

## ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ СПОРУДИ З УРАХУВАННЯМ ВЛАШТУВАННЯ НА ПОКРІВЛІ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

РОМАНЕНКО С. М.\*,

\* Херсонський державний аграрний університет, вул. Стрітенська, 23, 73006, м. Херсон, Україна, тел. +38 (095) 8297341, e-mail: romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896

АНДРІЄВСЬКА Я. П.\*,

\* Херсонський державний аграрний університет, вул. Стрітенська, 23, 73006, м. Херсон, Україна, тел. 38 (095) 2193191, e-mail: yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-2515

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Ситуація з використанням енергії Сонця в світі рухається вперед швидкими темпами. Всього за 10 років з 2010 по 2019 рік сонячна енергетика в Україні перетворилася з екзотичного захоплення декількох багатих бізнесменів в бурхливо розвивається економічну галузь. До 2030-2035 років Україна увійде в число країн, що покривають до чверті необхідної потреби в енергії за рахунок альтернативних джерел. На сьогоднішній день є ефективним рішення для суб'єктів підприємницької діяльності та виробництва встановлення сонячних електростанцій на даху будівель та споруд. У зв'язку з цим будівельні конструкції покриття будівель та споруд потребують перевірки несучої здатності та експлуатаційної придатності. Про можливість використання існуючих конструкцій в подальшому виконується обстеження існуючих конструкцій і перевірені розрахунки для визначення несучої здатності елементів каркасу в результаті зростання навантаження (кріплення сонячних панелей). Конструкції, які не задовольняють вимогам перевірені розрахунків, можуть бути посилені з відновленням їх працездатності і підвищення несучої здатності за рахунок спеціальних заходів або заміна їх на нові. **Мета.** В статті приведені результати обстеження споруди та перевірені розрахунки існуючих конструкцій навісу. Для оцінки несучої здатності металоконструкцій каркаса спорудження покрівлі, виконати розрахунок металеві ферми в програмному комплексі «Ліра САПР 2013», яка є комп'ютерною системою для структурного аналізу і проектування. Розрахунок ферми виконати в такій послідовності: визначення та збір навантаження; встановлення розрахункової схеми ферми; визначення розрахункових зусиль в елементах ферми; підбір поперечних перерізів розтягнутих і стиснутих елементів. **Висновок.** Розрахунок прогону покриття і колони показали, що існуючі перетину колони і прогону не задовольняють вимогам і потребують посилення або повної заміни. Прийнято рішення, що експлуатація споруди після установки на даху елементів альтернативної енергії можлива за умови розробки спеціального проекту на посилення або заміну колон поперечної рами навісу.

**Ключові слова:** *колона, ферма, прогін, підсилення, навантаження, переміщення.*

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЯ С УЧЕТОМ УСТАНОВКИ НА КРЫШЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

РОМАНЕНКО С. Н.\*,

\* Херсонский государственный аграрный университет, ул. Стретенская, 23, 73006, г. Херсон, Украина, тел. +38 (095) 8297341, e-mail: romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896

АНДРИЕВСКАЯ Я. П.\*,

\* Херсонский государственный аграрный университет, ул. Стретенская, 23, 73006, г. Херсон, Украина, тел. 38 (095) 2193191, e-mail: yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-2515

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Ситуация с использованием энергии Солнца в мире движется вперед быстрыми темпами. Всего за 10 лет с 2010 по 2019 год солнечная энергетика в Украине превратилась из экзотического увлечения нескольких богатых бизнесменов в бурно развивающуюся экономическую отрасль. К 2030-2035 лет Украина войдет в число стран, покрывающие до четверти необходимой потребности в энергии за счет альтернативных источников. На сегодняшний день является эффективным решение для субъектов предпринимательской деятельности и производства установки солнечных электростанций на крыше зданий и сооружений. В связи с этим строительные конструкции покрытия зданий и сооружений требуют проверки несущей способности и эксплуатационной пригодности. О возможности использования существующих конструкций в дальнейшем выполняется обследование существующих конструкций и проверочные расчеты для определения несущей способности элементов каркаса в результате роста нагрузки (крепление солнечных панелей). Конструкции, которые не удовлетворяют требованиям проверочных расчетов, могут быть усилены с восстановлением их работоспособности и повышение несущей способности за счет специальных мероприятий или замена их на новые. **Цель.** В статье приведены результаты обследования сооружения и проверочные расчеты

существующих конструкций навеса. Для оценки несущей способности металлоконструкций каркаса сооружения кровли, выполнить расчет металлической фермы в программном комплексе «Лири САПР 2013», которая является компьютерной системой для структурного анализа и проектирования. Расчет фермы выполнить в такой последовательности: определение и сбор нагрузки; установление расчетной схемы фермы; определение расчетных усилий в элементах фермы; подбор поперечных сечений растянутых и сжатых элементов. **Вывод.** Расчет прогона покрытия и колонны показали, что существующие пересечения колонны и пролета не удовлетворяют требованиям и нуждаются в усилении или полной замены. Принято решение, что эксплуатация сооружения после установки на крыше элементов альтернативной энергии возможна при условии разработки специального проекта на усиление или замену колонн поперечной рамы навеса.

**Ключевые слова:** колонна, ферма, прогон, усиление, нагрузка, перемещения.

## TECHNICAL EXAMINATION AND CALCULATION OF STRUCTURES OF THE STRUCTURE TAKING INTO ACCOUNT THE DEVICE ON THE ROOF OF SUNNY PANELS

ROMANENKO S. N.\*,

\* Kherson State Agrarian University, st. Stritenskaya, 23, 73006, Kherson, Ukraine, tel. +38 (095) 8297341, e-mail: romanesko666@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0443-3896

ANDRIEVSKAYA Y. P.\*,

\* Kherson State Agrarian University, st. Stritenskaya, 23, 73006, Kherson, Ukraine, tel. +38 (095) 2193191, e-mail: yanaandrievska321@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3052-251

**Summary. Raising of problem.** The situation with using the sun's energy in the world is moving forward at a fast pace. The solar power in Ukraine has been transformed from an exotic hobby of several wealthy businessmen into a booming economic industry from just 10 years – from 2010 into 2019. By 2030-2035, Ukraine will be among the countries that cover up to a quarter of the required energy demand from alternative sources. An effective solution for business entities and production of the installation of solar power plants on the roof of buildings and structures in our days. In this regard, building structures for the coating of buildings and structures require the verification of load-bearing capacity and serviceability. The possibility of using existing structures is subsequently performed by an examination of existing structures and verification calculations to determine the load-bearing capacity of the frame elements as a result of load growth (solar panel mounting). Constructions that do not meet the requirements of verification calculations can be strengthened with the restoration of their working capacity and increase of carrying capacity due to special measures or their replacement with new ones. **Purpose.** In the article presents the results of the survey of structures and verification calculations of existing structures of the canopy. For the evaluating the load-bearing capacity of metal structures of the roof, performed a calculation of a metal girder in the software complex "Lyra CAD 2013", which is a computer system for structural analysis and design. Calculation of the girder was following in order: determination and collection of load; establishment of the girder's settlement scheme; determination of design effort in girder elements; selection of cross sections of stretched and compressed elements. **Conclusion.** The calculation of the run of the coating and the column showed that the existing section of the column and the run does not meet the requirements and needs to be strengthened or completely replaced. It was decided that the operation of the structure after the installation on the roof of the elements of alternative energy is possible, provided the development of a special project to strengthen or replace the column of the cross frame of the canopy and the runs of the roof.

**Key words:** column, girder, span, strengthening, loading, moving.

**Постановка проблеми.** Одним з першочергових завдань Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020», схваленої Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015, є реалізація програми енергонезалежності, основна мета якої полягає у забезпеченні енергетичної безпеки і переходу до енергоефективного, енергоощадного використання та споживання енергоресурсів з упровадженням інноваційних технологій.

Створення свідомого та енергоефективного суспільства є однією з цілей та пріоритетів Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р.

Інструментом втілення у життя поставлених у сфері енергоефективності завдань і цілей на державному рівні є

Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010 – 2020 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 01 березня 2010 року № 243.

Попит на енергію досягає безпрецедентного рівня внаслідок зростання швидкої урбанізації та індустріалізації. Для задоволення цього попиту необхідні більш високі рівні технологічних та нетехнологічних інновацій, як на виробничій стороні рівняння енергії (альтернативні джерела, так і нові передові технології енергозбереження) та на стороні споживання.

Сучасна науково-технічна література до альтернативних джерел енергії відносить такі форми енергії, як: сонячна, вітрова, енергія морських хвиль, припливів і відливів, енергія біомаси, низькопотенційна теплова енергія.

На сьогоднішній день є ефективним рішенням для суб'єктів підприємницької діяльності та виробництва встановлення сонячних електростанцій на даху будівель та споруд. У зв'язку з цим будівельні конструкції покриття будівель та споруд потребують перевірки несучої здатності та експлуатаційної придатності.

**Аналіз публікацій.** Проблему розвитку альтернативної енергетики в Україні розглядалась в роботах Косар Н.С., Третьякова Л.І., Різенко С.А., Гриценко А.В., Соловей В.В., Носач В.Г., Скляренко Е.В.

Альтернативні джерела енергії поширено встановлювати на дахах будівель та споруд, що веде до зростання навантаження на несучі конструкції покриття і потребують повної або часткової заміни існуючих конструкцій чи підсилення.

Підсилення конструкцій є найбільш поширеним способом відновлення несучої здатності і забезпечення надійної експлуатації конструкцій [9-15]. Використовують такі методи підсилення сталевих конструкцій [3]:

- збільшення площі поперечного перерізу окремих елементів конструкції;
- зміна конструктивної схеми всього

каркаса або окремих елементів;

- зміна виду з'єднань елементів і конструкцій;

- регулювання напружень.

Кожен з цих методів може застосовуватися самостійно або в комбінації з іншим.

**Мета статті.** Метою дослідження – обстеження споруди навісу для визначення несучої здатності конструкцій з урахуванням влаштування на покрівлі сонячних панелей, формулювання пропозицій щодо підсилення чи заміни цих конструкцій, розрахунок їх конструктивних параметрів. Дослідження виконано із застосуванням класичних розрахунків будівельної механіки та методів комп'ютерного моделюючого експерименту в програмному комплексі «Ліра САПР 2013», який алгоритмічно базується на методі кінцевих елементів.

Задачі дослідження:

- розрахунок прогону покриття;
- розроблення розрахункової моделі металевої ферми;
- розрахунок існуючої металевої ферми;
- розрахунок колони;
- проаналізувати результати, отримані після перевірочних розрахунків.

**Виклад матеріалу.** Згідно результатів проведеного інженерно-технічного обстеження будівель та споруд філії «Управління «УКРГАЗТЕХЗВ'ЯЗОК» у м. Боярці Київської області по вул. Білогородська, 61, виконаного ТОВ Управляюча компанія «Служба комунального сервісу» м. Києва в 2018 році представлена загальна характеристика адміністративної будівлі та навісу [1; 4; 5].

Навіс в плані прямокутної форми з розмірами в осях 5,5×40,0 м. Конструктивна схема споруди – каркас. Основними елементами каркасу однопрольотної споруди являються – колони і ферми, які утворюють поперечну раму каркасу. Поздовжні елементи каркасу – це в'язі між колонами і фермами, покрівельні прогони.

Ферма трикутного обрисю. Трикутна система решітки без додаткових стоек. Решітка ферми виконана із ГЗП квадратного перерізу. Всі елементи ферми Ф1 виконані з

гнутозварного сталевого профілю квадратного перерізу  $50 \times 50 \times 4$  мм згідно ДСТУ Б В.2.6-8-95.

Прогони виконані суцільного перерізу із ГЗП квадратного перерізу  $50 \times 50 \times 4$  мм. Прогони кріпляться до верхнього поясу за допомогою зварювання.

Колони суцільного і постійного по висоті перерізу виконані з гнутозварного замкнутого сталевого профілю квадратного перерізу  $50 \times 50 \times 4$  мм згідно ДСТУ Б В.2.6-8-95. Крок колон в повздовжньому напрямку 4,0 м.

Дах – односхилий. Матеріал покриття – профіль оцинкований листовий гнутий з

трапецієподібними гофрами для будівництва. Для покрівлі використано профільований лист НС35 (для настилення та стінових огорож згідно ДСТУ Б В.2.6-9:2008), який має лакофарбове покриття по поверхні. Товщина профільованого листа згідно обстеження 0,5 мм. Кріплення прогонів до верхнього поясу виконане за допомогою зварювання. Ухил покрівлі 7 градусів.

Поверхні металоконструкцій пофарбовані.

Загальний вигляд навісу представлено на рис. 1, а креслення плану навісу та розріз на рис. 2-4.



Рис. 1. Загальний вигляд та головний фасад навісу

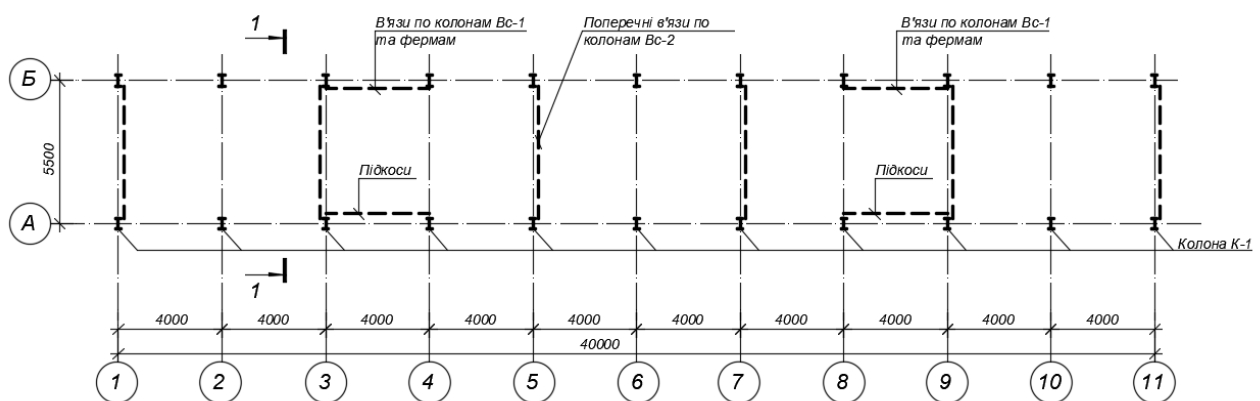


Рис. 2. План навісу на відм. 0.000

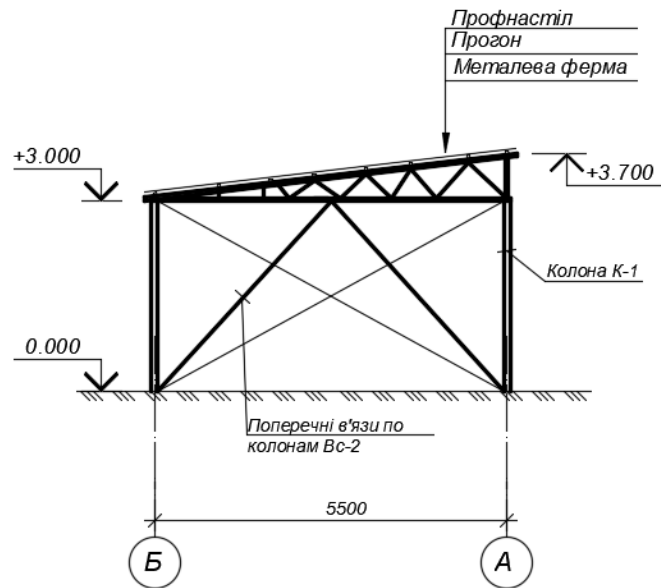


Рис. 3. Розріз 1-1

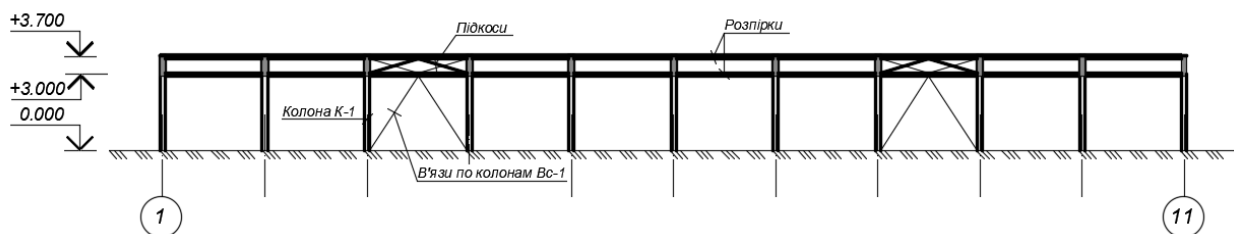


Рис. 4. Головний фасад в осях 1-11

В результаті обстеження споруди під час експлуатації було встановлено, що для покриття покрівлі слід використовувати профільований лист товщиною 0,6 мм до 0,7 мм згідно ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд». Після обстеження прийняте рішення про можливість використання існуючих конструкцій у подальшому після виконаних перевірочних розрахунків. Конструкції, які не задовольняють вимогам перевірочних розрахунків, можуть бути підсилені з поновленням їх працездатності та підвищення несучої здатності за рахунок спеціальних заходів або замінені на нові.

**Результати досліджень.** Статичний розрахунок конструкції виконувався з урахуванням виявленого фактичного стану елементів і з'єднань. Для оцінки несучої здатності металоконструкцій каркасу споруди навісу філії «Управління «УКРГАЗТЕХЗВ'ЯЗОК» у м. Боярці Київської області по вул. Білогородська, 61, згідно з нормами [6; 7] виконано розрахунок металевої ферми у програмному комплексу

«Ліра САПР 2013», що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування [2].

Розрахунок елементів навісу виконувався в такій послідовності:

- розрахунок прогонів покриття;
- розрахунок металевої ферми;
- розрахунок колони.

Несучі елементи покриття і каркасу розраховувалися на постійне навантаження (власну масу), снігове і вітрове навантаження відповідно до вимог ДБН В.1.2-2. При перевірочних розрахунках враховується коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  згідно з ДБН В.1.2-14.

**Розрахунок прогону покриття.** Прогін покриття розраховувався з урахуванням кута нахилу до горизонту (кут нахилу покрівлі –  $7^\circ$ ), розрахункового навантаження від ваги  $1 \text{ м}^2$  покрівлі, кроку прогонів (0,725 м), розрахункового погонного навантаження від ваги прогону та розрахункового навантаження від ваги сонячних панелей.

Розрахункове навантаження на існуючий сталевий прогін з урахуванням влаштування

на покрівлі альтернативних джерел енергії складає 133,25 кг/м. Після визначення розрахункового моменту опору та моменту інерції із сортаменту прийнято трубу гнучозварного профілю квадратного перерізу 80×80×4 мм.

Розрахунок металевої ферми виконано у програмному комплексі «Ліра САПР 2013». Перевірка несучої здатності і стійкості конструкцій виконана відповідно до діючого нормативного документа ДБН В. 2.6-198:2014 [8]. Розрахунок ферм виконувався у такій послідовності згідно з діючими

нормами:

- встановлення розрахункової схеми ферми;
- визначення та збір навантаження;
- визначення розрахункових зусиль в елементах ферми;
- підбір поперечних перерізів розтягнутих та стиснутих елементів.

Розрахункова схема з доданими навантаженнями і переміщень уздовж осі Z від розрахункових навантажень представлена на рис. 5-7.

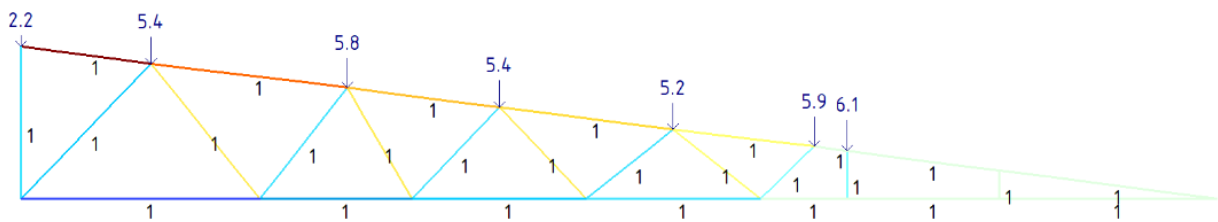
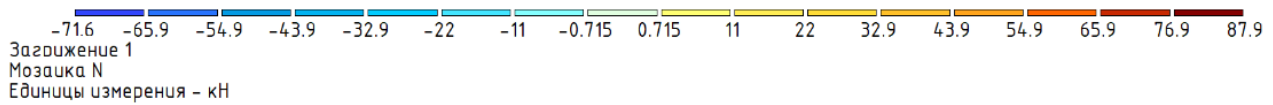


Рис. 5. Розрахункові зусилля від нормативних навантажень в елементах ферми

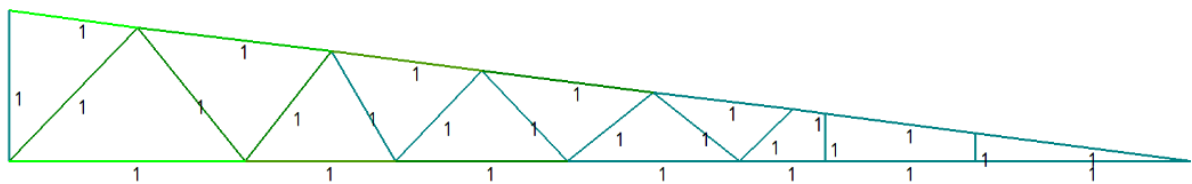
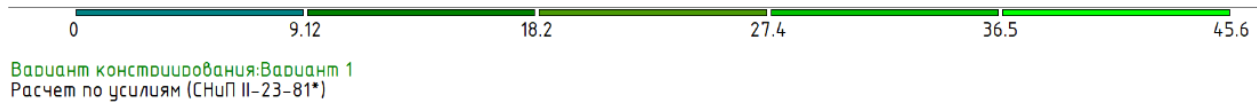


Рис 6. Мозаїка результатів перевірки призначених перерізів граничних станів по 1 групі граничного стану

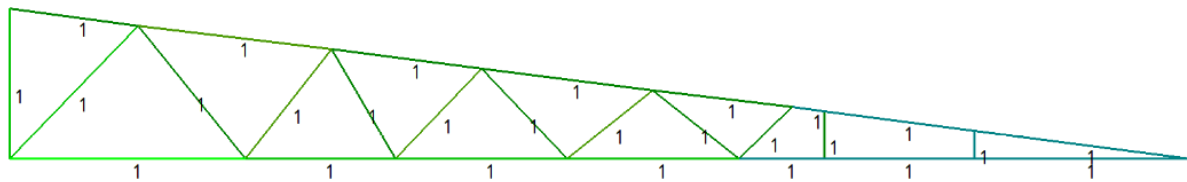


Рис. 7. Мозаїка результатів перевірки призначених перерізів граничних станів по другій групі граничного стану

Переріз існуючих елементів ферми задовольняє згідно розрахунку.

Відповідно до табл. 1 ДСТУ Б В.1.2-3: 2006 «СНББ. Прогин и переміщення. Вимоги проектування» граничний прогин для ферми прольотом від 3-6 м складає  $\ell/200$ . Відносний прогин ферми  $\ell/200 = 5500/200 = 27,5$  мм. Згідно даних статичного розрахунку прогин склав 7,87 мм. Умова виконується.

Розрахунок існуючої колони навісу з урахуванням влаштування сонячних панелей на покрівлі виконувався згідно ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції».

Зусилля яке діє на колону при вантажній площі склало  $N=854,5$  кг. Коефіцієнт розрахункової довжини колони постійного за довжиною перерізу у площині вільних і невольних рам при жорсткому спряженні ригелів з колонами і при однаковому навантаженні розміщених в одному рівні узлів  $\mu=2,0$ . Розрахункова довжина колони 600 см. Гранична гнучкість при стиску для колон  $\lambda=150$ .

Колона розраховувалась на міцність та стійкість. Після проведених розрахунків з'ясувалось, що існуючий переріз колони не

задовольняє вимогам. Прийнято сталеву трубу гнутого профілю  $100 \times 100 \times 3$  мм.

Колона потребує підсилення або повної заміни. Рекомендовано підсилення сталеві конструкції колони збільшенням площі поперечного перерізу шляхом встановлення додаткової металеві труби. Так як відсутня опорна частина (траверса та опорна плита) підсилення виконати шляхом встановлення додаткових анкерних болтів, які кріпляться к колоні через виносні консолі (кутики) та зтягуються з напругою.

**Висновок.** Встановлення на даху навісу альтернативних джерел енергії можливо тільки після виконання проекту на заміну чи підсилення елементів каркасу.

Виконати заміну сталевому прогону покриття.

Існуюча колона, яка виконана з гнутозварного профілю, квадратного перерізу  $50 \times 50 \times 4$  мм не достатня за 2 групою граничних станів і тому повинна підлягати підсиленню або повної заміні.

Конструкція ферми задовольняє вимогам і забезпечує нормальну експлуатацію встановленому обладнанню.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Барашиков А. Я., Малышев О. М. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений: НМЦ Держнаглядохоронпраці України, 1998. - 23 с.
2. Городецкий Д. А., Барабаш М. С., Водопьянов Р. Ю., Титок В. П., Артамонова А. Е. Учебное пособие программный комплекс Лира-Сапр 2013: учебное пособие. Москва: Электронное издание, 2013. -376 с.
3. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних



- конструкцій та основ будівель та споруд. [чинний з 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. - 67 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. - 32 с.
  5. ДСТУ Б В.2.6-210-2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. [чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016.- 46-51 с.
  6. ДБН В. 1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. [чинний з 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. - 29 с.
  7. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. [чинний з 2008-10-01 ]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с.
  8. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. [чинний з 2015-01-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. - 199 с.
  9. Козлов С.В., Кудашкин М.С. Усиление стальных конструкций методом увеличения сечения с использованием плазменной сварки. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. – Випуск 4, 2009 р. С.108-113
  10. Попов В. О. Раціональні методи підсилення просторового каркасу кіноконцертного залу "райдуга" в умовах збільшення навантаження / В. О. Попов, О. В. Войцехівський // Будівельні конструкції: теорія і практика. - 2017. - Вип. 1. - С. 15-21.
  11. Романенко С.Н., Андриєвська Я.П., «Усиление существующей несущей конструкции покрытия. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини: збірник наукових праць*., м. Одеса, 2019. – Вип. 23.- С. 74-81.
  12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №97144 Проектування підсилення кровляної ферми / С.М. Романенко, Я.П. Андриєвська (Україна); заяв. 08.04.2020
  13. Adam JM; Ivorra S; Gimenez E; Moragues JJ; Miguel P; MirAgall C; Calderon PA. “Behaviour of axially loaded RC columns strengthened by steel angles and strips.” *Steel and composite structures*, 7(5), pp. 405–419. (2007) <https://doi.org/10.12989/scs.2007.7.5.405>
  14. Abramski, M. Load-carrying capacity of axially loaded concrete-filled steel tubular columns made of thin tubes. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* volume **18**, 902–913 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.acme.2018.01.002>
  15. Yang, Y., Chen, Z., Zhao, Z. *et al.* Axial compression performance of steel box columns with different strengthening schemes. *International Journal of Steel Structures* **17**, 367–378 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13296-017-6001-0>

## REFERENCES

1. Barashykov A.Ia., Malyshev O.M. Otsenka tekhnicheskoho sostoiannya stroytelnykh konstruktsiy, zdaniy u sooruzheniy : NMTs Derzhnahliadokhoronpratsi Ukrainy, 1998. 23 s.
2. Horodetskyi D.A., Barabash M.S., Vodopianov R.Iu., Tytok V.P., Artamonova A.E. Uchebnoe posobyе prohrannyyi kompleks Lyra-Sapr 2013: uchebnoe posobyе. Moskva: Elektronnoe yzdanye, 2013. 376 s.
3. DSTU B V.3.1-2:2016. Remont i pidsilennya nesuchih i ogorodzhuvalnih budivelnih konstruktsiy ta osnov budivel ta sporud. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017.
4. DSTU-Н Б В.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. [Chynnyi z 2017-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP "UkrNDNTs", 2017. 32 s.



5. DSTU B V.2.6-210-2016. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivelnykh konstruksii, shcho ekspluatuiutsia. [Na zaminu DBN 362-92; chynnyi z 2017-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2016. 46-51s.
6. DBN V. 1.2-14-2018. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel ta sporud. [Chynnyi z 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2018. 29 s.
7. DBN V.1.2-9-2008. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Bezpeka ekspluatatsii. [Chynnyi z 2008-10-01 ]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008. 21s.
8. DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruksii. Normy proektuvannia. [chynni z 2015-01-01] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2014. 199 s.
9. Kozlov S.V., Kudashkin M.S. Usilenie stalnykh konstruksiy metodom uvelicheniya secheniya s ispolzovaniem plazmennoy svarki. ZbIrnik naukovih prats UkraYinskogo naukovy-doslIdnogo ta proektnogo Institutu stalevih konstruksiy ImenI V.M. Shimanovskogo. – Vipusk 4, 2009 r. S.108-113
10. Popov V. O. Ratsionalni metodi pIdsilennya prostорового karkasu kInokontsertnogo zalu "rayduga" v umovah zblIshennya navantazhennya / V. O. Popov, O. V. VoytsehIvskiy // BudIvelni konstruksiyi: teorIya I praktika. - 2017. - Vip. 1. - S. 15-21.
11. Romanenko S.N., Andrievskaya Ya.P., «Usilenie suschestvuyushey nesushey konstruksii pokryitiya. Suchasni budIvelni konstruksiyi z metalu ta derevini: zbIrnik naukovih prats., m. Odesa, 2019. – Vip. 23.- S. 74-81.
12. SvIdotstvo pro reEstratsIyu avtorskogo prava na tvIr #97144 Proektuvannya pIdsilennya krokvyanoyi fermi / S.M. Romanenko, Ya.P. AndriEvska (UkraYina); zayav. 08.04.2020
13. Adam JM; Ivorra S; Gimenez E; Moragues JJ; Miguel P; MirAgall C; Calderon PA. “Behaviour of axially loaded RC columns strengthened by steel angles and strips.” Steel and composite structures, 7(5), pp. 405–419. (2007) <https://doi.org/10.12989/scs.2007.7.5.405>
14. Abramski, M. Load-carrying capacity of axially loaded concrete-filled steel tubular columns made of thin tubes. Archives of Civil and Mechanical Engineering volume 18, 902–913 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.acme.2018.01.002>
15. Yang, Y., Chen, Z., Zhao, Z. et al. Axial compression performance of steel box columns with different strengthening schemes. International Journal of Steel Structures 17, 367–378 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13296-017-6001-0>

17.04.2020 p.