

УДК 692.42

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ  
ПРОЛЕТОМ 24 М, ПОДВЕРЖЕННЫХ СЛОИСТОЙ КОРРОЗИИ**

Бушуев А.А., студент гр. СПм-221, I курс

Шабанов Е. А., к.т.н., зав. каф. СПиЭН

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В Кемеровской области – Кузбассе одна из самых развитых отраслей промышленности – добыча и переработка угля. В связи с этим множество строительных объектов производственного назначения обеспечивают именно угольную отрасль. В большинстве промышленных зданий используется каркасная конструктивная схема с железобетонным, металлическим или комбинированным каркасом. В связи с наличием в зданиях процессов связанных с обогащением угля, в строениях скапливается угольная пыль, которая при взаимодействии с влагой образует угольную и другие кислоты, которые очень ускоряют процессы коррозии металлических конструкций, а также ускоряют процесс карбонизации бетона, что в совокупности с разрушением защитных слоев приводит к быстрому выходу из строя конструкций.

В результате проведенного обследования строительных конструкций производственного здания выявлены дефекты, приводящие к существенному снижению несущей способности конструкций и влекущие возможность внезапного разрушения отдельных конструкций. Наиболее выраженными дефектами являются: разрушение верхних поверхностей бетона, разрушение и коррозия металлических ферм, трещины железобетонных конструкций каркаса, коррозия металлических элементов каркаса и т. д.

На основании проведенного обследования рекомендована разработка усиления металлических ферм пролетом 24 м, подверженных слоистой коррозии. Решение, подразумевающее первоначальное восстановление именно стропильных ферм, заключается в предкритическом состоянии данных конструкций, а также воздействии постоянных динамических нагрузок от технологического оборудования, что конкретно усугубляет долговечность работы стропильных ферм [1]. Сложность разработки мероприятий по восстановлению стропильных ферм состоит в том, что в условиях действующего предприятия, остановка производства приведет к потерям прибыли, а также остановке металлургического производства работающего на обогащаемых коксующихся углях.

Металл ферм не подлежит восстановлению вследствие активного прогрессирования слоистой коррозии под воздействием внешней агрессивной

среды – высокой влажности и высокой концентрации угольной пыли, что в совокупности производит угольную кислоту.



Рис. 1. Металл конструкций фермы, подверженный слоистой коррозии

Проведены обмерные работы, спецификация элементов фермы приведен в таблице. На основании данных обмеров составлены чертежи КМД (конструкции металлические деталировочные).

Нижний и верхний пояса фермы выполнены из уголка равнополочного 130x130x10 мм, опорные стойки – из уголка равнополочного 130x130x10 мм, стойки по узлам фермы – из уголка равнополочного 70x70x10 мм, раскосы – парные из уголка равнополочного 70x70x10 мм по фасонкам, фасонки – из пластин сложной конфигурации толщиной 10 мм. Также по узлам ферм с шагом 3 метра по всей высоте смонтированы ребра жесткости сложной конфигурации из пластин толщиной 10 мм [2-3]. Общий вид фермы смотреть на рис. 2.

По верхнему поясу локально устроено усиление продольных ребер плит покрытия по причине разрушения бетона ребер с оголением рабочей арматуры. Усиление выполнено в виде швеллеров № 14 составного (коробчатого) сечения. По нижнему поясу устроены горизонтальные связи из уголка равнополочного 70x70x10 мм, общий вес связей покрытия – 4,3 тонны. Местами связи деформированы – имеют отклонения, смяты, в связи с этим в дальнейшем они подлежат замене (информация заложена в проекте). Усиления продольных ребер покрытия сварены катетом шва 10 мм по верхнему поясу ферм через узловые фасонки, горизонтальные связи сварены катетом шва 10 мм по нижнему поясу.

Таблица

## Спецификация элементов фермы пролетом 24 м до усиления

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг.	Примечание
1	ГОСТ 8509-93	Л 130x130x10, l= 12025 (верхний пояс)	4	943,96	
2		Л 130x130x10, l=12000 (верхний пояс)	4	942,00	
3		Л 130x130x10, l=1260 (стойка)	4	98,91	
4		Л 70x70x10, l=1205 (стойка)	4	49,60	
5		Л 70x70x10, l=1395 (стойка)	4	57,42	
6		Л 70x70x10, l=1590 (стойка)	4	65,44	
7		Л 70x70x10, l=1775 (стойка)	4	36,53	
8		Л 70x70x10, l=1480 (раскос)	4	60,92	
9		Л 70x70x10, l=1635 (раскос)	4	67,30	
10		Л 70x70x10, l=1690 (раскос)	4	69,56	
11		Л 70x70x10, l=1720 (раскос)	4	70,80	
12		Л 70x70x10, l=1800 (раскос)	4	74,01	
13		Л 70x70x10, l=1840 (раскос)	4	75,73	
14		Л 70x70x10, l=1945 (раскос)	4	80,06	
15		Л 70x70x10, l=1970 (раскос)	4	81,09	
16	ГОСТ 103-2006	– 330x430x10 (фасонка нижний пояс)	2	22,28	шт
17		– 280x280x10 (фасонка верхний пояс)	2	10,54	
18		– 330x600x10 (фасонка нижний пояс)	6	93,26	
19		– 330x285x10 (фасонка верхний пояс)	6	38,10	
20		– 330x600x10 (фасонка верхний пояс)	8	124,34	
21		– 330x1010x10 (фасонка нижний пояс)	1	18,76	
22		– 265x425x10 (фасонка верхний пояс)	1	6,73	
23		– 150x130x10 (фасонка верхний пояс)	8	11,60	
24		– 130x1465x10 (ребро жесткости)	2	8,15	
25		– 130x1655x10 (ребро жесткости)	2	8,45	
26		– 130x1850x10 (ребро жесткости)	2	8,76	
27		– 130x2020x10 (ребро жесткости)	1	4,51	
Теоретический вес фермы:				3128,81 кг	

Перед проектированием усиления ферм произведена зачистка фасонок и предполагаемых мест сварки элементов пескоструйным аппаратом с целью определения возможности сварки металла. Очистные мероприятия позволили доказать, что слоистая коррозия не поразила тело металла в данных местах основательно, вследствие чего усиление ферм возможно. Следующим шагом

произведен поверочный расчет стропильных конструкций после возведения усиления [4-6]. Проверочный расчет показал, что выбранный метод усиления и сечения элементов увеличивают несущую способность металлических ферм, риска обрушения конструкций нет.

Общий вид фермы после усиления смотреть на рис. 2.

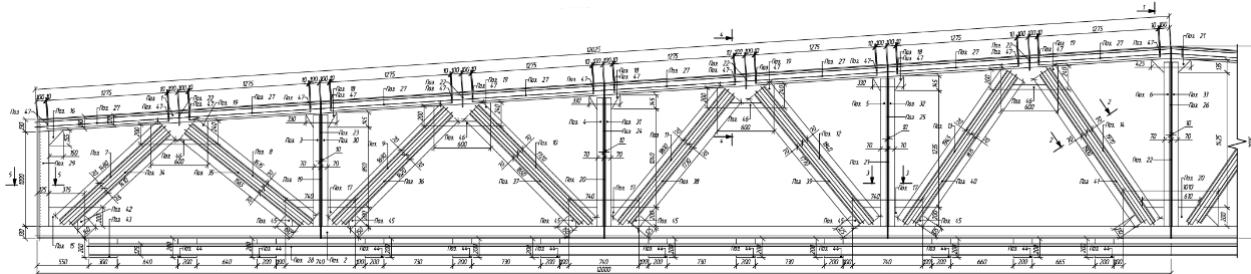


Рис. 2. Общий вид фермы пролетом 24 м после усиления

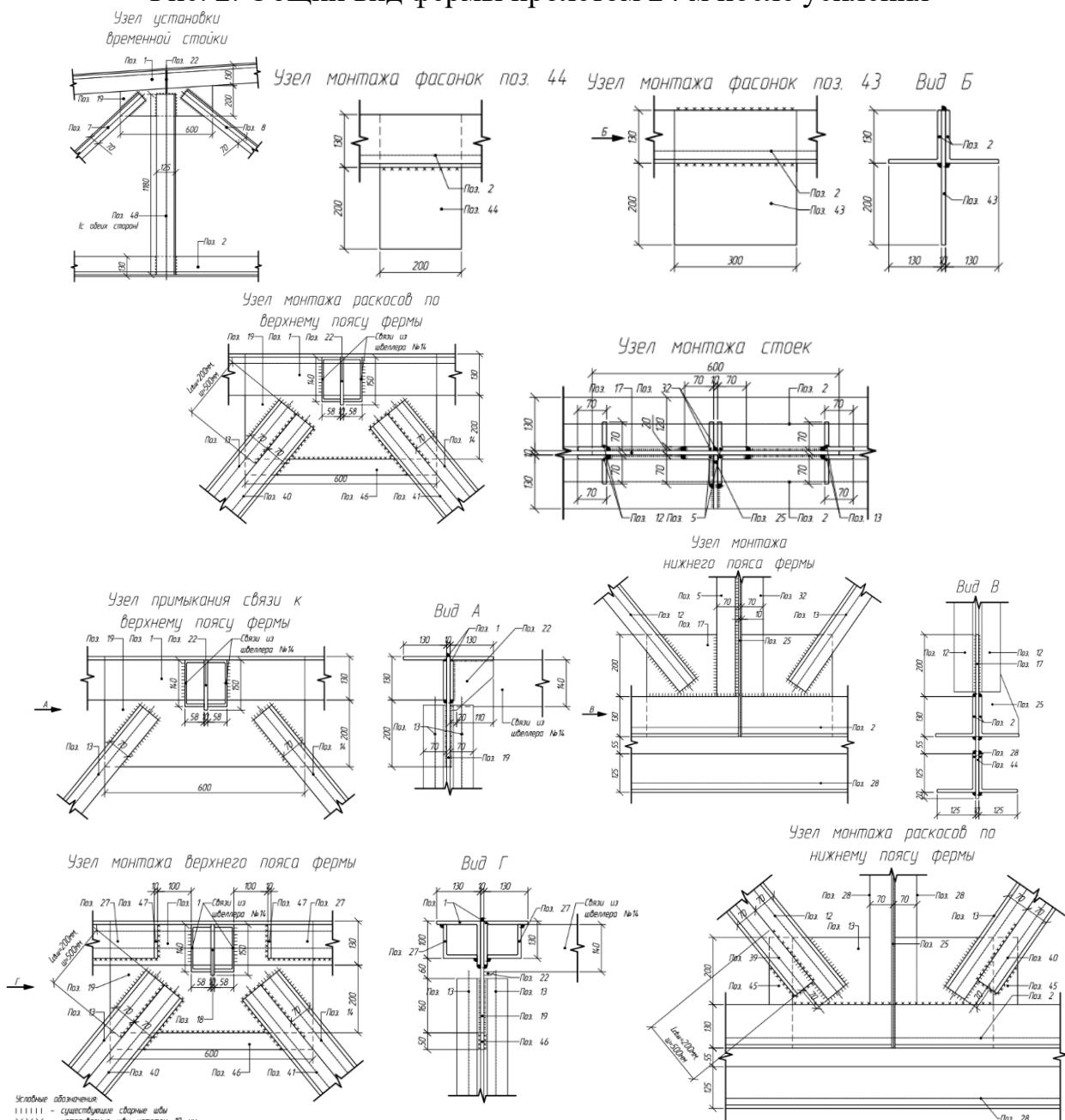


Рис. 3. Узлы монтажа элементов фермы

Разработана технология производства работ по усилению металлических ферм (узлы монтажа элементов смотреть на рис. 3):

1. Зачистить фасонки поз. 17-18, 20-21. Смонтировать стойки поз. 30-33 на существующие фасонки поз. 17-18, 20-21 (смотреть узел монтажа стоек). Стойки сварить между собой швом длиной 200 мм с шагом 500 мм. Катет швов – 10 мм;

2. Зачистить пескоструйным аппаратом фасонки поз. 19 у опор, фасонки поз. 15, 16 и участок нижнего пояса фермы из L 130x130x10 мм под фасонками поз. 19 для установки временных стоек. Смонтировать временные стойки поз. 48 на фасонки поз. 19 и нижний пояс фермы (смотреть узел установки временной стойки). Поэтапно демонтировать торцевые стойки с заменой на новые (поз. 29) на фасонки поз. 15-16. После замены всех стоек поз. 29 демонтировать временные стойки поз. 48; Стойки сварить между собой швом длиной 200 мм с шагом 500 мм. Катет швов - 10 мм;

3. Зачистить места монтажа фасонок поз. 43. Смонтировать фасонки поз. 43 (смотреть узел монтажа фасонок поз. 43). Катет швов - 10 мм;

4. Зачистить участки нижнего пояса фермы в местах монтажа фасонок поз. 44. Смонтировать фасонки поз. 44 (смотреть узел монтажа фасонок поз. 44). Катет швов - 10 мм;

5. Смонтировать нижний пояс фермы поз. 28 на фасонки поз. 43, 44 (смотреть узел монтажа нижнего пояса фермы). Катет швов - 10 мм;

6. Зачистить оставшиеся фасонки поз. 19. Нарастить фасонки поз. 42, 45, 46 на существующие фасонки поз. 15, 17, 19. Катет швов - 10 мм;

7. Смонтировать раскосы поз. 34-41 в направлении от конька к опорам (смотреть узел монтажа раскосов). Раскосы сварить между собой швом длиной 200 мм с шагом 500 мм. Катет швов - 10 мм;

8. Зачистить верхний пояс фермы поз. 1, фасонки поз. 22, элементы ребер жесткости поз. 23-26, примыкающие к верхнему поясу фермы. Окрасить металлические элементы поз. 1, поз. 22-27 кислотостойкой краской ХВ-785. Смонтировать верхний пояс фермы поз. 27 (смотреть узел монтажа верхнего пояса фермы). На торцы верхнего пояса смонтировать фасонку поз. 47;

9. Зачистить пескоструйным аппаратом оставшуюся слоистую коррозию на металлических элементах;

10. Окрасить все металлические элементы кислотостойкой краской ХВ-785.

На основании проделанной работы по разработке рабочей документации на усиление ферм в условиях действующего предприятия можно сделать вывод, что несмотря на состояние несущих стропильных ферм, их усиление возможно без замены и разборки всего покрытия при условии разработки проекта производства работ на выполнение работ с соблюдением требований техники безопасности, охраны труда и промышленной безопасности.

### Список литературы:

1. Иващенко А. М. Особенности расчета характеристик устойчивости для колонн из стали и высокопрочных бетонов в стойках каркасов зданий / А. М. Иващенко, В. И. Калашников, А. А. Каргин // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 28-33.
2. Стafeев Э. А. Изучение конструкций покрытий большепролетных сооружений из перекрестно-стержневых систем и плоских ферм с точки зрения их металлоёмкости / Э. А. Стafeев, Е. М. Белова // В сборнике: материалов X всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». 2018. С. 42812.1-42812.5.
3. Циммерман А. С. Исследование эффективности применения различных конструкций каркаса / А. С. Циммерман, Е. М. Белова // В сборнике материалов X всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». 2018. С. 42818.1-42818.4.
4. Волошин В. Л. Разработка нормокомплекта и средств безопасности для монтажа металлических конструкций / В. Л. Волошин, Е. М. Белова // В сборнике материалов XII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». Кемерово, 2020. С. 42302.1-42302.5.
5. Вершинин Д. С. Исследование напряженно-деформированного состояния жестких узлов стальных каркасов зданий с предварительным напряжением на компьютерных моделях / Д. С. Вершинин, Е. А. Шабанов, В. М. Добрачев // Инновации и инвестиции. 2020. № 10. С. 193-198.
6. Гилязидинова Н. В. Технология строительного производства в примерах и задачах / Н. В. Гилязидинова, А. В. Углиница, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова // Кемерово, 2007.