

- and Economics Volume 14, Issue 5, 1996, pages 417-426 DOI: 10.1080/014461996373287. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014461996373287>
- Разрушенное наследие Ирака: причины, факты, последствия (ч.1) <http://www.pos-prikaz.ru/2013/10/razrushennoe-nasledie-iraka-prichiny-fakty-posledstviya-ch-1>
 - Дахй Карим Джабер, «Приватизация государственного сектора в Ираке как основа формирования предпринимательских структур», Интернет-журнал «Наукоедение» №1 2013 <http://naukovedenie.ru/PDF/70evn113.pdf>
 - M. Loosemore, H.S.Al. Muslmani, «Construction project management in the Persian Gulf: inter-cultural communication», *International Journal of Project Management* Volume 17, Issue 2, April 1999, Pages 95–100 doi:10.1016/S0263-7863(98)00030-1. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786398000301>
 - Michele Chwastiak, «Profiting from destruction: The Iraq reconstruction, auditing and the management of fraud», *Critical Perspectives on Accounting* Volume 24, Issue 1, February 2013, Pages 32–43 doi:10.1016/j.cpa.2011.11.009.
 - <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045235411001535>
 - Пять лет войны в Ираке. коллекция фактов http://www.noravank.am/rus/articles/detail.php?ELEMENT_ID=2792
 - Nadhir Al-Ansari and Sven Knutsson, «Toward Prudent management of Water Resources in Iraq», *Journal of Advanced Science and Engineering Research* 1 (2011) 53-67
 - Simone Grego, Andrea Micangeli, Stefano Esposto, «Water purification in the Middle East crisis: a survey on WTP and CU in Basrah (Iraq) area within a research and development program», *Desalination Strategies in South Mediterranean Countries*, Volume 165, 15 August 2004, Pages 73–79, doi:10.1016/j.desal.2004.06.007 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916404002127>

УДК 624.012

Яровой С.Н.*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**ИСЧЕРПАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ
ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ТРАНСПОРТЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ
УГЛЕПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА ПАО «АЛЧЕВСКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА
ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНО АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

Металлическая транспортерная галерея отделения предварительного дробления (У-5) углеподготовительного цеха №1 коксохимического производства ПАО «Алчевский металлургический завод» предназначена для транспортировки угля от отделения предварительного дробления на дозировочное отделение.

Комплекс зданий и сооружений углеподготовительного цеха построен в конце 50-тых годов XX столетия. В 1979 году была произведена замена (методом обстройки) металлических конструкций галерея отделения предварительного дробления (У-5).

Транспортерная галерея находится поблизости от коксовой батареи и тушильной башни (фото 1). Металлоконструкции галереи подвергаются постоянному воздействию газов, выделяющихся при работе коксовой батареи и тушильной башни – окислов углерода, сероводорода, сернистого ангидрида, угольной пыли и т.д. Группа агрессивности газов по СНиП 2.03.11-83 – А, степень агрессивности воздействия среды – сильноагрессивная. Степень агрессивности воздействия среды на конструкции внутри галереи – среднеагрессивная.



Фото 1. Общий вид транспортерной галереи.

Наклонная галерея отделения предварительного дробления представляет собой трех пролетное сооружение с консольным примыканием к зданию предварительного дробления. Внутри галереи расположен один транспортер, предназначенный для транспортировки угля от отделения предварительного дробления на дозировочное отделение. Транспортерная галерея состоит из двух температурно-деформационных отсеков. Общая длина галереи по уклону – 81.88м, ширина галереи – 4.42м.

Транспортерная галерея состоит из металлических ферм, металлических балок перекрытия и покрытия по нижним и верхним поясам ферм, связей по покрытию и перекрытию, одной неподвижной и трех маятниковых колонн, железобетонных плит перекрытия и покрытия (в осях 2-3), стеновое ограждение из асбестоцементных волнистых листов. Пролеты галереи в осях 0¹-1¹ – 17.45м, в осях 1¹-2¹ – 29.45м, в осях 2¹-3¹ – 29.45м.

Металлические фермы пролетных строений – с параллельными поясами с треугольной решеткой. Верхние и нижние пояса ферма изготовлены из парных угол-

ков (125x8 и 100x8 соответственно), опорный раскос – из парных уголков 100x10 (фото 2). Расстояние между фермами – 4.42м, расстояние между верхним и нижним поясами ферм – 3.30м, стойки галереи установлены с шагом – 3.00м.

В процессе эксплуатации из-за значительного коррозионного износа нижний пояс усилен двумя уголками 140x10, верхний пояс – двумя уголками 140x10, опорный раскос – двумя уголками 160x10, остальные раскосы – двумя уголками 140x10. При этом, фасонки ферм не усилены.



Фото 2. Металлические фермы верхнего пролета.

По нижним поясам ферм установлены несущие металлические двутавровые балки 35Б1, усиленные листом 240x12мм, по верхним поясам – двутавровые балки 30Б1, усиленные листом 200x8мм. Шаг балок 3.0м. В процессе эксплуатации между поперечными балками по верхнему поясу были установлены дополнительные балки из двух швеллеров №20.

По нижним поясам фермы между собой развязаны крестовыми связями из одиночных уголков 75x6. По верхним поясам фермы развязаны треугольными связями из парных уголков 75x5.

В процессе эксплуатации галереи были демонтированы железобетонные плиты перекрытия и заменены металлическим листом $\delta=8\text{мм}$ В настоящее время кровля галереи выполнена из волнистых асбестоцементных листов.

Мосты пролетных строений транспортной галереи У-5 опираются на четыре металлические колонны и железобетонный каркас дозировочного отделения. По

БУДІВНИЦТВО

оси 1¹ и 2¹ установлены сквозные металлические колонны, состоящие из двух сварных двутавров (стенка - 800x8, полки - 320x16) соединенных между собой крестовой решеткой из уголков 100x8. Неподвижная опора по оси 3¹ состоит из сквозной сварной металлической колонны (стенка - 500x8, полки - 320x16) и металлических подкосов из уголков 100x12.

Металлические колонны установлены на монолитные железобетонные фундаменты. В процессе эксплуатации существующие фундаменты были наращены, базы колонн и анкерные болты крепления колонн к фундаментам оказались забетонированы (фото 3).



Фото 3. Металлическая маятниковая колонна. Элементы крестовой решетки усилены уголками, распучивание между уголками решетки и полками ветвей колонн (фасонками).

Внутри галереи расположен конвейер, транспортирующий уголь, производительность – 800т/ч.

В конце 90-тых годов было выполнено усиление верхних и нижних поясов, раскосов и стоек ферм верхнего и среднего пролета методом приварки дополнительных сечений.

По результатам обследования в 2006 году было выполнено многочисленное усиление элементов ферм верхнего и среднего пролета напряжения в которых близки к расчетным сопротивлениям, также методом приварки дополнительных сечений. Также выполнена замена связей по нижним поясам ферм и решетки по раскосам и распоркам колонн.

По результатам обследования в 2010 году было выполнено многочисленное усиление элементов ферм, восстановлены некачественные или разрушенные сварные швы крепления решетки к раскосам и ветвям колонн, замена связей по верхним поясам ферм и восстановлены недостающие связи по нижнему поясу ферм галереи.



Фото 4. Металлическая ферма верхнего пролета. Разрушение сварных швов между прокладками (сухариками) и парными уголками нижнего пояса.

В октябре–декабре 2014 года было проведено обследование технического состояния строительных конструкций транспортной галереи.

В результате визуального и инструментального обследования выявлены следующие дефекты и повреждения:

металлические колонны:

- коррозионный износ стенок и полок сварных двутавров ветвей колонн до 25%, язвенная коррозия элементов двутавров;
- коррозионный износ уголков раскосов между ветвями колонн до 30%, увеличение зазора (распучивание) между парными уголками раскосов;
- коррозионный износ ребер жесткости между полками и стенкой колонны до 100%;

металлические фермы пролетных строений:

- коррозионный износ верхних и нижних поясов ферм верхних двух пролетов, раскосов и стоек, фасонки до 50% (с учетом элементов усиления), язвенная коррозия фасонки до 60%;
- разрушение сварных швов между прокладками (сухариками) и парными

уголками раскосов и поясов ферм всех пролетов;

- коррозионный износ верхних и нижних поясов ферм нижнего пролета, раскосов и стоек, фасонки до 25% (элементов усиления до 20%);

металлические балки перекрытия и покрытия, связи по нижнему и верхнему поясам ферм:

- увеличение зазора (распучивание) между парными уголками связей по верхнему поясу ферм;

- коррозионный износ стенки балок покрытия на консольном участке верхнего пролета до 100%, коррозионный износ металлического листа (фартука) выше верхнего пояса фермы до 100%.

В результате проверочных расчетов с учетом коррозионного износа с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD получены следующие максимальные напряжения в элементах ферм верхнего и среднего пролета:

в верхнем поясе – до 315 МПа; в нижнем поясе – до 230 МПа (при $R_y=320$ МПа);

в стойках – 230 МПа; в раскосах – 230 МПа (при $R_y=255$ МПа).

Результаты проверочных расчетов с учетом коррозионного износа в сжатых верхних поясах и раскосах ферм свидетельствуют, что напряжения практически равны расчетным сопротивлениям металла. На данный момент фермы практически исчерпали свою несущую способность, а в дальнейшей, несущая способность будет снижаться за счет активных коррозионных процессов, что потребует усиления элементов ферм.

Оценивая техническое состояние строительных конструкций транспортной галереи на основании визуального и инструментального обследований, проверочных расчетов, можно констатировать, что в непригодном к нормальной эксплуатации состоянии (категория III) находятся следующие конструкции: маятниковые металлические колонны, металлические фермы верхнего и среднего пролета, металлические балки покрытия по верхним поясам ферм двух верхних пролетов.

Коррозионный износ верхних и нижних поясов, раскосов и стоек ферм верхнего и среднего пролета с учетом элементов усиления до 50%. Для нормальной эксплуатации ферм пролетных строений необходимо дальнейшее усиление этих элементов. Усиление элементов методом приварки дополнительных сечений становится невозможным из-за утонения существующих элементов до толщины менее 4мм.

Коррозионный износ фасонки ферм верхнего пролета достигает 60%. Фасонки ферм работают в сложном напряженном состоянии (особенно фасонка опорного раскоса) и существенное уменьшение толщины фасонки (особенно язвенная коррозия, как концентратор напряжения) может привести к разрушению фасонки и обрушению ферм. Эффективное наращивание толщины фасонки, путем приварки дополнительных листов, в реальных условиях эксплуатации невозможно. Увеличение размеров фасонки (длины и ширины) позволяет увеличить длину сварных швов крепления раскосов к фасонке, но практически не уменьшает напряжения в существующей части фасонки и не увеличивает ее несущую способность. Усилия с раскосов на фасонки передаются на участке равной ширине уголка плюс 1/2 ширины уголка с каждой стороны. То есть, произведенное увеличение размеров фасонки при ремонте позволило увеличить длину сварных швов, но не компенсировало потерю несущей способности из-за значительного коррозионного износа фасонки.

Учитывая значительный коррозионный износ основных несущих элементов и элементов усиления металлических ферм верхнего и среднего пролета, невозможность дальнейшего усиления элементов ферм за счет наращивания сечения при помощи сварки, дальнейшая безопасная эксплуатация металлических этих ферм галереи отделения предварительного дробления с августа 2015 года признана не возможной.

Все металлические колонны (опоры), фермы нижнего пролета, балки перекрытия и покрытия (фото 5), связи по верхним и нижним поясам, возможно эксплуатировать только после проведения ремонтных работ.

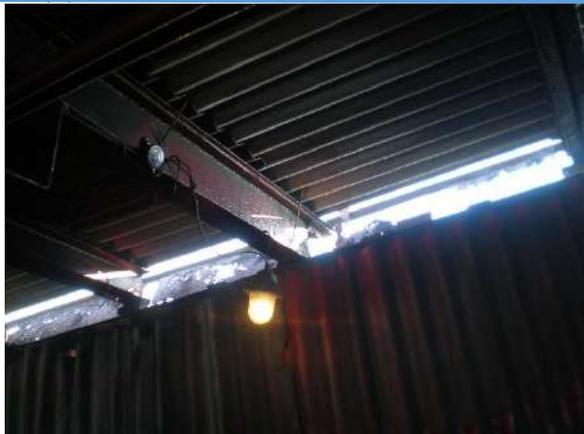


Фото 5. Металлические балки покрытия.

Коррозионный износ стенки балки покрытия до 100%, коррозионный износ металлического листа фартука выше верхнего пояса фермы до 100%.

Для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации транспортной галереи необходимо выполнить следующие работы по ремонту:

выполнить усиление всех колонн путем наращивания толщины полок и стенок двутавров ветвей, приваркой к ним непрерывными швами листов ;

восстановить разрушенные сварные швы между прокладками (сухариками) и уголками раскосов ферм нижнего пролета.

Выполнить замену существующих металлических ферм верхнего и среднего пролета методом обстройки с установкой новых ферм или методом подводки под существующие балки перекрытия новых балок пролетных строений, опирающихся на существующие и новые колоны.

Эти методы реконструкции предусматривают возможность не останавливать производство.

Вариант обстройки металлических ферм галереи предусматривает установку с каждой стороны существующих ферм новых ферм. Новые фермы установить на металлические поперечные балки, приваренные к существующим колоннам. Новые поперечные балки перекрытия галереи подвести под существующие балки и соединить с ними. Устроить связи по нижнему поясу новых ферм. На верхние пояса ферм установить поперечные балки и связи по верхнему поясу. Устроить новую кровлю и стеновое ограждение. Существующие металлоконструкции ферм, балки

покрытия, связи по верхнему поясу ферм возможно поэлементно демонтировать.

Вариант реконструкции методом подводки под существующие балки перекрытия существующих ферм новых балок пролетных строений предусматривает устройство двух - трех дополнительных колонн и фундаментов, установки новых балок пролетных строений под существующие поперечные балки галерки, с опорой балок пролетных строений на существующие и новые колонны, устройство стоек и балок покрытия, стенового ограждения и покрытия. После выполнения всех работ по устройству новых полетных строений галереи необходимо демонтировать существующие фермы, баки и связи по верхнему поясу ферм. Это вариант реконструкции более трудоемок (необходимо возводить новые фундаменты и колонны).

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДБН В.1.2-2:2006. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования.
2. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкции зданий и сооружений. Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа.
3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М.: АО «НИЦ «Строительство», 2011.
4. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. – М.: АО «НИЦ «Строительство», 2011.
5. Металлические конструкции. Г.С. Ведеников и коллектив авторов. Москва. Стройиздат. 1998 г.
6. Металлические конструкции. Современное состояние и перспективы развития. Мельников Н.П. Москва. Стройиздат. 1983 г.
7. Металлические конструкции. Специальный курс. Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий, Г.С. Ведеников, Л.В. Клепиков, Т.Н. Морачевский. Москва. Стройиздат, 1982.
8. Металлические конструкции. Справочник проектировщика. Под общ. ред. В.В.Кузнецова. ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова. Москва. 1999.
9. Steel Structures. Design and Behavior (5-th Edition). Salmon C., Jonmson J. UK. 2008.
10. Steel Structures Design. USA: New Factor Publication. Williams A. 2010.