

## РЕЗУЛЬТАТИ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ НЕСУЧИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ СВІТЛОВОГО ЛІХТАРЯ НА ДАХУ БУДІВЛІ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМ. І. ФРАНКА

**О. Гнатюк, к. т. н.**

*ORCID ID: 0000-0003-2218-0295*

**Т. Осадчук, к. т. н.**

*ORCID ID: 0000-0002-8686-7056*

**М. Волинець, інженер-конструктор**

*ORCID ID: 0009-0007-4120-4340*

*Львівський національний університет природокористування*

<https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.066>

### **Гнатюк О., Осадчук Т., Волинець М. Результати технічного обстеження несучих сталевих конструкцій світлового ліхтаря на даху будівлі Львівського національного університету ім. І. Франка**

Проведено візуально-інструментальне обстеження сталевих несучих конструкцій світлового ліхтаря над приміщенням актової зали з метою визначення геометричних розмірів, основних дефектів та виконання перевірних розрахунків несучої здатності у зв'язку із заміною декоративного скла після капітального ремонту. Проаналізовано представлені замовником обмірні плани та технічну документацію із заміни декоративного скла, а також технічні висновки за результатами обстеження несучих сталевих конструкцій та скління світлового ліхтаря.

У результаті обстеження встановлено, що водовідведення з покриття над ліхтарем та суцільність скління ліхтаря відновлені після капітального ремонту й забезпечені на час обстеження. Механічних та корозійних пошкоджень скла й металоконструкцій не виявлено. Захисний шар фарби та герметик пошкоджень не мають. Проведено перевірний розрахунок найдовшого елемента металевого каркаса скління. Для цього в ПК SCAD Office розраховано фрагмент сталевого каркаса на навантаження від власної ваги та ваги скління (яка збільшилася на 67 %). Вагу скла кожної чарунки розділено для трикутних елементів – на три вузли, для чотирикутних – на чотири. Також проведено перевірний розрахунок контурного елемента обрамлення світлопропускної частини ліхтаря у площині перекриття. У результаті розрахунку отримано максимальні зусилля у сталевих елементах світлового ліхтаря та встановлено, що їхня несуча здатність перевищує розрахункові навантаження. З метою технічного обслуговування ліхтаря запроєктовано ходові містки у вигляді балок із двох дерев'яних брусів перерізом 100×150 мм, які рекомендовано влаштувати по нижніх поясах металевих ферм покриття.

**Ключові слова:** візуально-інструментальне обстеження, несучі сталеві конструкції, світловий ліхтар, скло, ферма, ходові містки, дерев'яні бруси, перевірний розрахунок.

### **Hnatiuk O., Osadchuk T., Volynets M. Results of the technical inspection of the load-bearing steel structures of the roof lantern of the building of Ivan Franko National University of Lviv**

A visual and instrumental inspection of the steel load-bearing structures of the roof lantern above the assembly hall was conducted to ascertain the geometric dimensions, identify main defects, and perform verification calculations of the bearing capacity due to the replacement of decorative glass following major repairs. The measurement plans and technical documentation about the replacement of the decorative glass were subjected to analysis, as were the technical conclusions derived from the inspection of the load-bearing steel structures and glazing of the roof lantern.

The inspection revealed that the drainage system from the covering above the lantern and the integrity of the lantern's glazing had been restored after major repairs and were secure at the time of the inspection. No evidence of mechanical or corrosion damage to the glass and metal structures was identified. The protective paint layer and sealant remain intact. A verification calculation of the longest element of the metal glazing frame was performed. To achieve this, a fragment of the steel frame was calculated in the SCAD Office, taking into account the load from its weight and the weight of the glazing (which increased by 67 %). The weight of the glass in each cell was divided into three nodes for triangular elements and into four nodes for quadrangular elements. A verification calculation of the frame contour element of the light-transmitting part of the lantern in the plane of the floor was also carried out. The results of the calculation demonstrated that the maximum forces in the steel elements of the roof lantern exceed the design loads, indicating that their bearing capacity is adequate. To maintain the lantern, roof walkways were designed in the form of beams made of two wooden bars with a cross-section of 100×150 mm, which are recommended to be arranged along the lower belts of metal roof trusses.

**Keywords:** visual and instrumental inspection, load-bearing steel structures, roof lantern, glass, truss, roof walkways, wooden beams, verification calculation.

**Постановка проблеми.** Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка (колишній будинок Галицького сейму) був споруджений 1877–1881 рр. за проектом архітектора Юліуша Гохбергера. Будівля зведена у стилі історизму під впливом неоренесансної архітектури Відня II половини XIX сторіччя. У 1906–1907 рр. архітектор Альфред Каменобродський надбудував четвертий поверх і розширив будинок сейму за рахунок бічного крила з боку сучасної вул. Листопадового Чину. У 1923 р. будинок передали Львівському університету, а після реконструкції зала засідань стала актовою залою. У 1950 році актову залу відновили після руйнування під час Другої світової війни [1; 4].

Після капітального ремонту та заміни декоративного скла у світловому ліхтарі над актовою залою було проведено візуально-інструментальне обстеження для визначення геометричних розмірів, основних дефектів та несучої здатності сталевих несучих конструкцій світлового ліхтаря.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Замовник надав обмірні плани та оформив технічну документацію із заміни декоративного скла світлопропускної частини ліхтаря, а також технічні висновки з попереднього обстеження, виконаного

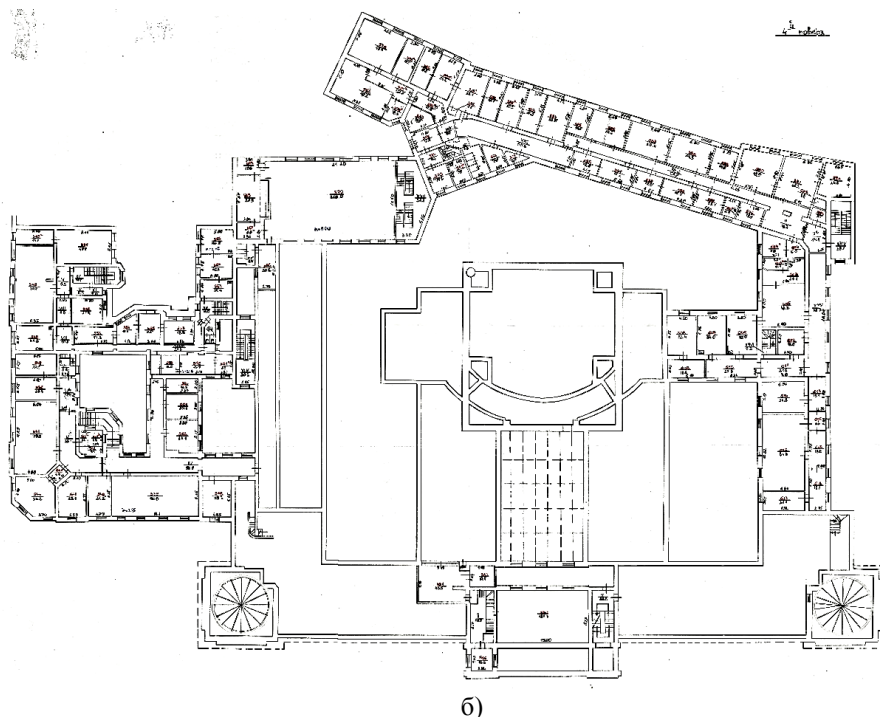
2023 року [6]. Нове обстеження виконано відповідно до вимог нормативних документів [2; 3] і рекомендацій [10].

**Постановка завдання.** Наше завдання – встановити ступінь пошкодження сталевих несучих конструкцій світлового ліхтаря актової зали ЛНУ та перевірити їхню несучу здатність після заміни декоративного скла товщиною 3 мм на армоване скло товщиною 5 мм під час капітального ремонту 2023 року, а також розробити рекомендації щодо забезпечення їх нормальної експлуатації в наявних умовах.

**Виклад основного матеріалу.** Будівля з конструктивного кута зору – складна у плані, триповерхова, з мансардою, горищем та підвалом (рис. 1). Стіни – цегляні, з повнотілою керамічною цегли, фундаменти – стрічкові, з природного каменю. Горищне перекриття – по дерев'яних балках. Несучі конструкції даху – дерев'яні рамні, із системою крокв. Стійки – з двосторонніми підкосами на врубках. Покриття наметової частини ліхтаря – у вигляді скління з віконного скла товщиною 5 мм по сталевих прокатних профілях, фарбованих. Конструкції світлового ліхтаря – сталеві рамні, з прокатних профілів. Декоративне скло світлопропускної частини ліхтаря у площині перекриття – матове кольорове, по сталевих прокатних профілях [6].



a)

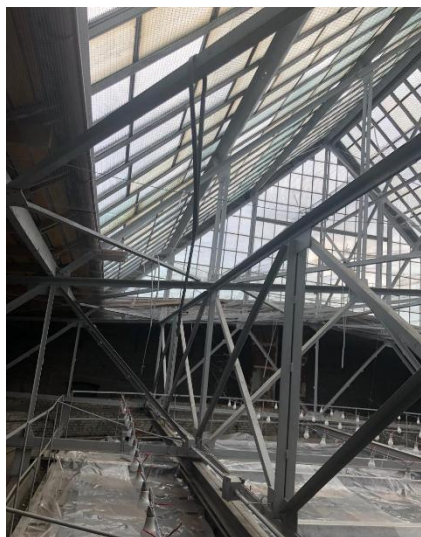


б)  
Рис. 1. Загальний вигляд будівлі:  
а) головний фасад будівлі [7]; б) план четвертого поверху

Несучі сталеві конструкції світлового ліхтаря складаються з таких елементів: конструкції наметової частини ліхтаря (обрешітка й ліхтарні ферми); кроквяні ферми покрівлі; зв'язкові ферми; прогони-лежні; елементи балкової клітки світлопропускної частини в рівні перекриття, допоміжні елементи та розпірки (імпости) (рис. 2).

Прогони перекриття з кроком 4,95 м виконані з двох спарених швелерів № 20, вкладених по кладці стін актової зали (рис. 3). За допомогою металевих тяжів із пластин товщиною 10 мм та

зварювання вони кріпляться до фасонки кроквяних ферм покрівлі. Основними несучими конструкціями перекриття і покриття актової зали є три трапецієподібні сталеві ферми прольотом 24,5 м, розташовані з кроком 6,7 м. Висота ферми в коньку – 3,1 м, у карнизі – 1,9 м. Елементи ферми виконані зі спарених кутників: нижній і верхній пояси – із нерівнополічкових  $2L130 \times 90 \times 10$ , стійки і розкоси – з рівнополічкових  $2L75 \times 10$  та  $2L60 \times 7$ . Між стійками кроквяних ферм перпендикулярно до їхньої площини влаштовані зв'язкові



а)



б)



в)

Рис. 2. Несучі сталеві конструкції світлового ліхтаря: наметової частини (а) та світлопропускної частини в площині перекриття (б; в)

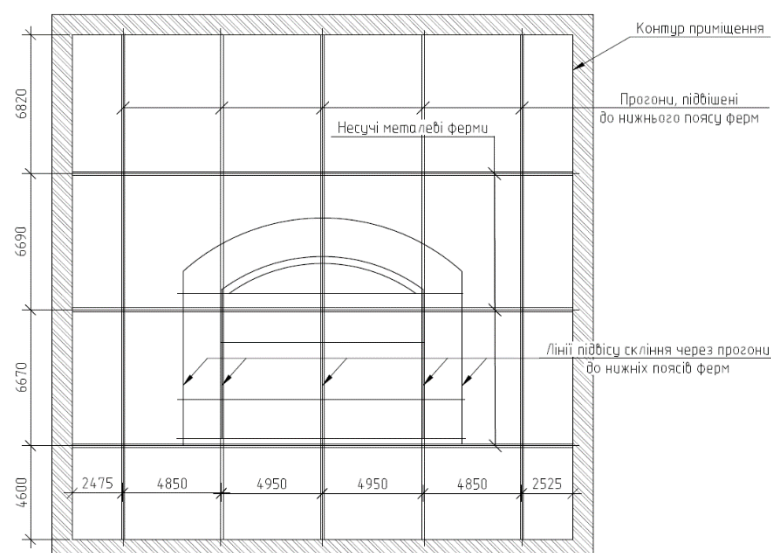


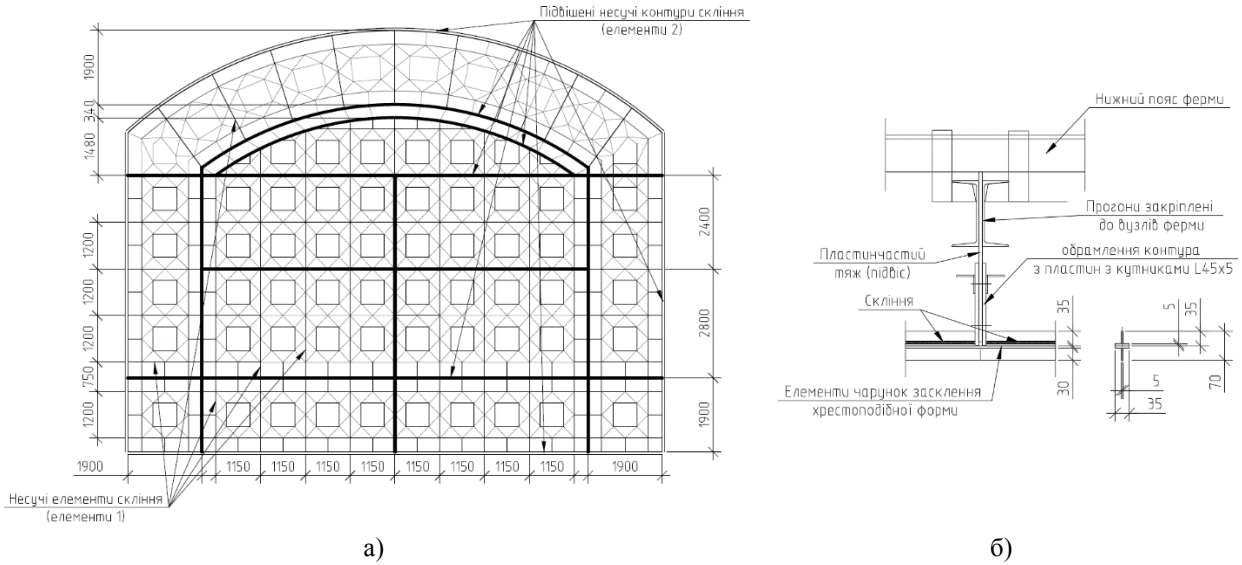
Рис. 3. Схема розташування основних несучих елементів світлового ліхтаря

ферми: у карнизі – висотою 1,8 м, та в рівні третью від краю стійки (7,3 м від торця) – висотою 2,35 м. Зв'язкові ферми мають хрестову решітку з кутників  $L60 \times 7$ , стійки і пояси – із спарених кутників  $2L60 \times 7$  та  $2L75 \times 8$ .

Конструктив світлопропускної частини ліхтаря у площині перекриття актової зали виконаний у вигляді головних та другорядних балок горизонтальної клітки (рис. 4, а). Каркас декоративного світлового ліхтаря виготовлений із металевих профілів (елементи 1) (див. рис. 4, а) хрестової форми, складених із двох таврів  $35 \times 5$  (рис. 4, б). Структура каркаса розбита на ділянки, межі яких обрамлені

металевими полосами-балками  $8 \times 200$  з кутниками  $45 \times 5$  (елементи 2) (див. рис. 4). Обрамлення суміжних ділянок об'єднуються через з'єднання на болтах. Між об'єднаними обрамленнями встановлені тяжі (підвіси) з пластин, які кріпляться через прогони зі спарених швелерів до кроквяних ферм. Елементи чарунок із склінням приварені до обрамлень ділянок (прольоти  $1,9 \div 2,8$  м).

У результаті обстеження встановлено, що герметичність гідроізоляційного покриття наметової частини ліхтаря та суцільність його горизонтальної світлопропускної частини відновлено після капітального ремонту та забезпечено на час обстеження.



а)  
Рис. 4. Елементи каркаса світлового ліхтаря:  
а) схема розташування; б) поперечний переріз

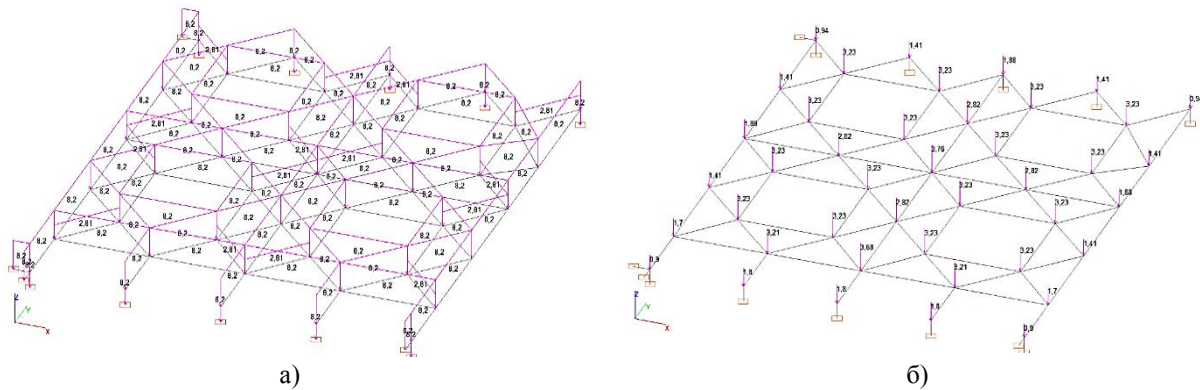
Механічних пошкоджень скла не виявлено. Сталеві прокатні профілі не мають корозійних пошкоджень, понаднормативних прогинів та інших дефектів, захисне лакофарбове покриття – у нормальному стані. Загалом несучі сталеві конструкції ліхтаря згідно з чинними нормативними документами з обстеження перебувають у нормальному після ремонту стані та підлягають подальшій надійній експлуатації.

Для визначення реальної ваги скління до і після проведення капітального ремонту відібрали зразки декоративного вітражного скла товщиною 3 мм та вітражного армованого скла товщиною 5 мм, з яких вирізали дослідні зразки 97,5×100 мм та 100,5×108 мм, відповідно, та зважили їх. Вага дослідного зразка у першому випадку становила 83 г, у другому – 154 г, а вага квадратного метра

скла становила, відповідно, 8,51 та 14,19 г/м<sup>2</sup>. Можна стверджувати, що після проведення капітального ремонту вага скління зросла на 67%. Об'ємна вага скла в обох випадках становила близько 2838 г/м<sup>3</sup>, що відповідає його фізичній величині.

Провели перевірні розрахунки найдовшого елемента каркаса скління хрестової форми (елемент 1), який приварений до обрешітки контуру, та контурного елемента обрешітки (елемент 2) (див. рис. 4).

Для цього у програмному комплексі SCAD Office розрахували фрагмент каркаса декоративного світлового ліхтаря на навантаження від власної ваги та ваги скління (рис. 5). Вагу скла кожної чарунки розділено для трикутних чарунок – на три вузли, для чотирикутних – на чотири.



а)  
Рис. 5. Розрахункові схеми фрагмента каркаса світлового ліхтаря:  
а) навантаження від власної ваги; б) вузлові навантаження від скління

У результаті розрахунку отримано максимальні зусилля для елемента 1 від навантаження від

власної ваги каркаса та скління (рис. 6).

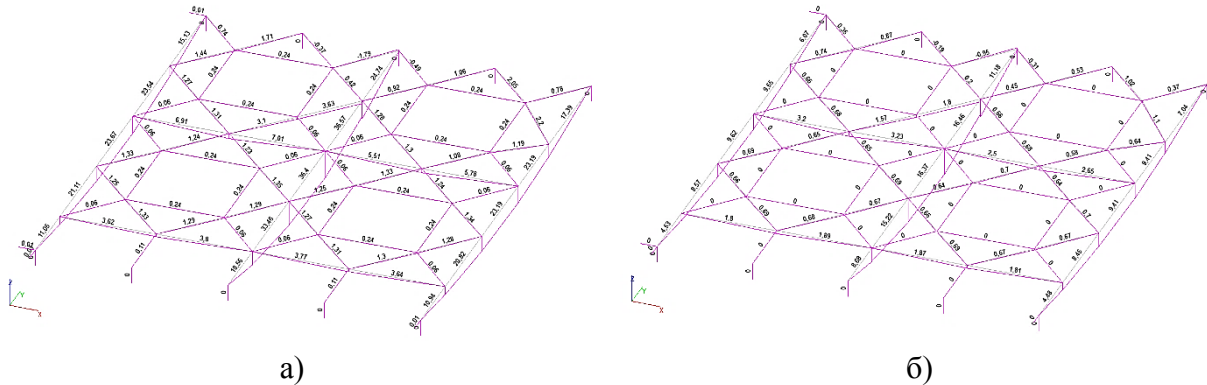


Рис. 6. Результати розрахунку фрагмента каркаса світлового ліхтаря:

а) згинальні моменти від власної ваги каркаса під скління; б) згинальні моменти від зосереджених навантажень від скління

Під час перевірного розрахунку встановили, що міцність елемента 1 на дію сумарного згинального моменту забезпечена. Мінімальний розрахунковий опір сталі перевищує розрахункові напруження, які можуть виникнути в елементі 1, на 25 %.

Після цього розраховували елемент каркаса декоративного світлового ліхтаря (елемент 2), який виготовлений із полос-балок  $8 \times 200$  із кутниками  $45 \times 5$  (рис. 7). До елемента 2 з двох сторін примикають елементи 1.

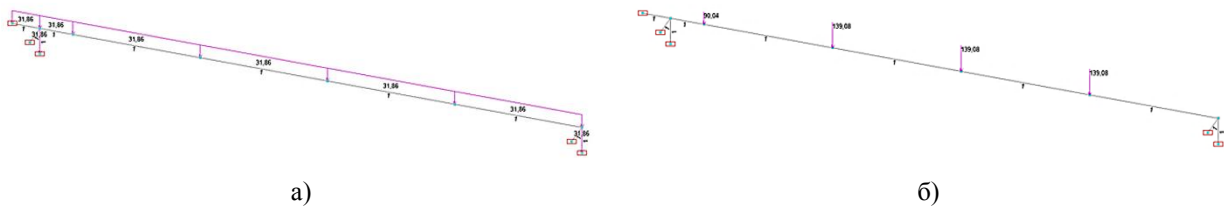


Рис. 7. Розрахункові схеми елемента 2: а) навантаження від власної ваги обрамлення; б) зосереджені навантаження від елементів 1

У результаті розрахунку отримано максимальні зусилля для елемента 2 від навантаження від власної ваги та від елементів 1 (рис 8).

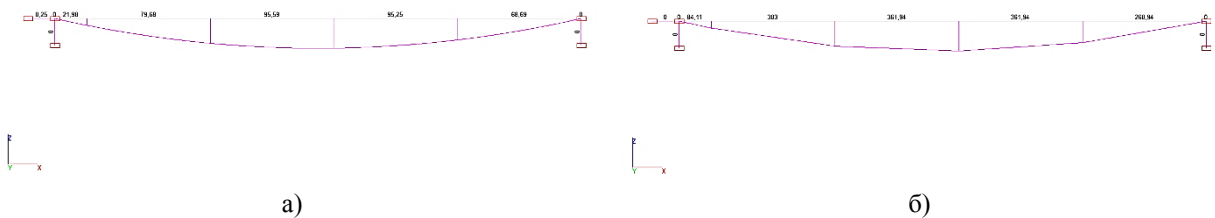


Рис. 8. Результати розрахунку елемента 2: а) еюра згинальних моментів від власної ваги елемента 2; б) еюра згинальних моментів від зосереджених навантажень від елементів 1

Під час перевірного розрахунку встановили, що міцність елемента 2 на дію сумарного згинального моменту забезпечена. Мінімальний розрахунковий опір сталі перевищує розрахункові напруження, які можуть виникнути в елементі 2, на 78 %.

З метою технічного обслуговування ліхтаря були запроєктовані ходові містки. Для цього рекомендовано використати дерев'яні бруси і настил, які необхідно влаштувати по нижніх поясах металевих кроквяних ферм покриття. Розрахунок несучої

чих балкових елементів проводили на навантаження від ваги працівника з інструментом та власної ваги. За результатами розрахунку як несучі конструкції рекомендовано прийняти суцільні дерев'яні бруси 100×150 мм. Умови міцності та жорсткості для таких брусів виконуються.

**Висновки.** У результаті обстеження встановлено, що несучі сталеві конструкції ліхтаря перебувають у нормальному після ремонту стані та підлягають подальшій надійній експлуатації. У результаті перевірних розрахунків елементів сталевого ліхтаря встановлено, що їхня несуча здатність після проведення капітального ремонту із заміною декоративного скла світлопропускної частини ліхтаря товщиною 3 мм на армоване скло завтовшки 5 мм забезпечена. По нижніх поясах металевих кроквяних ферм покриття рекомендовано влаштувати ходові містки з двох дерев'яних брусів перерізом 100×150 мм.

#### Бібліографічний список

1. Вул. Університетська, 1 – головний корпус ЛНУ ім. І. Франка. *Lviv Interactive*. URL: <https://lia.lvivcenter.org/uk/objects/universytetska-1-1/> (дата звернення: 26.06.2024).
2. Гавриляк А. І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем: навч. посібник. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. 292 с.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1. Чинний з 2022-09-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України (Мінрегіон України), ДП «Укрархбудінформ», 2022. 36 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.
5. Історія Університету. *Львівський національний університет імені Івана Франка*. URL: <https://lnu.edu.ua/about/university-today-and-tomorrow/history/> (дата звернення: 26.06.2024).
6. Кархут І. І. Технічні висновки за результатами візуального обстеження несучих сталевих конструкцій та засклення світлового ліхтаря на даху будівлі ЛНУ по вул. Університетська, 1 у м. Львові. Львів, 2023. 18 с.
7. University. *Ivan Franko National University of Lviv*. URL: <https://lnu.edu.ua/en/home/university-2-2/> (Accessed June 26, 2024).

Стаття надійшла 23.07.2024