

УДК.624.04.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ (СХЕМ) УСИЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ

Зернов Владимир Викторович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Зайцев Михаил Борисович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Аннотация

В статье представлена методика определения эффективности различных способов усиления стальных ферм на основе вычисления коэффициента эффективности. При этом не требуется детальной разработки проектов усиления, составления проектно-сметной документации.

Ключевые слова: металлическая ферма, способы усиления конструкций, технико-экономические показатели, эффективность усиления.

THE METHOD OF DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT WAYS (SCHEMES) STRENGTHENING OF STEEL TRUSSES

Zernov Vladimir Victorovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Zaytsev Mihail Borisovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Abstract

The article presents a method of determining the effectiveness of various methods of strengthening steel trusses on the basis of calculation of the efficiency ratio, which does not require the detailed development of projects for the strengthening, preparation of design estimate documentation.

Keywords: metal truss, ways to strengthen structures, technical and economic indicators, the effectiveness of strengthening.

Известно[1-3], что при реконструкции промышленных зданий и их технической модернизации происходит повышение эксплуатационных и технологических нагрузок. Это повышение требует и увеличения несущей способности элементов конструкций, соответственно являясь главной причиной их общего усиления.

Физический износ элементов металлических ферм, связанный с коррозией металла, резко снижающей несущую способность, также является одной из причин, требующих их усиления.

Эффективность усиления металлических ферм зависит от экономии материала, уменьшения трудоемкости изготовления элементов усиления и сроков их монтажа. Однако эти положения по своей природе противоречивы, а наиболее выгодное решение получается при наименьшей стоимости. При этом должны удовлетворяться требования прочности, надежности и долговечности.

При выборе того или иного способа усиления металлических ферм следует сравнить различные схемы усиления. Однако для сравнительного анализа необходимо иметь, по меньшей мере, проектно-сметную документацию для каждого из вариантов усиления.

Покажем упрощенную методику определения эффективности различных способов (схем) усиления стальных ферм на основе вычисления коэффициента эффективности по ряду укрупненных показателей.

Значение коэффициента эффективности $K_{эф}$ представим в виде:

$$K_{\text{эф}} = \frac{\Delta F_{\text{кр}}}{T_{\text{ус}}}, \quad (1)$$

где $\Delta F_{\text{кр}}$ - приращение параметра критической нагрузки вследствие усиления фермы; $T_{\text{ус}}$ - обобщенный коэффициент, характеризующий трудоемкость изготовления и монтажа элементов усиления.

Этот коэффициент определяется зависимостью

$$T_{\text{ус}} = T + T_{\text{м}}.$$

Здесь T - трудоемкость изготовления элементов усиления определяется формулой:

$$T = K_{\text{т}} \cdot K_{\text{н.р.}} \cdot \varphi_{\text{т}} \cdot (T_{\text{о}}^{\text{об}} + T_{\text{о}}^{\text{сб}} + T_{\text{о}}^{\text{св}}), \quad (2)$$

$T_{\text{м}}$ - трудоемкость монтажа деталей:

$$T_{\text{м}} = (T_{\text{уст}} + T_{\text{мс}} + T_{\text{укр}}) \cdot \kappa. \quad (3)$$

Коэффициенты в формулах (2) и (3) соответственно

$K_{\text{т}}$ - коэффициент повышения удельной трудоемкости изготовления для конструкций с применением сталей повышенной прочности;

$K_{\text{н.р.}}$ - коэффициент, учитывающий нерасчетные операции;

$\varphi_{\text{т}}$ - строительный коэффициент трудоемкости;

$T_{\text{о}}^{\text{об}}, T_{\text{о}}^{\text{сб}}, T_{\text{о}}^{\text{св}}$ - трудоемкость обработки, сборки и сварки основных деталей;

$T_{\text{уст}}, T_{\text{мс}}, T_{\text{укр}}$ - трудоемкость установки, выполнения монтажных соединений и укрупнения;

κ - коэффициент, учитывающий выполнение работ в стесненных условиях.

Воспользовавшись представленными зависимостями, можно достаточно легко найти технико-экономические показатели различных схем усиления металлических ферм, и выполнять сравнение вариантов усиления. При этом не требуется детальной разработки проектов усиления, составления проектно-сметной документации.

В качестве примера рассмотрим несколько способов усиления фермы из условия общей устойчивости[4-8], представляющей несущую конструкцию покрытия цеха локомотивного депо (рис.1).

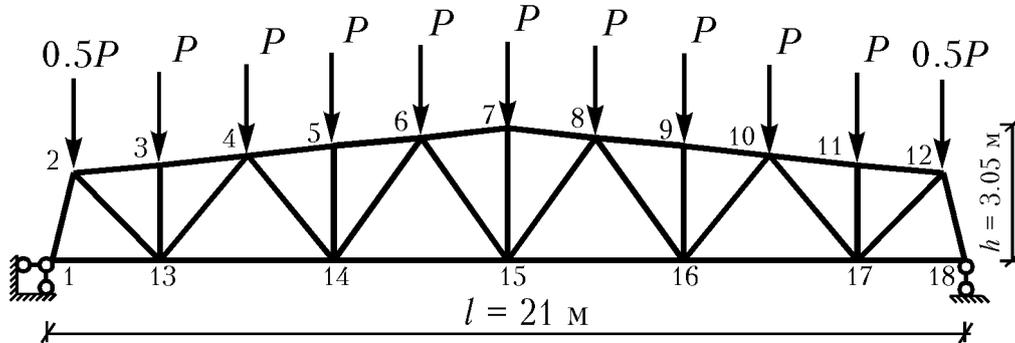


Рисунок 1 - Расчетная схема фермы

Характеристики стержней представлены в таблице 1.

Таблица 1

Элементы фермы	E , ГПа	I , см ⁴	A , см ²
Верхний пояс	210	233.3	46.72
Нижний пояс	210	109.28	27.86
Сжат. раскосы	210	109.28	27.86
Растян. раскосы	210	109.28	27.86
Опорный раскос	210	109.28	27.86
Стойки	210	22.4	9.6

Варианты усиления представлены на рис. 2-6.

Вариант 1.

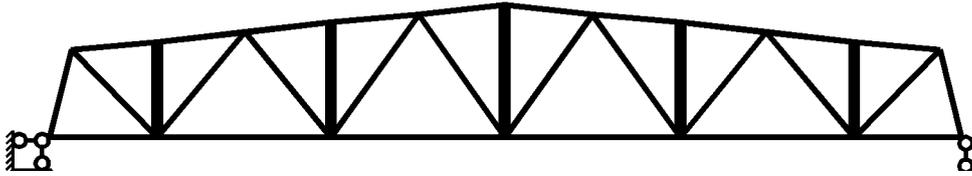


Рисунок 2 - Усиление фермы способом увеличения сечений стоек

Вариант 2.

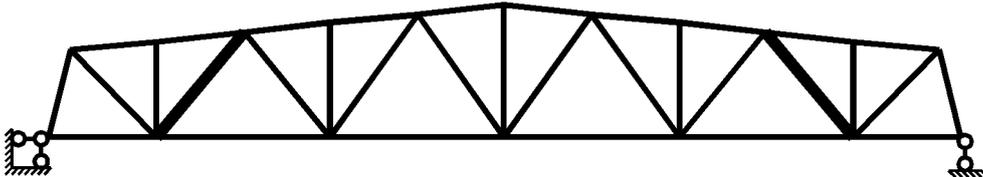


Рисунок 3 - Усиление фермы способом увеличения сечений восходящих раскосов

Вариант 3.

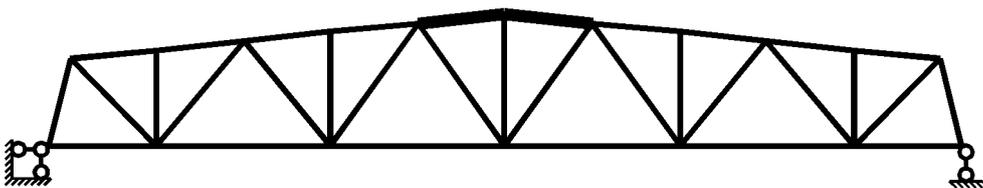


Рисунок 4 - Усиление фермы увеличением сечений стержней верхнего пояса

Вариант 4.

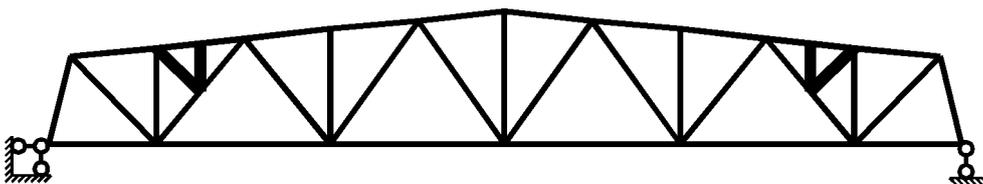


Рисунок 5 - Усиление фермы установкой дополнительных шпренгелей

Вариант 5.

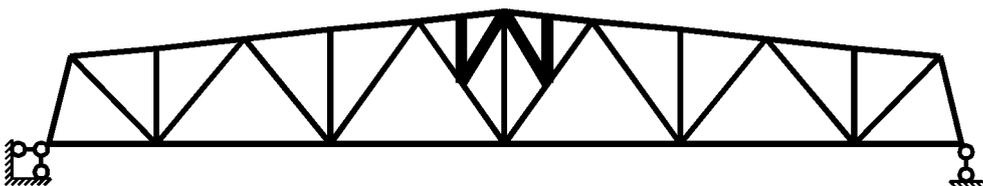


Рисунок 6 - Уменьшение расчетной длины стержней средних панелей верхнего пояса

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

	$P_{кр}$	$\Delta P_{кр}, \%$	T	T_m	$K_{эф}$
Исходная схема	149.96	–	–	–	–
1 способ	154.37	5.62	0.15	8.03	0.69
2 способ	159.74	6.52	0.21	9.63	0.66
3 способ	160.56	7.07	0.22	10.33	0.67
4 способ	158.82	5.92	0.13	6.91	0.84
5 способ	203.05	35.4	0.16	8.52	4.08

Выводы:

1. Представлена методика вычисления обобщенного коэффициента $K_{эф}$ по нескольким укрупненным показателям для определения эффективности различных способов (схем) усиления стальных ферм.

2. Согласно показанной методике, можно определять технико-экономические показатели различных способов усиления металлических ферм, и выполнять сравнение вариантов усиления без детальной разработки проектно-сметной документации.

Библиографический список:

1. Шеин А.И., Бакушев С.В., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Опыт обследования зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №5. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no5/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/5.16/at_download/file

2. Шеин А.И., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Влияние конструктивного и эксплуатационного отказов на долговечность строительных

конструкций // Региональная архитектура и строительство. 2017. №2 (31). С.64-71.

3. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Опыт использования запаса несущей способности стропильной фермы при реконструкции производственного цеха [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2018. №7. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/7.20/at_download/file.

4. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Определение предельной нагрузки для сжатого искривленного стержня фермы с учетом развития пластических деформаций сечения и реальных условий закрепления в узлах [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №2. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.17/at_download/file.

5. Монахов В.А., Зайцев М.Б., Бураева Д.А. Методы численного расчета сжатых стержней на устойчивость [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №4. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no4/stroitelnaya-mehanika/4.5/at_download/file.

6. Зернов В.В., Зайцев М.Б., Анурьева Ю.В. Анализ устойчивости стержневых систем в упруго-пластической стадии работы [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №6. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no6/stroitelnaya-mehanika/6.4/at_download/file.

7. Раевский А.Н., Зайцев М.Б. Проверка несущей способности металлических ферм с учетом искривлений отдельных элементов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1999. № 12.

8. Ласьков Н.Н., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Определение критической нагрузки для стропильных ферм в упругой и упруго-пластической стадиях работы // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 4.