

УДК 69.059.4

М.В. Нінічук

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6018-5615>

Кафедра архітектури та дизайну

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

С. В. Ротко*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1860-7890>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

Р.В. Пасічник

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-1269>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

І.О. Парфентьєва

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6116-4509>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

Іванюк А.М.

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2314-4061>

Кафедра промислового, цивільного будівництва ім. Є.М. Бабича

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна, 33000

*автор-кореспондент, e-mail: svitlanarotko61@gmail.com

Технічне обстеження і визначення несучої здатності монолітних колон і шинних балок фундаментів картонноробної машини Гатра картонно-паперового цеху

Цитувати як:

Нінічук, М.В., Ротко, С.В., Пасічник, Р.В., Парфентьєва, І.О., Іванюк, А.М. (2025). Технічне обстеження і визначення несучої здатності монолітних колон і шинних балок фундаментів картонноробної машини картонно-паперового цеху. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 235-243. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-19](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-19)

© 2025, Нінічук М.В., Ротко С.В., Пасічник Р.В., Парфентьєва І.О., Іванюк А.М.

У статті представлено результати комплексного технічного обстеження монолітних залізобетонних колон і шинних балок фундаментів картонноробної машини Гатра, розташованих у прольотах 23–27 картонно-паперового цеху Луцької картонно-паперової фабрики. Метою дослідження було визначення фактичного технічного стану несучих елементів, їхньої несучої здатності та можливості подальшої експлуатації конструкцій за умов модернізації технологічної лінії та збільшення навантаження.

Обстеження виконано відповідно до вимог ДСТУ 9273:2024 із застосуванням неруйнівних методів контролю згідно з ДСТУ Б В.2.7-220:2009. У роботі подано результати інструментальних випробувань, зокрема визначення міцності бетону приладом Beton Pro CONDTRON, перевірки армування за

допомогою приладу «Поиск-М», фіксації дефектів захисного шару та стану арматури. На підставі натурних даних виконано розрахунок несучої здатності конструкції у ПК SCAD методом скінченних елементів.

Дослідження показало, що хоча монолітні колони перебувають у задовільному технічному стані та мають запас міцності до 30%, шинні балки містять значні дефекти: локальне руйнування захисного шару, корозію арматури та зниження розрахункової несучої здатності до 13,3 т/м при проектному навантаженні 24,8 т/м. За результатами експертизи конструкції балки класифіковано як обмежено працездатні (категорія III), що потребують підсилення для забезпечення безпечної експлуатації та можливості подальшої модернізації виробничого обладнання.

Робота містить висновки щодо технічного стану конструкцій, рекомендації з необхідності підсилення фундаментної рами та пропозиції щодо подальшої реконструкції згідно з чинними нормативами будівельної галузі.

Ключові слова: технічне обстеження, неруйнівний контроль, залізобетонна колона, шинна балка, навантаження, моделювання, метод скінченних елементів, несуча здатність, експертиза

Ключові слова: технічна оцінка, неруйнівний контроль, залізобетонна колона, балка, навантаження, моделювання, метод скінченних елементів, несуча здатність

Вступ

Згідно з договором між науково-дослідною будівельною лабораторією при кафедрі будівництва та цивільної інженерії Луцького національного технічного університету та ТзОВ ЛКПФ було проведено обстеження та зроблено оцінку технічного стану елементів надземної частини фундаментів картонноробної машини Gampra в осях 23-27 картонно-паперового цеху.

У зв'язку з планами керівництва луцької картонно-паперової фабрики провести модернізацію виробництва замовником було поставлено задачу визначення несучої здатності елементів фундаментів.

Мета дослідження – визначення несучої здатності конструктивних елементів для встановлення можливості подальшої експлуатації цеху за модернізації об'єкта та додаткового навантаження від обладнання.

Завдання дослідження: проведення технічного обстеження конструктивних елементів фундаментів картонноробної машини, фіксація наявних дефектів і пошкоджень, інструментальне визначення фізико-механічних характеристик матеріалу (бетону) несучих елементів, визначення несучої здатності конструктивних елементів.

Методика дослідження. Методика проведення обстеження ґрунтується на основі ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану»

[1]. Випробування фізико-механічних властивостей будівельних конструкцій виконували неруйнівним методом згідно з ДСТУ Б В.2.7-220:2009 «Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю» [3].

Перед проведенням обстеження було опрацьовано надану замовником архівну проектну документацію, розроблену ДП «Діпробудматеріали» у 1967р. – робочі креслення марки КЖ конструкцій надземної та підземної частин фундаментів під картонноробну машину.

Об'єкт обстеження – фундаменти з монолітного залізобетону під картонноробну машину, що виконані у вигляді плоскої багатопрілітної рами в осях 23-27 (рис. 1) прольотами 6 м, висотою 4,1 м від відмітки підлоги. Січення колон запроєктовано 700 x 1000 мм, шинна балка – січенням 900 x 700 мм. Монолітні колони опираються на монолітну залізобетонну плиту товщиною 400 мм і з'єднані по низу в фундаменті по поздовжніх і поперечних осях балками висотою 1000 мм. Відмітка низу фундаментної плити становить -2,0 м. Просторова жорсткість забезпечена заробленням колон по низу та по верху в монолітні залізобетонні балки.

Експертизу залізобетонних елементів рами виконували за допомогою програмного забезпечення – ПК SCAD методом скінченних елементів.

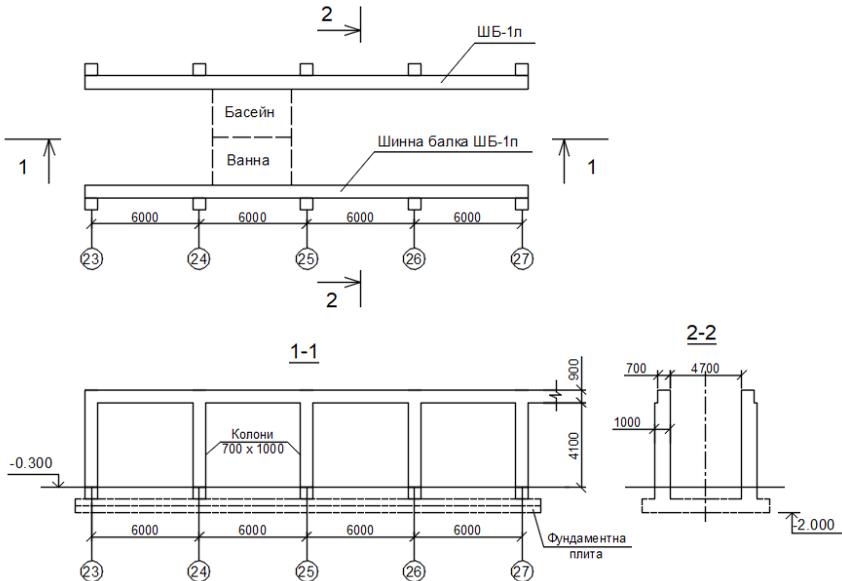


Рис. 1. Схема обстежуваної ділянки

Результати та обговорення

За результатами обмірів січення колон відповідають розмірам 700 x

1000 мм. Міцність бетону конструкцій рами визначалась методом неруйнівного контролю за допомогою приладу Beton Pro CONDROL і становить M150 (C8/10). Перевірка армування виконувалась неруйнівним методом за допомогою приладу Поиск-М. За результатами випробувань встановлено, що армування виконано стержнями $\varnothing 25$ мм. Товщина захисного шару в межах 30-40 мм. Тріщин та оголення арматури колон не виявлено. Технічний стан колон – задовільний (категорія II).

Шинна балка ШБ-1п є ригелем багатопролітної монолітної залізобетонної рами загальною довжиною 42 м. За результатами обмірів розміри січення балки відповідають проектним – 700 x 900 мм. Армування балки стержнями $\varnothing 25$ мм встановлено розкриттям захисного шару бетону з додатковою перевіркою за допомогою приладу Поиск-М. Обстеженням встановлено, що в досліджуваних місцях захисний шар бетону шинної балки отримав значні пошкодження у вигляді вилущування і відшарування, що призвело до корозії арматури. Ймовірною причиною є несприятливі умови експлуатації упродовж тривалого часу (див. рис. 2). Технічний стан шинної балки – обмежено робочий (категорія III).



Рис. 2. Фотофіксації з обстеження шинної балки

Для статичного розрахунку та експертизи залізобетонних елементів монолітної рами – шинної балки ШБ-1п і колон – використали ПК SCAD, який реалізує скінченно-елементне моделювання розрахункових схем, вибір невідгідних сполучень зусиль, підбір арматури та експертизу залізобетонних конструкцій. Розраховували нерозрізну раму в осях 23-30.

Розрахунок вели за ДБН В.2.6-98:2009 на три завантаження (згідно з проектною документацією, арк. КЖ-101):

- 1 – технологічне навантаження – $q=16,5$ т/пм;
 - 2 – корисне навантаження на перекриття на відм. +4.800 $p=6,57$ т/пм;
 - 3 – власна вага елементів рами
- та на дві комбінації навантажень:
- 1 – L1+L2;
 - 2 – L1+L2+L3.

Саме за другою комбінацією виконували експертизу усіх елементів, оскільки діючі навантаження мають постійну чи довготривалу дію.

За наявною робочою документацією при зведенні фундаментів для елементів рами було використано бетон М200 (С12/15) та арматуру діаметрами 25 і 22 мм класу А-ІІ (А300С).

Згідно з проведеними обстеженнями внаслідок впливу несприятливих факторів за час тривалої експлуатації будівлі (55 років) бетон несучих конструкцій для експертизи було прийнято М150 (С8/10).

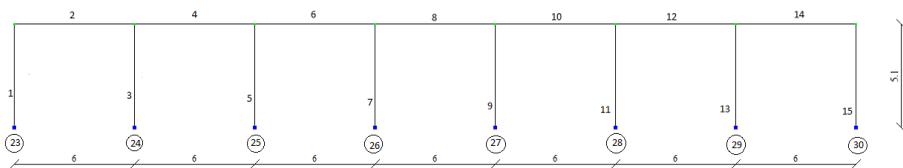


Рис. 3. Розрахункова схема рами з нумерацією елементів

Висновки

За результатами проведеного технічного обстеження залізобетонних монолітних колон і шинних балок фундаменту сіткової частини картонноробної машини Fаmра картонно-паперового цеху в осях 23-30 встановлено таке.

Фундамент під картонноробну машину виконаний у вигляді монолітної залізобетонної рами. Згідно з проведеним дослідженням приладом неруйнівного контролю Beton Pro CONDTR0L міцність на стиск бетону рами відповідає М150 (С8/10). Армвання конструкцій колон і балок встановлювалось вибірково методом розкриття, крім того, перевірка наявності стержнів виконувалась придалом Поиск-М. На деяких ділянках зафіксовано карбонізацію бетону. Порушення захисного шару призвело до корозії арматури.

За час тривалої експлуатації конструкції отримали низку дефектів і пошкоджень. Шинні балки ШБ-1л, ШБ-1п знаходяться у критичному стані за рахунок зменшення міцності бетону та корозії арматури та потребують

ремонту. Технічний стан конструкцій балок – обмежено працездатний, непридатний до нормальної експлуатації (категорія III).

Захисний шар бетону колон задовільний. Тріщин, сколів немає. За результатами проведеного розрахунку визначено, що колони фундаментної рами працюють зі значним запасом міцності – до 30%. Технічний стан колон – задовільний (категорія II).

Проведений розрахунок несучої здатності обстежених конструкцій рами фундаментів за першою групою граничних станів згідно з чинними нормами. Експертизою ЗБЕ встановлено, що на теперішній час внаслідок зниження міцності бетону через довготривалу експлуатацію у неналежних умовах за проектних навантажень монолітна рама потребує підсилення усіх опорних перерізів нерозрізної семипролітної шинної балки ШБ-1п для забезпечення подальшої безпечної роботи. Несуча здатність шинної балки (за умови виконання усіх перевірок за ДБН) становить 13,3 т/м. Будь-яке збільшення навантаження понад визначене є неприйнятним.

Для подальшої безпечної експлуатації шинних балок необхідно виконати їх підсилення на опорних ділянках композитними або сталевими елементами за розробленим проектом, відновлення захисного шару та антикорозійний захист арматури та встановити постійний моніторинг технічного стану. Для безпечної та надійної експлуатації даного цеху в майбутньому доцільно розробити проект реконструкції відповідно до чинних нормативів.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dla vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichnyi opir ta stiiikist.
2. DBN V.1.2-14:2018. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud.
3. DSTU B V.2.7-220:2009. Budivelni materialy. Betony. Vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruinivnoho kontroliu.
4. DSTU B V.2.7-224:2009. Betony. Pravyla kontroliu mitsnosti.
5. DSTU B V.2.7-226:2009 Budivelni materialy. Betony. Ultrazvukovyi metod vyznachennia mitsnosti.
6. Rotko S.V., Uzhehova O.A., Pasichnyk R.V., Hontar V.O. (2022). Tekhnichne obstezhennia konstruksii tekhpiddillia adminbudivli v m. Lutsku. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi, 17, 120-130. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-7\(17\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-7(17)-16)
7. Rotko S.V., Parfentieva I.O., Pasichnyk R.V., Uzhehova O.A., Chapiuk O.S. (2023). Perevirka mitsnosti stin ta osnov ukryttia dla rozrobky planu rekonstruksii holovnoho korpusu Volynskoi oblasnoi dytiachoi klinichnoi likarni. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi, 19, 162-170. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9\(19\)-19](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-19)
9. Naukovo-doslidna budivelna laboratoriiia. <https://lntu.edu.ua/uk/naukovo-doslidna-budivelna-laboratoriya>
10. Intehrovana systema mitsnisnoho analizu ta proiektuvannia konstruksii Structure CAD Office. URL: <https://scadsoft.com/ua/>
11. SCAD – obchysliuvalnyi kompleks dla mitsnisnoho analizu konstruksii metodom skinchennykh elementiv (MSE). URL: <https://scadsoft.com/ua/products/scad/>

Література

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
4. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності.
5. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності.
6. Ротко С.В., Ужегова О.А., Пасічник Р.В., Гонтар В.О. (2022). Технічне обстеження конструкцій техпідпілля адмінбудівлі у м. Луцьку. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 17, 120-130. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-7\(17\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-7(17)-16)

7. Ротко С.В., Парфентьева І.О., Пасічник Р.В., Ужегова О.А., Чапюк О.С. (2023). Перевірка міцності стін та основ укриття для розробки плану реконструкції головного корпусу Волинської обласної дитячої клінічної лікарні. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 19, 162-170. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9\(19\)-19](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-19)

9. Науково-дослідна будівельна лабораторія. <https://lntu.edu.ua/uk/naukovo-doslidna-budivelna-laboratoriya>

10. Інтегрована система міцнісного аналізу та проектування конструкцій Structure CAD Office. <https://scadsoft.com/ua/>

11. SCAD – обчислювальний комплекс для міцнісного аналізу конструкцій методом скінченних елементів (МСЕ). <https://scadsoft.com/ua/products/scad/>.

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 10.11.2025	Received 10.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 12.11.2025	Received in revised form 12.11.2025
Прийнято 25.11.2025	Accepted 25.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

M.V. Ninichuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6018-5615>
Department of Architecture and Design
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

S. V. Rotko*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1860-7890>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

R.V. Pasichnyk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-1269>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

I.O. Parfentjeva

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6116-4509>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

Ivaniuk A.M.

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2314-4061>
Department of Industrial and Civil Engineering named after E.M. Babych
National University of Water and Environmental Engineering, Soborna St., 11, Rivne, Ukraine, 33000

*corresponding author, e-mail: svitlanarotko61@gmail.com

Technical inspection and determination of the bearing capacity of monolithic columns and busbar beams of the foundations of the Fampa cardboard machine of the cardboard and paper shop

How to Cite:

Ninichuk, M.V., Rotko, S.V., Pasichnyk, R.V., Parfenteva, I.O., Ivaniuk, A.M. (2025). Technical inspection and determination of the bearing capacity of monolithic columns and busbar beams of the foundations of the cardboard-making machine of the cardboard-paper shop. Modern technologies and calculation methods in construction, 24, 235-243. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-19](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-19)

Abstract. The article presents the results of a comprehensive technical assessment of monolithic reinforced concrete columns and strip (tire) beams forming the foundation system of the Fampa cardboard machine located in spans 23–27 of the cardboard and paper shop at the Lutsk Cardboard and Paper Mill. The aim of the study was to determine the actual technical condition, residual load-bearing capacity, and feasibility of further safe operation of the structural elements in the context of technological modernization and potential increases in operational loads.

The inspection was performed in compliance with DSTU 9273:2024 and using nondestructive testing methods in accordance with DSTU B V.2.7-220:2009. The methodology included in-situ concrete strength evaluation with a Beton Pro CONDROL device, reinforcement mapping using “Poisk-M,” assessment of protective layer condition, and detection of corrosion-related defects. Based on the collected field data, numerical analysis of load-bearing capacity was carried out in SCAD++ using the finite element method.

The results show that the monolithic reinforced concrete columns remain in satisfactory condition with an estimated reserve strength of up to 30%. In contrast, the strip beams exhibit significant deterioration: partial loss of concrete cover, advanced reinforcement corrosion, and a reduced load-bearing capacity of 13.3 t/m compared with the design load of 24.8 t/m. According to the regulatory classification of structural performance, the beams were rated as limited-serviceable (Category III), indicating the need for strengthening to ensure safe operation and accommodate further modernization of production equipment.

The study concludes with recommendations for structural strengthening of the foundation frame, enhancement of durability, and the need for staged reconstruction measures in accordance with current Ukrainian building regulations.

Keywords: technical assessment, nondestructive testing, reinforced concrete column, beam, loading, modeling, finite elements method, bearing capacity, expertise.