {in Ukrainian}

Стаття надійшла 20.03.2024

Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Chubarev A.G., Yansons M.O., Marchuk O.S.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ НА ШЛЯХОПРОВІД ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Проведено чисельне моделювання температурних впливів на залізобетонний шляхопровід № 11а ПАТ «МК «Азовсталь» у м. Маріуполь для оцінки технічного стану будівельних конструкцій, виявлення можливих дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність споруди, вантажопідйомність та залишковий ресурс, поряд з інженерними обстеженнями інструментальними методами, для розробки проекту капітального ремонту шляхопроводу. Створена комплексна методика дослідження напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості конструкцій та розроблений розрахунковий програмний комплекс на основі напіваналітичного модифікованого методу прямих, що працює поряд з програмними розрахунковими комплексами LIRA, SCAD та дає можливість отримання точних і об'єктивних результатів. По результатам дослідження прийнята концепція реконструкції шляхопроводу на основі створених просторових комп'ютерних моделей та розроблений проект капітального ремонту шляхопроводу.

Ключові слова: чисельне моделювання, температурні впливи, оцінка технічного стану, залишковий ресурс, інструментальні обстеження, напіваналітичний модифікований метод прямих, розрахунковий програмний комплекс, BIM технології, просторові комп'ютерні моделі.

Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Chubarev A.H., Yansons M.O., Marchuk O.S.

NUMERICAL MODELLING OF TEMPERATURE EFFECTS ON THE OVERPASS TO CREATE A SPATIAL COMPUTER MODEL OF RECONSTRUCTION

Numerical modelling of temperature effects on the reinforced concrete overpass No. 11a of PJSC "Azovstal Iron and Steel Works" in Mariupol was carried out to assess the technical condition of building structures, identify possible defects affecting the strength and bearing capacity of the structure, load capacity and residual life, along with engineering surveys using instrumental methods, to develop a project for the overpass overhaul. A comprehensive methodology for studying the stress-strain state, strength and stiffness of structures was created and a calculations of tware package based on the semi-analytical modified straight line method was developed, which works along side the LIRA and SCAD calculations of tware packages and provides accurate and objective results. Based on the results of the study, the concept of the overpass reconstruction was adopted on the basis of the created spatial computer models and a project for the overpass overhaul was developed.

Keywords: numerical modelling, temperature effects, assessment of technical condition, residual life, instrumental surveys, semi-analytical modified direct method, calculations of tware package, BIM technologies, spatial computer models.

УДК 539.3

Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Chubarev A.G., Yansons M.O., Marchuk O.S. **Чисельне моделювання температурних впливів на шляхопровід для створення просторової комп'ютерної моделі реконструкції** // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2024. – Вип. 112. – С. 161-169. Іл. 13. Бібліогр. 14 назв.

UDC 539.3

Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Chubarev A.H., Yansons M.O., Marchuk O.S. **Numerical modelling of temperature effects on the overpass to create a spatial computer model of reconstruction** // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2024. – Issue 112. – P. 161-169. Fig. 13. Ref. 14.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): канд технічних наук, доцент, завідувач кафедри опору матеріалів КНУБА КОШЕВИЙ Олександр Петрович.

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Кошевий Олександр Петрович.

Робочий тел.: +38(044)-241-54-21

Мобільний тел.: +38(050) 441-52-30

E-mail: koshevyi.op@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7796-0443>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектурних конструкцій КНУБА КОШЕВА Вікторія Олександрівна.

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра архітектурних конструкцій, Кошева Вікторія Олександрівна.

Мобільний тел.: +38(063) 277-96-76

E-mail: kosheva.vo@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6178-8837>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): асистент кафедри опору матеріалів КНУБА ЧУБАРЕВ Антон Глібович.

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Чубарев Антон Глібович.

Робочий тел.: +38(044)-241-54-21

Мобільний тел.: +38(096) 453-33-38

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, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Янсонс Марина Оскарівна.

Робочий тел.: +38(044)-241-54-21

Мобільний тел.: +38(098) 550-81-87

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, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра опору матеріалів, Марчук Олександр Сергійович.

Робочий тел.: +38(044)-241-54-21

Мобільний тел.: +38(063) 594-81-19

E-mail: marchuk.os@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2497-1405>