

УДК 69.059

Горбач Павел Сергеевич,
к.т.н., зав. каф. ПГС, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: gorbachps@mail.ru

Пилипенко Александр Николаевич,
студент гр. СТ-22, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: pgs@mail.ru

ЗАМЕНА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ БЕЗ ДЕМОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ

Gorbach P.S., Pilipenko A.N.

REPLACEMENT OF INDIVIDUAL COMPONENTS OF RAFTER TRUSSES WITHOUT DISMANTLING THE COATING STRUCTURES

Аннотация. В статье рассматриваются дефекты и повреждения, возникшие в металлических фермах из-за влияния агрессивной среды. Предложен способ усиления металлических конструкций без демонтажа с помощью введения временных креплений.

Ключевые слова: ферма, дефект, усиление, техническое состояние.

Abstract. The article discusses defects and damages that have occurred in metal farms due to the influence of an aggressive environment. A method of strengthening metal structures without dismantling by introducing temporary fasteners is proposed.

Keywords: metal truss, defect, reinforcement, technical condition.

Как правило, ремонт и усиление конструкций покрытия, выполненных в виде стальных ферм, изготавливаемых из прокатных профилей довольно прост. Симметричные сечения поясов, раскосов и стоек чаще всего выполненные из спаренных прокатных уголков, а также свободное пространство в пределах высоты ферм позволяет свободно развивать сечение элементов до получения необходимых характеристик (прочности, устойчивости). Тем не менее, на практике возникают случаи, при которых восстановление аварийных конструкций покрытия требует неординарных мероприятий.

Так, в процессе сбора исходных данных предшествующему обследованию строительных конструкций одного из промышленных зданий предприятия химической промышленности Иркутской области было установлено следующее:

– основной производственный блок здания представляет собой двух-трехэтажное прямоугольное в плане здание размерами по осям 18,0×96,0 (В×L) м, с шагом колонн 6,0 м. Отметка низа стропильных конструкций покрытия (ферм) +19.000. Стропильные фермы имеют трапециевидное очертание – решетка треугольная с восходящим опорным раскосом и дополнительными стойками, выполненных из спаренных уголковых профилей, составленных в тавр или в крест, узлы выполнены на фасонных листах, все соединения – сварные.

Согласно проектному решению и эксплуатационной документации до 2000 года конструкции покрытия эксплуатировались с аэрационным фонарем. Мероприятия по демонтажу фонаря и усилению ряда стропильных ферм были

рекомендованы материалами обследования, выполненного специализированной организацией в 1999 г, и связаны с близким к аварийному техническому состоянию вышеуказанных конструкций.

Отсутствие своевременного ремонта привело к тому, что в 2000-2001 гг., произошла авария – обрушение конструкций покрытия в двух пролётах, примыкающих к торцу здания. После аварии, был выполнен демонтаж аэрационного фонаря, заменены четыре наиболее поврежденные фермы, заменены часть плит покрытия и отремонтирована кровля с заменой теплоизоляционного слоя и рулонного покрытия.

Анализ техногенных факторов, влияющих на строительные конструкции, показал, что стропильные фермы эксплуатируются в агрессивной среде. В атмосфере основного блока присутствует хлористый водород в газообразном состоянии и в виде паров соляной кислоты, что вкупе с протечками кровли в период выпадения осадков, создает активную агрессивную среду по отношению к металлу, степень агрессивности которой, в зависимости от влажности, изменяется от слабой до сильной.

Непосредственно в процессе проведения обследования выявлены следующие дефекты ферм покрытия, вызванные агрессивным воздействием среды эксплуатации:

- антикоррозионная защита отдельных ферм частично, либо полностью разрушена, наблюдается скопление продуктов коррозии между полками уголков всех элементов ферм (поясов, стоек, раскосов);
- неравномерная коррозия на всей поверхности элементов ряда ферм в осях глубиной 1÷2 мм;
- в результате давления продуктов коррозии, скопившихся между полками уголков элементов ферм, выявлены деформации полок уголков и разрывы сварных швов крепления уголков раскосов и стоек между собой в местах установки сухарей и в местах крепления к фасонному листу (фото 1);
- в результате длительных протечек кровли выявлена сквозная коррозия опорных узлов и опорных стоек двух ферм (фото 2), коррозионные потери поясов в месте примыкания к опорной стойке достигали 5 мм,
- выявлены локальные участки с деформациями и коррозией вертикальных связей и распорок между фермами.

Исходя из срока эксплуатации здания (44 года), а также учитывая выявленную при обследовании глубину коррозии металлоконструкций покрытия (в основном не более 2 мм), скорость проникновения коррозии от воздействия агрессивных газов и паров не превышает 0,05 мм/год. Но вышесказанное справедливо только для металлоконструкций покрытия, не подвергавшихся значительному увлажнению в результате протечек кровли. В противном случае агрессивное воздействие среды многократно усиливается (выявленные дефекты опорных узлов со сквозной коррозией).

В процессе проведения обследования были взяты пробы металла для исследования химического состава и физико-механических свойств материалов конструкций. Согласно протоколам испытаний металл ряда стропильных ферм соответствует по составу стали Ст0 ГОСТ 380-2005 (1) что не соответствует первоначальной проектной документации, согласно которой для изготовления стропильных ферм применялся прокат из стали Ст3.

Для оценки влияния выявленных дефектов и несоответствий выполнен поверочный расчет несущей способности стропильных ферм. При проведении расчета учтены следующие неблагоприятные факторы:

- коррозия элементов ферм глубиной до 1,6 мм (расчетная толщина уголков задана на 2 мм меньше проектного значения);
- увеличение расчетной снеговой нагрузки для II-го снегового района по СНиП 2.01.07-85*(2) с изм. № 2 (проектная - 98 кгс/м², фактическая - 120 кгс/м²);
- увеличение расчетного значения сейсмического воздействия по данным сейсморайонирования, изыскания проведены институтом «ВСГИСИЗ» в 1981 г (проектное – 7 баллов, фактическое – 8 баллов);
- в качестве используемой для изготовления конструкций стали принята сталь марки Ст0, имеющая меньшие расчетные характеристики по сравнению с проектной маркой стали - Ст3.



Фото 1. Скопление продуктов коррозии, деформации полков уголков.



Фото 2. Сквозная коррозия опорного узла.

По результатам расчета максимальные коэффициенты (K_{max}) использования сечений стержней ферм эксплуатирующийся с даты постройки здания составляют соответственно:

Учитывая, что значение K_{max} не превышает единицу, несущая способность элементов и стропильной фермы в целом, обеспечена (Таблица 1).

Таблица 1 – Критерии расчета

Наименование конструктивного элемента фермы	$K_{\max}$	Критерий
Верхний пояс	0,74	устойчивость из плоскости действия момента M_z при внецентренном сжатии
Нижний пояс	0,86	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов
Стойки	0,46	гибкость в плоскости X_1OZ_1
Раскосы	0,67	гибкость в плоскости X_1OZ_1

Положительные результаты поверочного расчета, с учетом принятых неблагоприятных факторов, объясняются следующими причинами:

- при проектировании заложен значительный запас прочности;
- в связи с демонтажем фонаря значительно снизилась нагрузка от собственного веса металлоконструкций покрытия, в месте с этим ликвидирована возможность скопления снега в местах перепада кровли (снеговые мешки);
- в результате ремонта кровли применен более легкий теплоизолирующий материал.

Как видно из результатов расчёта, стержневые элементы ферм не требуют усиления. И при своевременном ремонте и восстановлении антикоррозионного покрытия обеспечивается дальнейшая безопасная эксплуатация конструкций покрытия.

Исключение составляют опорные узлы двух смежных ферм, в которых выявлена сквозная коррозия, а техническое состояние данных ферм оценивалось как аварийное (3). Практически полная коррозия опорных и закладных деталей в оголовке колонн и значительная коррозия примыкающих к опорным узлам элементов ферм, не позволяли разработать конструкцию усиления, обеспечивающую передачу нагрузки на оголовки колонны. Дополнительно и сам оголовок колонны требовал ремонта.

Анализируя создавшуюся ситуацию, было принято решение о замене опорного узла. А, следовательно, требовалось снять с него нагрузку, то есть на период замены опорного узла, вывесить и надёжно раскрепить стальную ферму (пролётом 18 м) вместе с конструкциями покрытия (сборными железобетонными плитами).

Для решения данной задачи в расчётную схему фермы были внедрены дополнительные стержневые элементы, создавшие возможность, посредством вспомогательной стойки опирающуюся на железобетонную подкрановую балку передать усилия от конструкций покрытия с оголовка на консоль колонны (рисунки 1). Выбор необходимого сечения вводимых элементов, а также проверка достаточной несущей способности консоли колонны были подтверждены дополнительными расчётами.

Для включения временных конструкций в работу предусмотрен узел из двух клиньев. Клинья, стягиваемые трубами навстречу друг другу, выби-

рают зазор между временной стойкой и нижним поясом и, при приложении дополнительных усилий, включают стойку в работу. Для обеспечения устойчивости фермы из плоскости, до начала работ требовалось восстановление поврежденных связей и распорок по нижнему поясу.

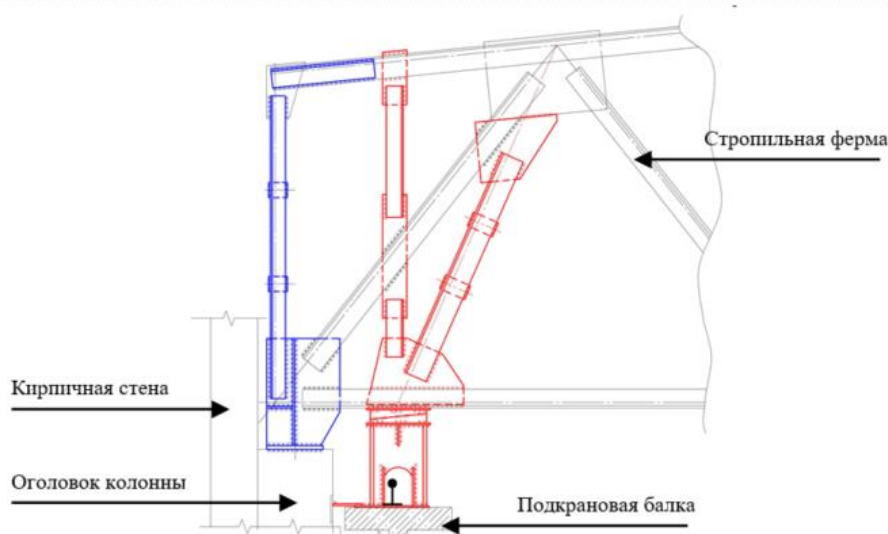


Рисунок 1 – Схема временного раскрепления фермы.

Как показала практика, устранение выявленного дефекта методом замены опорного узла вполне оправдано. Изготовление всех необходимых конструкций (как временных, так и заменяемых) производилось заранее, и при благоприятных условиях (в ремонтных цехах предприятия). После демонтажа поврежденных опорных узлов ферм, выполнены работы по ремонту оголовков колонн, что было бы трудно сделать при ином способе устранения дефекта. При этом сохранено конструктивное решение узла, что при последующей эксплуатации упрощает отслеживание технического состояния конструкции.

ЛИТЕРАТУРА.

1. **Российская Федерация. Законы.** ГОСТ 380-2005. Межгосударственный стандарт. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки" (введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 20.07.2007 N 185-ст) (ред. от 28.12.2015);
2. **Российская Федерация. Законы.** СНиП 2.01.07-85*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия"(утв. Постановлением Госстроя СССР от 29.08.1985 N 135)(ред. от 29.05.2003);
3. **Российская Федерация. Законы.** ГОСТ 31937-2024. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния"(введен в действие Приказом Росстандарта от 10.04.2024 N 433-ст).