

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 прогрессирующего 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 деталеровочные).

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	└ 130x130x10, l= 12025 (верхний пояс)	4	943,96	
2		└ 130x130x10, l=12000 (верхний пояс)	4	942,00	
3		└ 130x130x10, l=1260 (стойка)	4	98,91	
4		└ 70x70x10, l=1205 (стойка)	4	49,60	
5		└ 70x70x10, l=1395 (стойка)	4	57,42	
6		└ 70x70x10, l=1590 (стойка)	4	65,44	
7		└ 70x70x10, l=1775 (стойка)	4	36,53	
8		└ 70x70x10, l=1480 (раскос)	4	60,92	
9		└ 70x70x10, l=1635 (раскос)	4	67,30	
10		└ 70x70x10, l=1690 (раскос)	4	69,56	
11		└ 70x70x10, l=1720 (раскос)	4	70,80	
12		└ 70x70x10, l=1800 (раскос)	4	74,01	
13		└ 70x70x10, l=1840 (раскос)	4	75,73	
14		└ 70x70x10, l=1945 (раскос)	4	80,06	
15		└ 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	
<b>Теоретический вес фермы:</b>				<b>3128,81 кг</b>	

Перед проектированием усиления ферм произведена зачистка фасонки 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]. Поверочный 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.

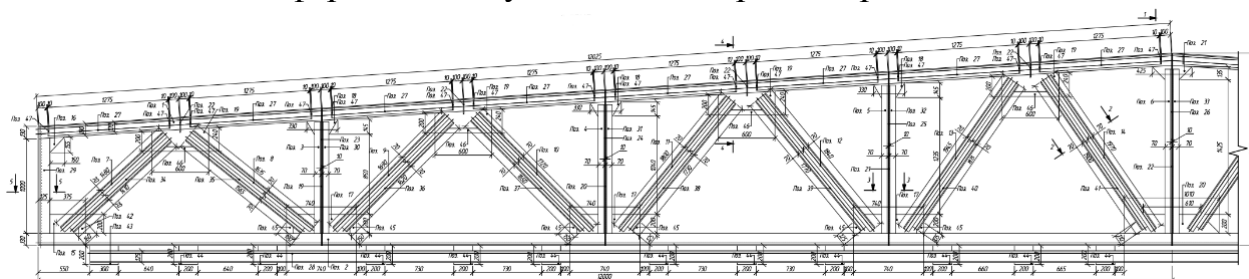


Рис. 2. Общий вид фермы пролетом 24 м после усиления

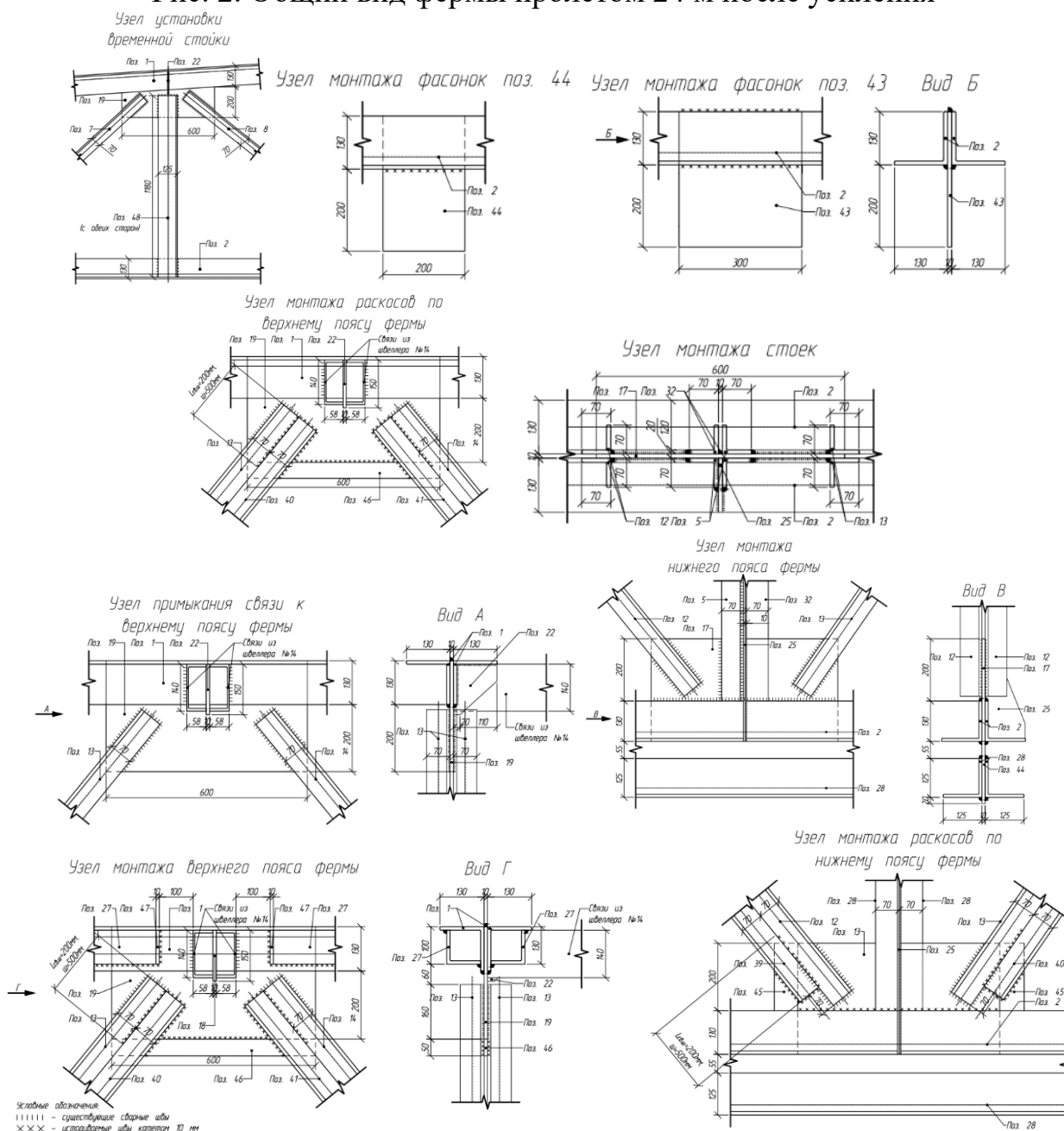


Рис. 3. Узлы монтажа элементов фермы

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  $\perp 130 \times 130 \times 10$  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 фасонки поз. 43. Смонтировать фасонки поз. 43 (смотреть узел монтажа фасонки поз. 43). Катет швов - 10 мм;

4. Зачистить участки нижнего пояса фермы в местах монтажа фасонки поз. 44. Смонтировать фасонки поз. 44 (смотреть узел монтажа фасонки 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. Стафеев Э. А. Изучение конструкций покрытий большепролетных сооружений из перекрестно-стержневых систем и плоских ферм с точки зрения их металлоёмкости / Э. А. Стафеев, 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. Угляница, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова // Кемерово, 2007.