

УДК 624.072

**ЕФЕКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДСИЛЕННЯ СТАЛЕВОЇ ФЕРМИ
КОМБІНОВАНИМ СПОСОБОМ**

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ФЕРМЫ
КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ**

**EFFECTIVE FEATURES OF STRENGTHENING STEEL TRUSS WITH COMBINED
METHOD**

*Купченко Ю.В., к.т.н., доц., Сингаївський П.М., к.т.н., доц., Лесечко О.В., к.ф-м.н., доц.
(Одеська державна академія будівництва та архітектури) steelconpro@gmail.com*

*Купченко Ю.В., к.т.н., доц., Сингаевский П.М., к.т.н., доц., Лесечко А.В., к.ф-м.н., доц.
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)*

*Kupchenko Y.V., Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof., Singayevsky P. M., Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof.,
Lesechko A.V., Cand. Sc. (phys. mat.), Assist. Prof. (Odessa State Academy of Civil Engineering
and Architecture)*

Анотація. Підсилення існуючої сталевий кроквяної ферми виконане комбінованим способом – за допомогою зміни її статичної схеми для стержнів верхнього поясу і решітки та збільшення перерізу для елементів нижнього поясу, а також зміною умов роботи стиснутих елементів решітки.

Аннотация. Усиление существующей стальной стропильной фермы выполнено комбинированным способом – с помощью изменения ее статической схемы для стержней верхнего пояса и решетки, увеличением сечения для элементов нижнего пояса, а также изменением условий работы сжатых элементов решетки.

Abstract. Rational use, ensuring the reliability and durability of steel structures during operation are the most important tasks in construction. Directions for the implementation of these tasks are the management of the operational period of service of buildings and structures in real conditions, the correct choice of design and technological solutions in case of strengthening the existing structure. In connection with the mechanical damage to the steel truss of the coating with rods from a pair of equally spaced corners of the operated storage facilities of the sea trading port, to ensure its carrying capacity it is necessary to execute strengthening.

For strengthening of steel truss the basic stages of works – inspection of existent construction, choice of method of strengthening, calculation and constructing of the increased construction, implementation of the developed project of strengthening were executed.

Strengthening of the existing steel truss is carried out in a combined way. For the upper belt and lattice rods, a method of amplification with a change in the static scheme of the truss is used by installing an additional spiral grating. This made it possible to reduce the calculated length in the plane of the truss of the strengthened lattice rods by a factor of two and to increase the value of the critical strength of the loss of stability of the compressed braces and rods of the upper belt. Reducing the estimated length of the rods also made it possible to change the working conditions of the compressed elements of the lattice of the steel truss, which led to a change in the value of the coefficient of operating conditions. The reinforcement of the lower belt is carried out by means of a method for increasing the cross section of round steel, located between the shelves of the reinforced corners, which allowed to maintain the position of the center of gravity of the section.

Ключеві слова: сталева ферма, підсилення, решітка, перерізи, несуча здатність.

Ключевые слова: стальная ферма, усиление, решетка, сечения, несущая способность.

Keywords: steel truss, strengthening, grate, cross-sections, bearing strength.

Вступ. Рациональне використання, забезпечення надійності і довговічності сталевих конструкцій при експлуатації є одними з найважливіших завдань в галузі будівництва України. Напрямами для реалізації цих завдань є управління експлуатаційним терміном служби будівель і споруд у реальних середовищах, правильний вибір конструктивних і технологічних рішень у випадку підсилення існуючої конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність підсилення сталевих конструкцій виникає по трьох причинах: 1) при експлуатації частина елементів конструкцій і їх з'єднань може бути пошкоджена від механічних дій, різних місцевих і загальних перенапружень, а також від атмосферної корозії і дій агресивного середовища; 2) в результаті помилок під час проектування, виготовлення і монтажу несуча здатність конструкції може виявитися нижче необхідної; 3) при реконструкції і технічному переоснащенні підприємств можуть збільшитися навантаження, що впливають на окремі елементи і на конструкцію в цілому. Відповідно, причина, що викликала необхідність підсилення, накладає певну спрямованість і на конструктивні рішення [2, 3, 4].

Метою роботи є розробка ефективного підсилення стержнів існуючої сталеві ферми.

Результати досліджень. Для підсилення сталеві кроквяної ферми із стержнями з парних рівнобоких кутиків експлуатуємої складської споруди морського торговельного порту були виконані основні етапи робіт – обстеження існуючої конструкції, вибір способу підсилення, розрахунок і конструювання підсиленої конструкції, виконання робіт. На етапі обстеження були виконані обмірочні креслення, виявлені дійсні навантаження, досліджено стан і дефекти конструкції. За результатами обстеження були складені відомості дефектів з прив'язкою місця розташування дефекту. Основний вид дефекту – це місцеві пошкодження, викривлення, втрата прямолінійності деяких стержнів в результаті локальних механічних дій підйомно-транспортного устаткування.

Якість матеріалу, з якого виготовлені досліджувані сталеві кроквяні ферми, була уточнена механічними випробуваннями зразків. Для визначення розрахункового опору сталі поясів ферми зразок для випробувань був узятий з пера поясного кутика в місці заводського стику, а для решітки ферми – в розкосі з мінімальним зусиллям (з подальшим відновленням перерізу кутика).

Статичний розрахунок існуючої кроквяної ферми з уточненими розмірами, навантаженнями і якістю матеріалу з врахуванням всіх дефектів і пошкоджень дозволив виявити елементи, несуча здатність яких виявилася нижче необхідної.

Для досліджуваної ферми на першому етапі для стержнів верхнього поясу і решітки був застосований спосіб підсилення із зміною статичної схеми ферми. Цей спосіб полягає в установці додаткової шпренгельної решітки (мал. 1), оскільки вирішальною перевіркою несучої здатності є перевірка стійкості в плоскості ферми із стержнями з парних кутиків (радіус інерції такого складеного перерізу в плоскості ферми менше ніж з плоскості). Це дозволило скоротити розрахункову довжину в плоскості ферми стержнів решітки і верхнього поясу в два рази [1]:

$$l_x = l_{ef} = \mu_x \cdot l \quad \Rightarrow \quad l_x^{\text{усиление}} = l_{ef}^{\text{усиление}} = \mu_x \cdot (0.5 \cdot l) \quad (1)$$

Скорочення розрахункової довжини дозволило в два рази збільшити значення критичної сили втрати стійкості стиснутих розкосів і стержнів верхнього поясу і підвищити несучу здатність підсилених стержнів в плоскості і з плоскості ферми на 15...17 %. Додаткова ефективність від зменшення розрахункової довжини стержнів – це зміна умов роботи

стиснутих елементів решітки сталевій ферми. Згідно з нормами [1, с. 17] для стиснутих основних елементів (окрім опорних) решітки складеного таврового перерізу з двох кутиків в зварних фермах покриттів і перекриттів при розрахунку на стійкість зазначених стержнів з гнучкістю $\lambda \geq 60$ коефіцієнт умов роботи дорівнює $\gamma_c = 0.8$. Зменшена розрахункова довжина стержнів приводить до зниження величини гнучкості ($\lambda < 60$), далі відповідно до зміни умов роботи стиснутих стержнів ферми і нового значення коефіцієнта умов роботи $\gamma_c = 1.0$.



Мал. 1. Підсилена сталева кроквяна ферма за допомогою додаткової шпренгельної решітки

Підвищення несучої здатності стержнів нижнього поясу ферми виконане за допомогою способу збільшення перерізу – приєднанням і включенням в спільну роботу додаткових елементів підсилення з метою підвищення жорсткості і міцності нижнього поясу. В якості елементів підсилення розглядалися стержні з листової сталі, кутиків, круглої сталі. При підсиленні листами зменшується гнучкість підсиленого стержня з плоскості ферми, частина швів напівстельові, тобто такий спосіб зручний для підсилюваних стержнів з невеликими викривленнями в плоскості і з плоскості ферми. Підсилення кутиками, створюючими відкритий переріз, зручно при невеликих викривленнях стержнів і при такому підсиленні також зменшується гнучкість підсиленого стержня з плоскості ферми. Основним варіантом було прийнято підсилення круглою сталлю, що розташовується між поличками підсилюваних кутиків. В цьому випадку центр ваги підсиленого перерізу не зміщується відносно центру ваги перерізу до підсилення, тобто не порушується центрівка стержнів ферми у вузлах; незначне збільшення гнучкості підсиленого стержня не вплинуло на несучу здатність розтягнутого нижнього поясу.

Висновок: Використання традиційного способу підсилення із зміною перерізу елементів і більш ефективного способу підсилення із зміною статичної схеми існуючої сталевій кроквяній ферми за допомогою додаткової шпренгельної решітки та зміною умов роботи стиснутих елементів решітки дозволило досягти економії сталі елементів підсилення до 12% порівняно із застосуванням лише способу збільшення перерізу стержнів.

Література

1. Сталеві конструкції. Норми проектування. ДБН В.2.6 – 198:2014. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
2. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования») // М.: Стройиздат, 1989. – 159 с.
3. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций: Проектирование и расчет / И.С. Ребров / Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 288 с.
4. Ремонт та підсилення несучих і огорожувальних конструкцій і основ промислових будівель та споруд. ДБН В.3.1-1-2002. – К.: Держкомітет України будівництва і архітектури, 2003. – 82 с.