

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В МЕЖАХ ПОКРИТТЯ БУДІВЛІ НЕЖИТЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Наведено методика досліджень технічного стану будівельних конструкцій, які отримали пошкодження внаслідок силових і температурних (кліматичних) впливів внаслідок перепаду температур довкілля.

Будівля нежитлового призначення являє собою окремо розташовану чотириповерхову споруду прямокутної форми в плані. Будівлю було запроєктовано, як виробничий корпус машинобудівного заводу.

У конструктивному відношенні будівля являє собою рамну систему зі збірних залізобетонних конструкцій за серією ИИ-20.

Метою роботи було обстеження несучих будівельних конструкцій стін і покрівлі будівлі, в яких під час експлуатації виникли тріщини в місцях примикання сталевих конструкцій до цегляних стін і в цегляних стінах в рівні покриття, а також визначено їхній технічний стан.

Для вирішення поставленої задачі було проведено комплекс робіт, який включав аналіз наявної проєктної, виконавчої та експлуатаційної документації, попередній огляд об'єкта обстеження, візуальне обстеження будівельних конструкцій будівлі, інструментальне обстеження будівельних конструкцій (вимірювання геометричних параметрів будівлі та конструктивних елементів), аналіз результатів візуального й інструментального обстеження вище визначених будівельних конструкцій, виконання перевірочних розрахунків, підготування висновку про технічний стан будівельних конструкцій покриття будівлі та можливість подальшої експлуатації, а також було розроблено технічну документацію на посилення конструкцій.

Розрахунки конструкцій покриття виконані за допомогою сучасного обчислювального комплексу ЛІРА, в тому числі на рівномірне нагрівання металу на температуру 40 °С. За результатами розрахунків зроблено висновки і розроблено проєкт посилення конструкцій і рекомендації щодо подальшої експлуатації.

Ключові слова: сталеві конструкції, силові і температурні впливи, несуча здатність, технічний стан, посилення конструкцій.

Вступ

Будівля нежитлового призначення являє собою окремо розташовану чотириповерхову споруду прямокутної форми в плані загальними розмірами в осях 65x12 м (рис. 1). Висота поверхів становить 4,8 м. Будівлю запроєктовано із збірних залізобетонних конструкцій, як виробничий корпус машинобудівного заводу.

В подальшому призначення будівлі було змінено – в будівлі було розміщено медичний центр «Добробут».

У конструктивному відношенні будівля являє собою рамну систему зі збірних залізобетонних конструкцій за серією ИИ-20. У поперечнику прийнято двохпролітну чотириповерхову раму.

Колони мають переріз 400x400 мм. Їх прийнято за серією ИИ-22, вип. 2 і індивідуальними в опалубці цієї серії.

Ригелі прийнято таврового перерізу з нижньою розширеною частиною (поличками знизу), які прийнято за серією ИИ-23, вип. 1. На полички ригелів опираються плити перекриттів. Плити перекриттів прийнято за серією ИИ-24, вип. 8, 9. Сполучення ригелів з колонами жорстке.

Вертикальні в'язі порталні з кутиків по серії ИИ-22, вип. 1.

Просторова жорсткість і стійкість конструкцій каркасу забезпечуються спільною роботою закладених у фундаменти колон, ригелів, горизонтальних дисків перекриттів і покриття, системою вертикальних в'язів, цегляними стінами сходових кліток.

Було розроблено і виконано в натурі проєкт сталевих конструкцій покриття. Покриття запроєктовано холодним, без утеплення.

в рівні покриття. Перші пошкодження в конструкціях було виявлено через два місяці після закінчення монтажу.

Основна частина

Обстеження конструкцій в зоні покриття будівлі було виконано протягом місяця після появи перших тріщин у відповідності з вимогами чинних нормативних документів і результатами раніше виконаних досліджень [1-9].

В ході обстеження було отримано наступні відомості, які необхідні для подальшого детального обстеження конструкцій:

- проєкт покриття будівлі був розроблений спеціалізованою проєктною організацією;
- будівля покриття являє собою просторову конструкцію, яка складається зі сталевих рам. Опорні частини колон сталевих рам закріплені до залізобетонних колон. Сталеві рами розкріплено в горизонтальній площині сталевими прогонами, які в районі сходових кліток обпираються зверху на стіни. З'єднання елементів сталевих конструкцій виконано шляхом зварювання елементів, що спричинило появу жорсткої сталеві просторової конструкції;
- будівництво розпочато у жовтні, коли середня температура повітря дорівнювала приблизно 0°C;
- будівництво продовжувалося до березня наступного року, тобто в зимовий період (зима була «м'якою», але в окремі тижні температура опускалась до мінус 10 °C);
- тривалість експлуатації будівлі до появи перших тріщин становила приблизно 2 місяці. Тріщини з шириною розкриття до 10 мм виникли в стінах сходових кліток в рівні покриття та 4 поверху і стінах машинного відділення ліфтів в місцях обпирання на стіни зверху сталевих прогонів. На рис. 2, 3 наведено вигляд характерних тріщин, які виникли в стінах вище залізобетонних плит покриття будівлі;
- конструкцію покриття запроєктовано з неопалованим горищем (холодною), без утеплення, що разом з відсутністю податливості в стиках елементів за рахунок зварювання могло спричинити появу тріщин в цегляних стінах при зміні температури зовнішнього середовища, оскільки вільне проковзування сталевих балок під час нагрівання було неможливим. Ця обставина розглядалась як найбільш імовірна, що спричинила появу тріщин по контакту «балка-верх стіни» і в стінах сходових кліток (появу тріщин було помічено в травні, коли температура зовнішнього середовища перевищила приблизно на 40 °C ту температуру, при якій велось будівництво);
- обстеження конструкцій будівлі нижче рівня покриття дозволило встановити, що тріщини в сходових клітках в межах 1-3 поверхів відсутні;
- місце знаходження тріщин – в стінах сходових кліток, які знаходяться в кінцевих зонах будівлі, тобто в тих зонах будівлі, де прояв температурних деформацій був найбільшим (від центра до країв);
- детальне обстеження сталевих конструкцій покриття дозволило встановити, що дефектів і пошкоджень несучі та огорожувальні конструкції покриття не мали.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів [1, 2] технічний стан несучих сталевих конструкцій покриття оцінюється як нормальний.

Відповідно до вимог, які викладено в чинних нормативних документах [1], технічний стан конструкцій будівлі взагалі (крім місць обпирання сталевих балок на стіни і стін сходових кліток в межах 4 поверху) оцінюється як нормальний, а стан стін в межах обпирання сталевих балок і стін сходових кліток в межах 4 поверху – як задовільний, оскільки за експлуатаційними якостями конструкції відповідають категорії «нормальний», але мають місце часткові відхилення від вимог проєкту, дефекти або пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції або частково порушити вимоги другої групи технічних станів, що в конкретних умовах експлуатації не обмежує використання об'єкта за прямим призначенням.

Розрахункову схему несучих конструкцій прийнято у вигляді просторової рами. Навантаження від вітрового тиску й власної ваги конструкцій прикладалось у вигляді рівномірно розподіленого навантаження по довжині ділянок, на які умовно розбивалася рама. Навантаження від ваги технологічного обладнання прикладалось у вигляді зосереджених сил у місцях встановлення обладнання. Крім того, виконано розрахунок конструкцій покриття на рівномірне нагрівання металу на температуру 40 °C.



Рисунок 2 – Похила тріщина в стіні в кутовій зоні машинного відділення



Рисунок 3 – Похила тріщина в кутовій зоні сходової клітки в осях 1-2

Отримані максимальні зусилля в елементах рами були використані для перевірочних розрахунків. Розрахунок рами виконано за допомогою ОК «ЛІРА». Зусилля в елементах рами не наведено,

оскільки вони виявилися значно меншими за граничні.

За результатами розрахунку зроблено наступні висновки:

- міцність, стійкість і жорсткість елементів рами забезпечуються;
- максимальні переміщення при дії власної ваги конструкцій і технологічного обладнання становлять 0,0533 мм, що значно менше за граничні;
- максимальні переміщення при дії власної ваги конструкцій, технологічного обладнання та рівномірного нагріву на температуру 40 °С становлять 16,5 мм. Оскільки проковзування сталевих балок по верху стін було неможливим, ця обставина призвела до появи похилих та горизонтальних тріщин в цегляних стінах;
- подальша експлуатація конструкцій будівлі можлива за умови розробки проекту посилення конструкцій покриття будівлі з метою виключення впливу температурних деформацій та виконання посилення в натурі;
- на основі виконаних розрахунків і аналізу конструктивної системи будівлі покриття розроблено проект посилення конструкцій покриття будівлі, який реалізовано в натурі.

Висновки

За результатами виконаних обстежень і розрахунків несучих будівельних конструкцій покрівлі будівлі нежитлового призначення для медичного центру, в яких під час експлуатації виникли тріщини в місцях примикання сталевих конструкцій до цегляних стін і в цегляних стінах в рівні покриття, зроблено наступні висновки.

1. Поява дефектів та пошкоджень в будівельних конструкціях спричинена наступним:

- будівля покриття являє собою просторову конструкцію, яка складається зі сталевих рам. Опорні частини колон сталевих рам закріплено до залізобетонних колон. Сталеві рами розкріплено в поздовжньому напрямку сталевими прогонами, які в районі сходових кліток опираються зверху на стіни. З'єднання елементів сталевих конструкцій виконано шляхом зварювання елементів, що спричинило появу жорсткої сталевий просторової конструкції;
 - будівництво розпочато у жовтні, коли середня температура повітря дорівнювала приблизно 0°С;
 - будівництво продовжувалося до березня наступного року, тобто в зимовий період (зима була «м'якою», але в окремі тижні температура опускалась до мінус 10 °С);
 - тривалість експлуатації будівлі до появи перших тріщин становила приблизно 2 місяці. Тріщини виникли в стінах сходових кліток в рівні покриття та 4 поверху і стінах машинного відділення ліфтів в місцях опирання на стіни зверху сталевих прогонів;
 - конструкцію покриття запроектовано з неопалюваним горищем, що разом з відсутністю податливості в стиках елементів за рахунок зварювання спричинило появу тріщин в цегляних стінах при зміні температури зовнішнього середовища;
 - обстеження конструкцій будівлі нижче рівня покриття дозволило встановити, що тріщини в сходових клітках в межах 1-3 поверхів відсутні;
 - за результатами виконаних розрахунків максимальні переміщення при дії власної ваги конструкцій, технологічного обладнання та рівномірного нагріву на температуру 40 °С становлять 16,5 мм. Оскільки проковзування сталевих балок по верху стін було неможливим, ця обставина призвела до появи похилих та горизонтальних тріщин;
 - місце знаходження тріщин – в стінах сходових кліток, які знаходяться в кінцевих зонах будівлі, тобто в тих зонах будівлі, де прояв температурних деформацій був найбільшим (від центра до країв);
2. Відповідно до вимог чинних нормативних документів [1, 2] технічний стан несучих сталевих конструкцій покриття оцінюється як нормальний.

Відповідно до вимог, які викладено в чинних нормативних документах [1], технічний стан конструкцій будівлі взагалі (крім місць опирання сталевих балок на стіни і стін сходових кліток в межах 4 поверху) оцінюється як нормальний, а стан стін в межах опирання сталевих балок і стін сходових кліток в межах 4 поверху – як задовільний.

3. На основі виконаних розрахунків і аналізу конструктивної системи будівлі покриття розроблено проект посилення конструкцій покриття будівлі, який було реалізовано в натурі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2024. – 72 с.

- [2] ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проєктування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 199 с.
- [3] ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проєктування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
- [4] Голоднов, О., Антошина, Т., Отрош, Ю. (2017). Про необхідність розрахунку будівель зі сталевим каркасом на температурні впливи. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*, 20, 65–84.
- [5] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I. (2019). Determination of the technical state of buildings and constructions after force and temperature influences / *Technology audit and production reserves*, 4/1(48), 2019, 4-10.
- [6] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I., Ivanov B. (2019). Remaining resource of constructions of building and building is after different influences / *Technology audit and production reserves*, 5/1(49), 2019, 4-9.
- [7] Holodnov O., Otrosh Y., Surianinov M., Starova O. (2019). Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences / *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.
- [8] Голоднов О., Антошина Т. (2020). Досвід проєктування та будівництва навісу над будівлею / *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. Збірник наукових праць / Одеська державна академія будівництва та архітектури*. – Одеса: ОДАБА, 2020. – №24. – С. 36-42.
- [9] Голоднов О., Ткачук І. (2024). Реконструкція виробничої будівлі зі сталевим каркасом / *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. Збірник наукових праць / Одеська державна академія будівництва та архітектури*. – Одеса: ОДАБА, 2024. – №28. – С. 105-113.

REFERENCES

- [1] DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennya budivel i sporud dlya vyznachennya ta oczinky yikh tekhnichnoho stanu. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2024. – 72 s.
- [2] DBN V. 2.6-198:2014. Stalevi konstruktsiyi. Normi proektuvannja. (2015). – Kyiv: Minregionbud Ukrayini, 2014. – 199 s.
- [3] DBN V.1.2-2:2006. Navantagennja i vplivi. Normi proektuvannja. (2007). – Kyiv: Minbud Ukrayini, 2006. – 60 s.
- [4] Holodnov, O., Antoshina, T., Otrosh, Yu. (2017). Pro neobkhdnist rozrakhunku budivel zi stalevym karkasom na temperaturni vplyvy. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoho instytutu stalevykh konstruktsiy imeni V. M. Shymanovskoho*, 20, 65–84.
- [5] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I. (2019). Determination of the technical state of buildings and constructions after force and temperature influences / *Technology audit and production reserves*, 4/1(48), 2019, 4-10.
- [6] Holodnov O., Gordiuk M., Semynoh M., Tkachuk I., Ivanov B. (2019). Remaining resource of constructions of building and building is after different influences / *Technology audit and production reserves*, 5/1(49), 2019, 4-9.
- [7] Holodnov O., Otrosh Y., Surianinov M., Starova O. (2019). Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences / *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.
- [8] Holodnov, O., Antoshina, T. (2020). Dosvid proektuvannya ta budivnutstva navisu nad budivleyu / *Sutchasni budivelni konstruktsii z metalu ta derevini. Zbirnyk naukovykh prats / Odeska derjavna akademiya budivnutstva ta architekturi*. – Odesa: ODABA, 2020. – №24. – S. 36-42.
- [9] Holodnov O., Tkachuk I. (2024). Reconstrucsya virobничoi budivli zi stalevim karkasom / *Sutchasni budivelni konstruktsii z metalu ta derevini. Zbirnyk naukovykh prats / Odeska derjavna akademiya budivnutstva ta architekturi*. – Odesa: ODABA, 2024. – №28. – С. 105-113.

Голоднов Олександр Іванович — доктор технічних наук, професор, професор, кафедра комп'ютерних технологій будівництва, Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ, e-mail: golodnow@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9722-9164.

Соколенко Валерій Михайлович — к.т.н., доцент, кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: sokolenko_1@snu.edu.ua ORCID:0000-0002-5073-2694.

O. Holodnov
V. Sokolenko

DETERMINATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING STRUCTURES WITHIN THE COVERAGE A NON-RESIDENTIAL BUILDING

State University "Kyiv Aviation Institute"
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

A methodology for studying the technical condition of building structures that have been damaged as a result of force and temperature (climatic) influences due to the difference in ambient temperatures has been given.

A non-residential building is a detached four-storey building of rectangular shape in plan. The building was designed as a production building of a machine-building plant.

Structurally, the building is a frame system made of prefabricated reinforced concrete structures according to the II-20 series.

The purpose of the work was to inspect the load-bearing building structures of the walls and roof of the building, in which cracks appeared during operation in the places where steel structures adjoined brick walls and in brick walls at the level of the coating, as well as their technical condition was determined.

To solve the problem, a set of works was carried out, which included the analysis of the available design, executive and operational documentation, preliminary inspection of the object of inspection, visual inspection of building structures, instrumental inspection of building structures (measurement of geometric parameters of the building and structural elements), analysis of the results of visual and instrumental inspection of the above-defined building structures, performance of verification calculations, preparation of a conclusion on the technical condition of building structures of the building covering and the possibility of further operation, as well as technical documentation for strengthening the structures was developed.

Calculations of coating structures were carried out using the modern LIRA computing complex, including uniform heating of metal at a temperature of 40 ° C. Based on the results of the calculations, conclusions were made and a project for strengthening structures and recommendations for further operation were developed.

Keywords: steel structures, force and temperature influences, bearing capacity, technical condition, reinforcement of structures.

Holodnov Oleksandr — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Computer Technologies of Construction, State University "Kyiv Aviation Institute", e-mail: golodnow@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9722-9164.

Sokolenko Valerii — PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, e-mail: sokolenko_1@snu.edu.ua ORCID:0000-0002-5073-2694.