

ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ КРОКВЯНОЇ ФЕРМИ

DESIGN OF REINFORCEMENT OF ROOF FARM

Романенко С.М., ст. викладач, ORCID ID: 0000-0002-0443-3896, Андрієвська Я.П. асистент, ORCID ID: 0000-0003-3052-2515, (ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», м. Херсон)

Romanenko S.M. senior lecturer, Andrievska Y.P. assistant, («Kherson State Agrarian University», city Kherson)

В статті наведено результати обстеження будівлі для виявлення пошкоджених, деформованих несучих елементів каркасу. Розроблені заходи щодо підсилення елементів ферми з метою подальшої безпечної експлуатації. Розроблена розрахункова модель металевої ферми, підсиленої додатковими стрижнями.

The solar power of the world is growing at an exponential rate and so today is an effective solution to the introduction of solar power plants. The installation of alternative sources should start with energy audits, building and facility surveys, project documentation development. Installation of new technical equipment on the roof increases the load on the supporting structures. In this regard, the supporting elements of the building frame need reinforcement.

The article presents the results of visual and instrumental examination of the grain composition located in the agricultural complex according to which deformations of the cover structures were revealed.

A necessary element of the survey is to check the design of the structures, taking into account their actual condition. Verification calculation of structures, taking into account the effect of defects and damages, was carried out with the aim of: possibility of further operation without any restrictions; the need to strengthen the structures.

The object of the study is the existing metal structures of the beam type - the farm, and the subject of the study are the methods of rational reinforcement and regulation of effort in such structures.

Due to the increased load and insufficient cross-section of the farm elements, it is suggested to change the static scheme of the farm by installing additional elements of the grid - struts.

The calculation of the farm is to determine the longitudinal efforts in all its rods, which will later be used in the selection (verification) of the cross-section of its elements.

The study was performed using classical calculations of construction mechanics and methods of computer simulation experiment in the software complex "Lira CAD 2013", which is algorithmically based on the finite element method.

The rational variant of strengthening of load-bearing structures is offered.

The installation of solar panels on the roof of a building is possible provided that a working project is developed to strengthen the elements of the metal farm.

Ключові слова: ферма, підсилення, шпренгель, навантаження, переміщення
farm, piddslennya, strengthening, navantazhennya, moving

Вступ. Стрімке подорожчання енергоносіїв у світі (природного газу, вугілля, нафти тощо) призводить до надзвичайно стрімкого росту цін на електричну енергію для українських підприємств та окремих господарств.

На сьогоднішній день є ефективне рішення для громадян та промисловості стосовно впровадження систем генерації електричної енергії з альтернативних (відновлювальних) джерел. Сонячні електростанції представлені у вигляді систем, що функціонують на основі сонячних батарей, які створюють електричну енергію з сонячної. Встановлення сонячних електростанцій на даху будівель та споруд веде до зростання навантаження на несучі конструкції та до змін умов експлуатації, що є основною причиною підсилення конструкцій.

Аналіз останніх досліджень. До найбільш поширених традиційних способів підсилення металоконструкцій відносяться: збільшення і нарощування перерізів елементів, улаштування додаткових в'язей, ребр, діафрагм, розпірок, підсилення з'єднань елементів, установка додаткових елементів в існуючі конструкції.

Способи підсилення ферм вельми різноманітні. Широко застосовується традиційний, найбільш універсальний спосіб збільшення перерізів стрижнів. Суть його полягає в приєднанні додаткових, стрижневих елементів підсилення до існуючих стержнів і включення їх в загальну роботу по сприйняттю зусиль, що виникають в елементах від зовнішніх впливів.

Підсилення ферм за допомогою збільшення просторової жорсткості досягається шляхом постановки додаткових в'язей, тяжів, збільшенням перетину стрижнів.

Способом зміни конструктивної схеми можна підсилити як окремі стрижні, так і ферму в цілому. Застосовується підсилення стислих стрижнів ферм влаштуванням шпренгелів, що зменшують розрахункову довжину стрижнів. Такий метод підсилення підвищує стійкість стрижнів тільки у

площині ферми і його слід застосовувати при незначному збільшенні зусиль в стержнях.

Принципово новим способом підсилення металевих конструкцій є спосіб, заснований на використанні армованих фібрами полімерних матеріалів. Підсилення композитами металевих конструкцій, на відміну від залізобетонних, отримало найменше поширення. Зовнішнє армування з фіброармованих пластиків в основному використовується для підсилення колон, балок, кроквяних і підкроквяних ферм (елементів найчастіше потребують підсилення) і інших конструкцій. Однак при проектуванні підсилення конструкцій з металу необхідно враховувати залишкову несучу здатність і жорсткість елементів, що піддаються підсиленню.

Постановка мети і задач досліджень.

Метою дослідження є обстеження будівлі для виявлення пошкоджених елементів, формулювання пропозицій щодо підсилення чи заміни цих елементів, 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 скінчених елементів.

Задачі дослідження:

- розроблення розрахункової моделі металевої ферми, підсиленої додатковими стрижнями;
- розрахунок існуючої та підсиленої металевої ферми;
- проаналізувати результати, отримані після експериментальних досліджень.

Методика досліджень. Для вирішення поставлених задач було здійснено комплексне обстеження та обміри будівельних конструкцій складу згідно з нормами [1-4].

Об'єктом обстеження є будівельні конструкції одноповерхового зернового складу № 6. Згідно технічної документації зерновий склад № 6 побудован 1955 році. Склад розташований в сільськогосподарському комплексі ХПП ПраТ «Херсонський КХП» за адресом: Херсонська обл., Білозерський район, с. Микільське, вул. Репринська, будинок 2-А.

В плані будівля прямокутної форми з розмірами 61,5 x 19,9 м. За конструктивною схемою будівля – каркасна. Основними елементами каркасу однопрольотної будівлі являються - колони і ферми, які утворюють поперечну раму каркаса. Поздовжні елементи каркасу – це в'язі між колонами і фермами, покрівельні прогони.

Фундаменти під зовнішні стіни – стрічкові із бутової кладки з вапняку.

Окремо виконані фундаменти під колони, які примикають до стрічкового існуючого фундаменту. Фундамент під колони стовбчастий монолітний залізобетонний. Глибина закладання фундаменту 0,3 м від рівня чистої підлоги.

Зовнішні стіни будівлі виконані двошарові з використанням силікатної кладки ззовні та каменю черепашнику всередині. Висота зовнішніх стін складає 3,5 м. По периметру стін виконаний монолітний залізобетонний пояс, висота якого складає 0,4 м. Уздовж поздовжніх стін ззовні встановлено 22 контрфорси з двох боків.

Дах - ломаний. Матеріал покриття – профіль оцинкований листовий гнучий з трапецієподібними гофрами для будівництва, висота хвилі 20 мм згідно ДСТУ Б В. 2.6-9:2008.

Ферма ФС-1 – металева трикутного обрису, яка має трикутна система решітки з додатковими стойками. Решітка ферми виконана із сталюого гнучого замкнутого зварного профілю (ГЗП) квадратного перерізу, верхній і нижній пояси мають швелерний перетин - із двох швелерів, встановлених полицями всередину.

Прогони покриття виконані суцільного перерізу із ГЗП квадратного перерізу.

Колони суцільного і постійного по висоті перерізу виконані із металевої труби радіусом 273 мм, закріпленої на опорній плиті, крок колон складає 6,0 м. З'єднання колони з фундаментом жорстке за допомогою анкерних болтів. Сполучення колони з фундаментом прийнято за допомогою бази з траверсою.

Висота приміщення зернового складу становить 9,0 м.

В результаті візуального та інструментального обстеження будівельних конструкцій споруди під час експлуатації було встановлено, що експлуатовані прольотні металоконструкції (ферми) мають наднормативні прогини і вимагають корегування проектних рішень. Провисанню ферм запобігає облаштування будівельного підйому, який не був врахований при виготовленні (фото 1).



Фото 1. Вигляд каркасу складу. Кроквяні ферми мають наднормативні прогини

Кріплення прогонів до верхнього поясу виконане за допомогою зварювання і не у вузлах ферми.

Після обстеження прийняте рішення про можливість використання існуючих конструкцій у подальшому. При цьому конструкції можуть бути підсилені з поновленням їх працездатності та підвищення несучої здатності за рахунок спеціальних заходів.

Основною причиною підсилення ферми є:

- зміна умов експлуатації порівняно з проектними;
- зростання навантажень не передбачених проектом (кріплення сонячних батарей);

- наявність неприпустимих дефектів і пошкоджень на стадії проектування, виготовлення і монтажу.

Запропоновано раціональний варіант підсилення несучих конструкцій покриття. Це - введення нових додаткових елементів решітки – шпренгелів (див. рис.1).

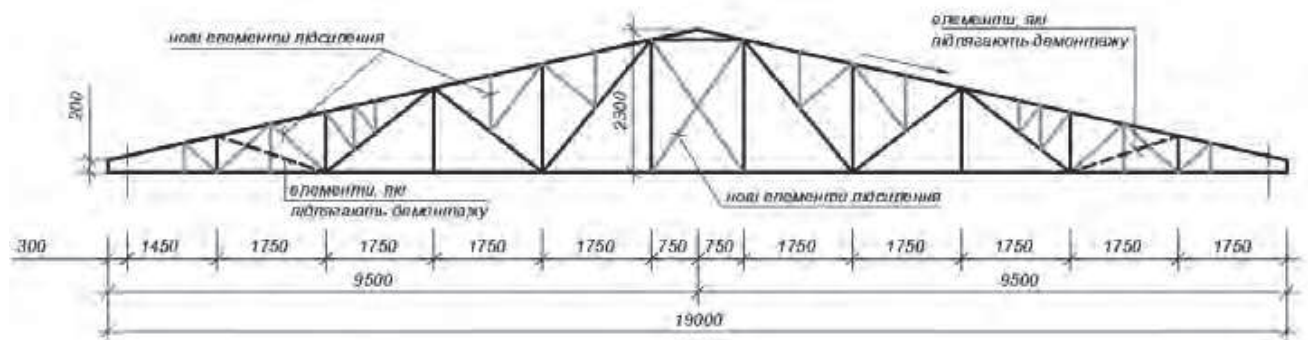


Рис. 1. Схема кровляної ферми ФС-1, підсиленої за допомогою додаткових елементів решітки

Результати досліджень. Як правило, необхідним елементом обстеження є перевірочний розрахунок конструкцій з урахуванням їх фактичного стану. Перевірочний розрахунок конструкцій з урахуванням впливу дефектів і пошкоджень виконується з метою визначення несучої здатності, а також розробки заходів щодо підсилення елементів ферми для подальшої безпечної експлуатації.

Статичний розрахунок конструкції виконувався з урахуванням виявленого фактичного стану елементів і з'єднань. Для оцінки несучої здатності металоконструкцій каркасу будівлі складу №6 в сільськогосподарському комплексі ХПП ПраТ «Херсонський КХП» за адресом: Херсонська обл., Білозерський район, с. Микільське, вул. Репринська, будинок 2-А, згідно з нормами [5, 6] виконано розрахунок металевої ферми у програмному комплексі «Ліра САПР 2013», що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування. [7].

Перевірка несучої здатності і стійкості конструкцій виконана відповідно до діючого нормативного документа ДБН В. 2.6-198:2014 [8].

Розрахунок ферм виконують у такій послідовності:

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

Було створено 2 розрахункові моделі: 1- розрахунок моделі без підсилення, 2 –розрахунок моделі з підсиленням.

Розрахунок моделі без підсилення. *Розрахункова схема з доданими навантаженнями і переміщень уздовж осі Z від розрахункових навантажень представлена на рис. 2, 3.*

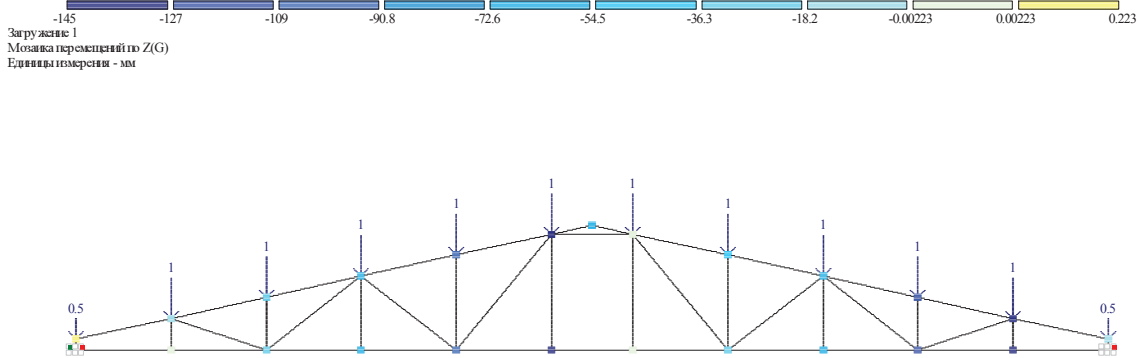


Рис. 2. Переміщення уздовж осі Z від розрахункових навантажень в фермі без підсилення

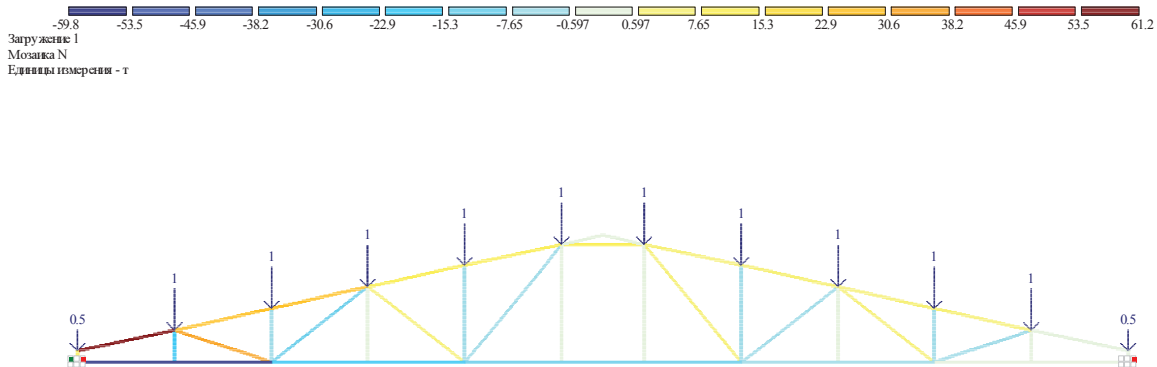


Рис. 3. Розрахункові зусилля від нормативних навантажень в елементах ферми

Розрахунок моделі з підсиленням. Розроблена нова схема ферми з урахуванням навантаження від влаштування на покрівлі сонячної батареї. На рис. 4, 5 представлений розрахункові схеми з доданими навантаженнями.

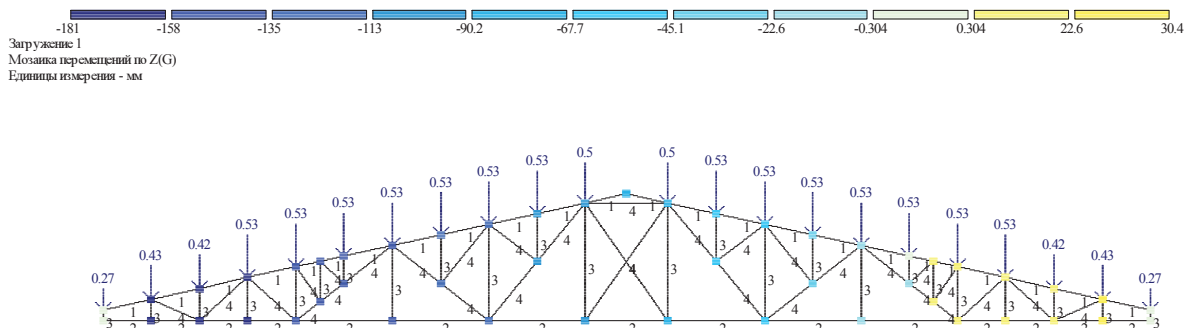


Рис. 4. Переміщення уздовж осі Z від розрахункових навантажень в підсиленій фермі

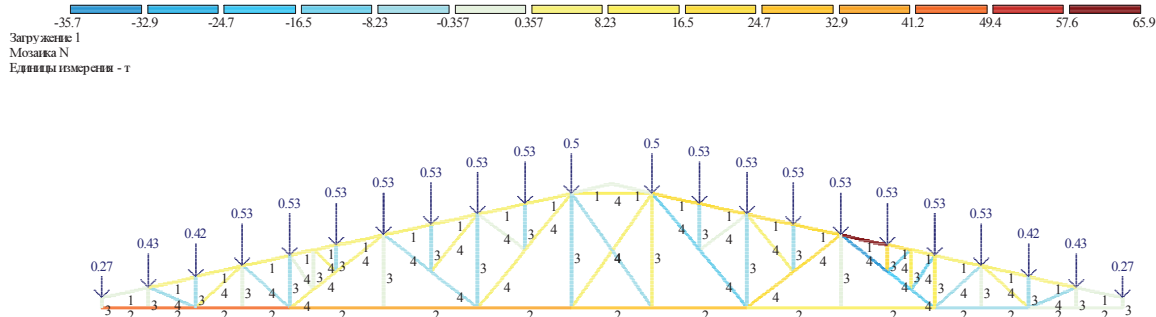


Рис. 5. Розрахункові зусилля від нормативних навантажень в елементах ферми

Висновки. В результаті підсилення відбувся розподіл зусиль і змінився характер деформування ферми, підвищилась несуча здатність.

Після обстеження та перевірних розрахунків прийняте рішення що експлуатація будівлі після встановлення на покрівлі елементів альтернативної енергії можлива за умови усунення виявлених недоліків та

дефектів та розробки спеціального проекту на підсилення елементів металевої ферми.

1. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. [Чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. 82 с.

DBN V.3.1-1-2002. Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhivalnykh budivelnykh konstruktsii i osnov promyslovykh budynkiv ta sporud. [Chynnyi z 2017-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP "UkrNDNTs", 2017. 82 s.

2. 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.

DSTU-N B V.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.

3. ДСТУ Б В.2.6-210-2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. [На заміну ДБН 362-92; чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 46-51с.

DSTU B V.2.6-210-2016. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivelnykh konstruktsii, shcho ekspluatuiutsia. [Na zaminu DBN 362-92; chynnyi z 2017-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2016. 46-51s.

4. Барашиков А.Я., Малышев О.М. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений : НМЦ Держнаглядокхоронпраці України, 1998. 23 с.

Barashykov A.Ia., Malyshev O.M. Otsenka tekhnicheskoho sostoiannya stroytelnykh konstruktsiy, zdaniy u sooruzheniy : NMTs Derzhnahliadokhoronpratsi Ukrainy, 1998. 23 s.

5. 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.

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.

6. 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. 21с.

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.

7. 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.

Horodetskyi D.A., Barabash M.S., Vodopianov R.Iu., Tytok V.P., Artamonova A.E. Uchebnoe posobyе prohramnyi kompleks Lyra-Sapr 2013: uchebnoe posobyе. Moskva: Elektronnoe yzdanye, 2013. 376 s.

8. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. [чинні з 2015-01-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.

DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia. [chynni z 2015-01-01] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2014. 199 s.