

ВЫНУЖДЕННОЕ УСИЛЕНИЕ КАРКАСА ЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО- СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ В Г. ХОТЬКОВО МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

THE REQUIRED STRENGTHENING OF THE BUILDING FRAME PRODUCTION- WAREHOUSE PREMISES IN KHOTKOVO, MOSCOW REGION

М. И. ФАРФЕЛЬ, канд. техн. наук

М. И. ГУКОВА, канд. техн. наук

Д. В. КОНДРАШОВ

Д. Ю. КОНЯШИН

Приведены результаты обследования каркаса здания производственно-складских помещений в г. Хотьково Московской обл., смонтированного из колонн постоянного двутаврового сварного сечения и неразрезных ферм покрытия, пролетом 24 м, выполненных с параллельными поясами и треугольной решеткой с нисходящим опорным раскосом, изготовленных фирмой «РУУККИ РУС» из спаренных оцинкованных холодногнутых профилей, соединенных между собой и с фасонками на болтах.

Проанализированы причины потери несущей способности некоторых элементов конструкций покрытия после монтажа, в условиях отсутствия водостоков и вертикальных связей между фермами при самой большой снеговой нагрузке, в т.ч. в ендовах здания, в марте 2018 г.

Описаны дополнительные мероприятия по усилению конструкций для обеспечения его устойчивости и приведения здания в работоспособное состояние.

The results of the survey of the frame of the building of the production and warehouse complex in the city of Khotkovo, Moscow region, mounted from the columns of a constant I-beam welded profile and continuous trusses covering, 24 m span structure, made with parallel belts and a triangular grid with a descending bearing diagonal made by the "Ruukki Rus" company of paired galvanized cold-formed profiles, interconnected and with profiles on bolts.

The reasons for the loss of bearing capacity of some elements of the coating structures after installation, in the absence of drains and vertical connections between the farms at the highest snow load, including in the end of the building in March 2018 are analyzed.

Additional measures to strengthen the structures to ensure its stability and bring the building into the working condition are described.

Ключевые слова:

Техническое состояние, несущая способность, ферма

Key words:

Bearing capacity, technical condition, truss

Обследуемые конструкции каркаса здания производственно-складских помещений (рис. 1), по данным заказчика, смонтированы в феврале-марте 2018 г.



Рис. 1. Общий вид производственно-складских помещений в г. Хотьково

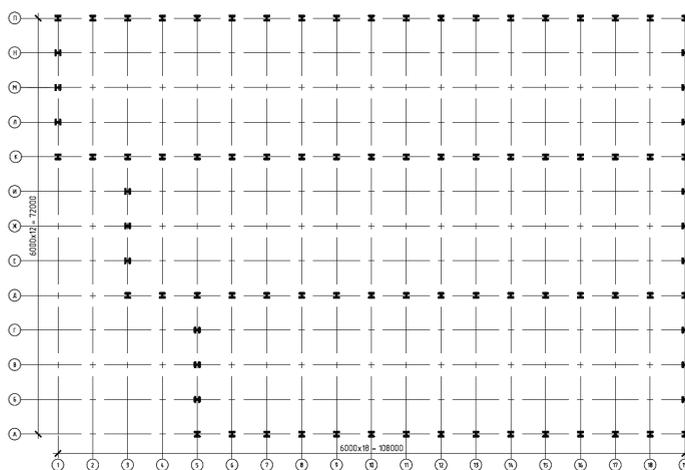


Рис. 2. Схематический план колонн здания склада

Каркас здания решен в виде 14 трехпролетных, 2 двухпролетных и 2 однопролетных рам. Ширина каждого пролета 24 м. Шаг колонн 6 м. Длина здания по ряду П – 108 м, по ряду А – 84 м (рис. 2).

Каркас здания состоит из колонн постоянного двутаврового сварного сечения и неразрезных ферм покрытия, пролетом 24 м, выполненных с параллельными поясами и треугольной решеткой с нисходящим опорным раскосом. Элементы ферм изготовлены фирмой «РУУККИ РУС» из спаренных оцинкованных холодногнутых профилей (в поясах – с гофрированной стенкой), соединенных между собой и с фасонками на болтах.

Отметка низа ферм – 8 м.

Крайние панели нижних поясов ферм в средних пролётах запроектированы как доборные элементы из квадратного гнуто-сварного профиля, соединенные с колоннами (рис. 3).

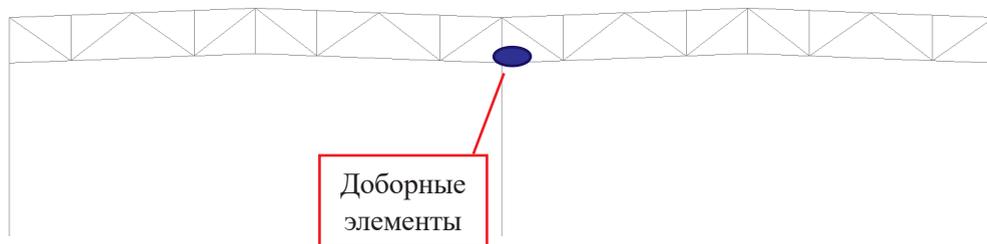


Рис. 3. Схема двухпролетной фермы с доборными элементами

Верхний и нижний пояса ферм приведены на рис. 4, *а,б*. Опираение нижнего пояса к колоннам показано на рис. 5, *а*. Неравнопрочный узел первого от опоры узла фермы показан на рис. 5, *б*.

а



б



Рис. 4. Стропильные фермы покрытия здания склада: *а* — верхние пояса ферм; *б* — нижние пояса ферм

а



б



Рис. 5. Опираение нижнего пояса фермы и распорки на оголовок колонны по среднему ряду (*а*) и решение первого от опоры узла нижнего пояса фермы (*б*)

Распорки из гнутых профилей в первом от опоры узле ферм крепятся между собой на болтах через промежуточный элемент, изготовленный из гнутого профиля с гофрированной стенкой, согнутого в форме уголка (рис. 6).

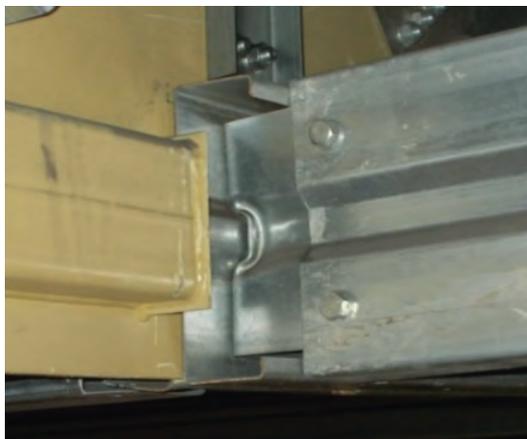


Рис. 6. Крепление распорки к нижнему поясу фермы в первом от опоры узле

По верхним поясам ферм по разрезной схеме уложены прогоны, изготовленные из гнутых оцинкованных профилей. К прогонам установлены распорки, прикреплённые к ним на гнутых уголках болтами. Кровля покрытия здания с теплоизоляцией и гидроизоляцией устроена по профилированному настилу, прикреплённому самонарезающими винтами к прогонам в каждой волне, образуя таким образом жёсткий диск.

Нижний пояс торцевой фермы прикреплен к стойке фахверка через гнутые прокладки на самонарезающих винтах (рис. 7). Устроенное соединение не является листовым шарниром, который должен быть ориентирован вдоль длины здания для передачи торцевого ветра на горизонтальные связи в уровне нижних поясов ферм. Принятое решение крепления фахверковых колонн не выполняет свою функцию и усложняет работу каркаса здания в целом.



Рис. 7. Крепление нижнего пояса торцевой фермы к фахверковой стойке

По сведениям Заказчика, после монтажа конструкций покрытия, в условиях самой большой снеговой нагрузки, в т.ч. в ендовах здания, (март 2018 г.) и при отсутствии вертикальных связей между фермами, закреплённые на фасонках первые от опоры узлы нижних поясов ферм сместились из своей плоскости. Гнутые соединительные элементы, прикрепляющие распорки к нижним поясам ферм, размокнулись; фасонки изогнулись (рис. 8, а); горизонтальные связи по нижним поясам ферм в связевых блоках потеряли устойчивость (рис. 8, б); распорки по нижним поясам ферм в торцевых фермах сдвинули ограждающие панели.



Рис. 8. Повреждения элементов в процессе эксплуатации: а — изогнутая фасонка; б — деформированная связь

Для устранения полученных повреждений элементов конструкций в здании проведено усиление (рис. 9), в состав которого вошли:

- выправка изогнутых фасонки с помощью растяжки тяжами из круглой стали с талрепами и тросами;
- установка отсутствующих в проекте вертикальных связей между фермами;
- замена и дополнительная установка горизонтальных связей с сечениями из круглой стали с талрепами;
- усиление соединительных элементов путем установки дополнительных элементов в местах опирания продольных распорок на пояса ферм.

Однако проведённое усиление для обеспечения общей устойчивости покрытия здания носило временный характер. Оно было выполнено не в полном объеме:

- не был образован замкнутый контур связей по нижним поясам ферм, который необходим при наличии сжатых элементов в нижних поясах ферм;
- выправленные фасонки с помощью тросов не приобрели необходимую устойчивость конструкций из своей плоскости;
- распорка раскрепления нижнего пояса была прикреплена к концу смежного с ним растянутого элемента, а не сжатого;
- связевые тяжи по сжатым элементам были установлены не во всех шагах ферм.

Известно, что типовое решение для каркасов зданий с фермами, запроектированными с нисходящими опорными раскосами [1], не требует установки элемента, соединяющего первый от опоры узел нижнего пояса с колонной. В случае, когда нижний пояс такой фермы по каким-то причинам соединяется с колонной, работа всей системы изменяется, и в крайней панели нижнего пояса фермы возникает непредусмотренное и нежелательное сжатие.

Кроме того, в проектном решении первого от опоры узла нижнего пояса фермы обследуемого здания отсутствовали горизонтальные элементы, соединяющие смежные панели. В этом узле нижнего пояса фермы образовался дополнительный шарнир, а не жесткий стыковой узел. Стыковой узел нижнего пояса фермы должен быть оформлен по нормам [2], которые предписывают наличие горизонтальных (накладок) и вертикальных (фасонок) пластинок, соединяющих оба элемента (панели) в единое равнопрочное сечение. Тогда свободная часть фасонки не будет работать в качестве шарнира из плоскости, как она сработала в данном случае.

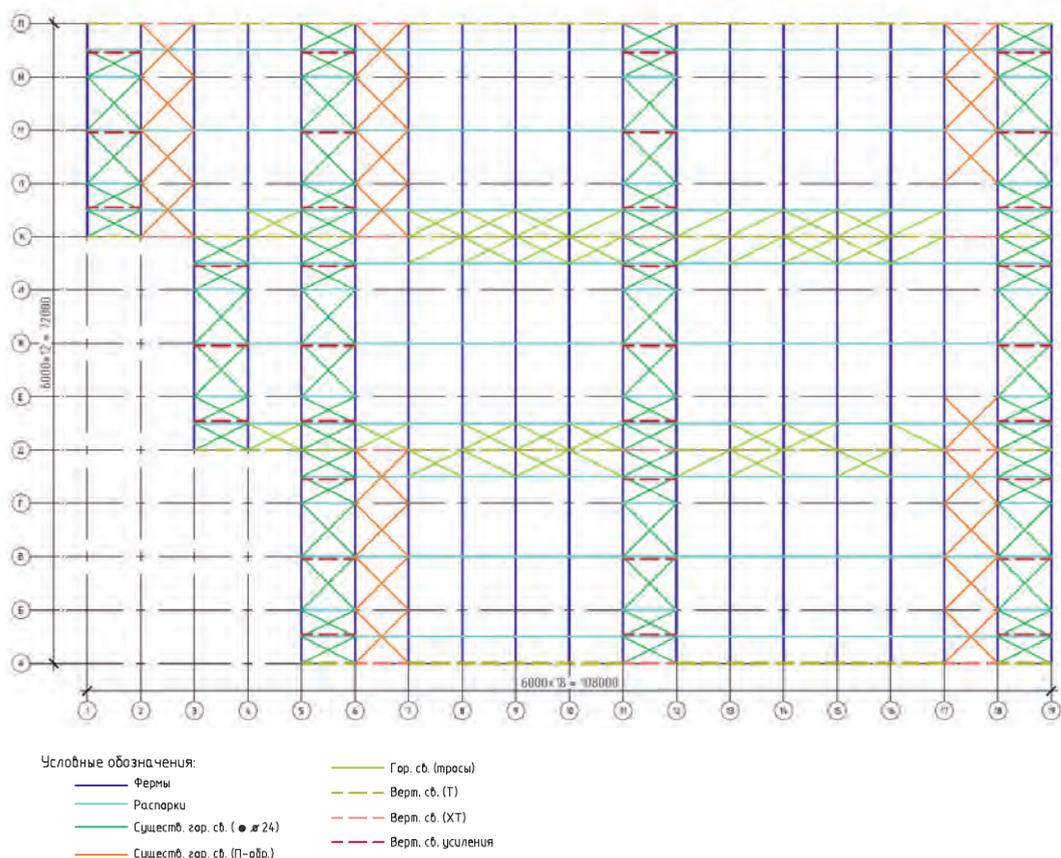


Рис. 9. Существующее на декабрь 2018 г. расположение горизонтальных связей по нижним поясам стропильных ферм здания склада

Распорки по первым от опоры узлам ферм в продольном направлении здания (см. рис. 4), с помощью которых предпринята попытка раскрепления нижнего пояса фермы, были прикреплены к растянутым панелям, а не к сжатым. Сжатые панели остались нераскрепленными.

Таким образом, для приведения здания в работоспособное состояние оказалось необходимым:

1. Дополнить систему связей по нижнему поясу продольными горизонтальными связевыми рядами по обеим сторонам средних колонн (рис. 10). При этом элементы крестовых связей должны быть прикреплены к концам именно доборного сжатого элемента нижнего пояса стропильной фермы аналогично уже выполненному усилению из тяжелой круглого сечения с талрепами (рис. 11).

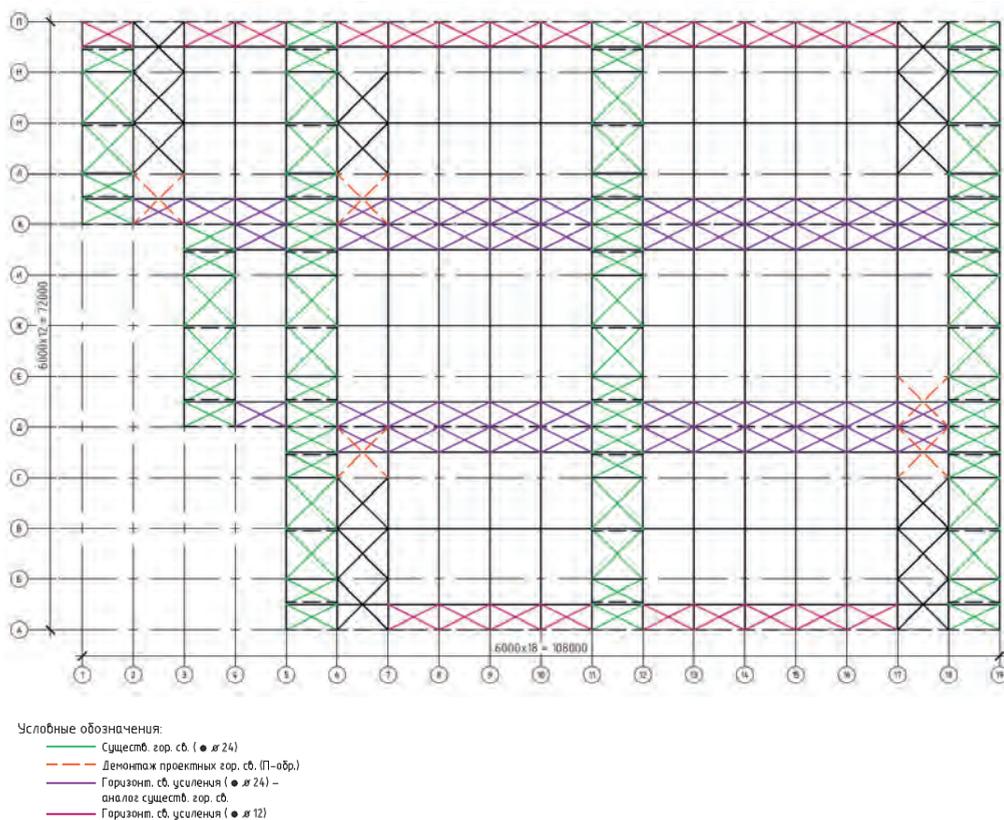


Рис. 10. Рекомендации по установке дополнительных продольных горизонтальных связей по нижним поясам стропильных ферм здания склада



Рис. 11. Одностороннее прикрепление тяжей к элементам нижнего пояса фермы взамен деформированных связей

После установки новых крестовых связей вдоль средних рядов здания было рекомендовано демонтировать оставшиеся горизонтальные крестовые связи П-образного сечения.

2. В случаях, когда врезанные в доборный элемент нижних поясов ферм фасонки прикрепляются к оголовку колонны не в одной плоскости (по разные стороны от фасонки надколонника, что было зафиксировано при обследовании), от сжимающих усилий (при полной расчетной нагрузке) в крайних панелях нижних поясов смежных пролётов ферм относительно центра колонны возникают крутящие моменты. Установка дополнительных продольных горизонтальных крестовых связей по крайним панелям нижних поясов стропильных ферм здания (при возможном повороте сечения колонны) вызывает в связях растягивающие в одном направлении (и не учитываемые сжимающие – в другом) усилия. Пара этих растягивающих сил относительно центра колонны создаёт удерживающий крутящий момент. При этом условии колонна не будет подвергаться кручению. Расчетами получено, что для удерживания возникшего крутящего момента достаточно, чтобы при максимальной расчетной нагрузке в связях было растягивающее усилие не менее 1,5 т, что может быть достигнуто (при условии наличия положительной расчетной температуры в помещении здания) предварительным натяжением их в процессе монтажа.

Вывод

Для обеспечения надежности вновь возводимых зданий и сооружений прежде всего необходимо иметь грамотное и проверенное проектное решение, не требующее впоследствии (после монтажа) никаких усилений.

Библиографический список

1. Серия 1.460.3-14. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи КМ. 01.06.1982 г.

2. Металлические конструкции. В томах. Том 1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова). – М.: АСВ, 1998.

Авторы:

Михаил Иосифович ФАРФЕЛЬ, канд. техн. наук, заведующий Сектором реконструкции и мониторинга зданий и сооружений Лаборатории металлических конструкций ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Mikhail FARFEL, Ph. D. (Engineering), Chief Manager of Reconstruction and monitoring of building and structures Sector, Metal structures Laboratory, TSNIISK named after V. A. Kouchrenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Farfelmi@yandex.ru

тел.: +7 (916) 950-61-29; +7 (499) 170-10-87

Маргарита Ильинична ГУКОВА, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Margarita GUKOVA, Ph. D. (Engineering), Leading Researcher of Metal structures Laboratory TSNIISK named after V.A. Kouchrenko JCC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Farfelmi@yandex.ru

тел.: +7 (909) 628-30-27; +7 (499) 170-10-87

Дмитрий Владимирович КОНДРАШОВ, инж., старший научный сотрудник Лаборатории металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Dmitry KONDRASHOV, Senior Researcher of Metal structures Laboratory TSNIISK named after V.A. Kouchrenko JCC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Dkondras@mail.ru

тел.: +7 (926) 292-25-58; +7 (499) 174-73-25

Дмитрий Юрьевич КОНЯШИН, инж., научный сотрудник Лаборатории металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Dmitry KONYASHIN, Researcher of Metal structures Laboratory TSNIISK named after V.A. Kouchrenko JCC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Dkon10@yandex.ru

тел.: +7 (925) 271-00-10; +7 (499) 174-77-93