

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2\(25\)-127-136](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2(25)-127-136)
УДК 624.072.2.014

ВЛИЯНИЕ ОТСТУПЛЕНИЙ ОТ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

INFLUENCE OF DEVIATIONS FROM DESIGN DECISIONS ON THE TECHNICAL CONDITION OF STRUCTURES

М. И. ФАРФЕЛЬ, канд. техн. наук
М. И. ГУКОВА, канд. техн. наук
Д. В. КОНДРАШОВ
Д. Ю. КОНЯШИН

В статье рассмотрены конструкции ферм покрытия трёх обследованных в разное время объектов: Мартеновского цеха завода «Тагмет», склада «Ставрополье» и павильонов «Люблино», выполненных с отклонениями от типовых решений. Показано, что в результате этого элементы конструкций вынуждены работать в несвойственных для них условиях, воспринимая, зачастую, прямо противоположные от предусмотренных проектом усилия. В приведенных примерах в результате принятых неподкреплённых опытом и расчётом решений были зафиксированы аварийные состояния покрытий зданий, потребовавшие принятия немедленных мер по их безопасности. Приведены конкретные меры для продления срока службы конструкций.

The article deals with the design of farms covering three surveyed at different times objects: open-hearth shop of the plant "Tagmet", warehouse "Stavropol" and pavilions "Lublino", made with deviations from standard solutions. It is shown that as a result of these structural elements are forced to work in unusual conditions for them, often perceiving the opposite of the project efforts. In the given examples, as a result of the decisions taken by the unsupported experience and calculation, the emergency conditions of the building coverings were recorded, which required immediate measures for their safety. Specific measures to extend the life of structures are given.

Ключевые слова:

Обследование, техническое состояние, несущие строительные конструкции, элементы, фермы, покрытия

Key words:

Inspection, technical condition, bearing building structures, elements, farms, coatings.

На основании опыта, полученного специалистами нашего института при обследованиях различных металлических конструкций, было выявлено, что причинами аварийного состояния зданий или сооружений чаще всего оказывалось непонимание сути работы конструктивных элементов, заложенной в проектное решение.

Например, известно, что типовое решение покрытия зданий при использовании ферм с нисходящими опорными раскосами не требует установки элемента, соединяющего первый нисходящими опорными раскосами не требует установки элемента, соединяющего первый от опоры узел нижнего пояса с колонной. Для закрепления работы ферм из их плоскости, достаточно установки продольных распорок (растяжек) по этим узлам и посередине пролёта нижнего пояса. В торцах здания при нисходящем опорном раскосе в стропильных и подстропильных фермах предусматриваются вертикальные (или наклонные) связи, через которые эти растяжки передают горизонтальные усилия растяжения с нижнего пояса на опорный узел верхнего пояса, разгружая всю конструкцию. В этом смысл и экономическая целесообразность использования ферм с нисходящими опорными раскосами [2].

Однако, зачастую, монтажникам или инженерам по эксплуатации зданий и сооружений непривычное опирание фермы на крайний узел верхнего пояса, кажется не достаточным для обеспечения её нижнему поясу неизменяемости из плоскости, и они по своему усмотрению закрепляют «свободный» первый от опоры узел нижнего пояса. В случае же, когда у фермы с нисходящим опорным раскосом нижний пояс соединен с колонной, работа всей системы изменяется, и в крайней панели нижнего пояса фермы возникает значительное сжатие. При этом сразу же требуется изменять и усложнять систему горизонтальных связей, о чем, обычно, забывается.

Для демонстрации неожиданных последствий, вызванных неверной трактовкой работы элементов ферм в объектах, здесь рассмотрены три, выбранных из множества освидетельствованных зданий, построенных в различное время, в различных местах и самых различных по назначению.

Например [4], в одном из старейших цехов Таганрогского металлургического завода (рис.1÷3) прикрепление на заклёпках первых от опоры узлов нижних поясов подкраново-подстропильных и тормозных ферм (с нисходящим опорным раскосом) к колоннам, видимо, выполненное ещё в процессе монтажа конструкций в послевоенные годы, за время эксплуатации цеха к моменту обследования в 2008-10 годах, привело к срезу этих заклёпок (рис. 4).

В 80-х годах XX века началось использование разработанных Институтом Ленпроект-стальконструкция (с участием ВНИКТИстальконструкции, ВНИПИПромстальконструкции и Молодечненского ЗМК [1]) покрытий зданий и сооружений со стропильными фермами с нисходящими опорными раскосами по серии 1.460.3 – 3-14 (позднее – 23.98) [2] с элементами из замкнутых гнутосварных профилей, изготавливаемых на стане «Молодечно» [3].

Первоначально металлоконструкции такого покрытия были предназначены для кровли без прогонов – с непосредственным опиранием профилированного настила на верхние пояса стропильных ферм (при шаге 4 и 6 м), непосредственно воспринимающие вертикальную и горизонтальную нагрузки от веса кровли и климатических воздействий.



II

III / 4

Рис.1. Разливочный пролёт Мартеновского цеха Таганрогского металлургического завода

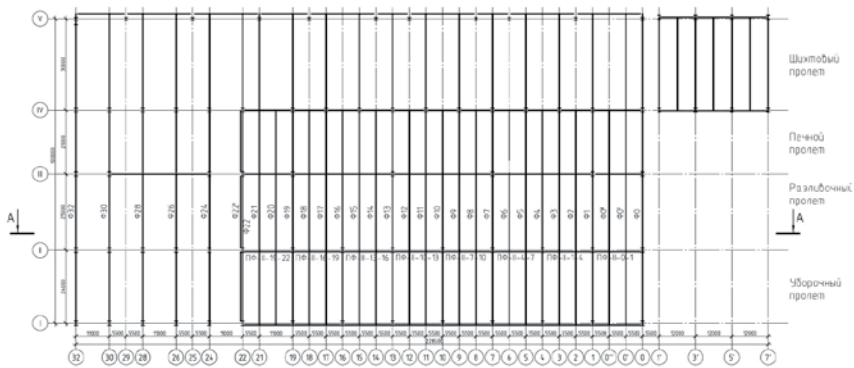


Рис.2. Схематический план Мартеновского цеха

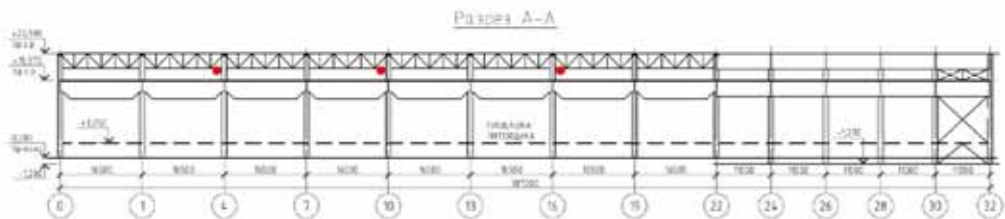


Рис.3. Продольный разрез разливочного пролёта Мартеновского цеха по ряду II



Рис.4. Срезавшиеся заклепки на колонне II/10 от оси 7 (а), на колонне II/16 от оси 19 (б) и в первом от оси 4 узле панели нижнего пояса подстропильной фермы ПФ II / 1-4 (в)

За основу неизменяемости покрытия в горизонтальной плоскости принят сплошной диск, образованный профилированным настилом, закреплённым на верхних поясах ферм, развязывающим их из плоскости по всей длине и равномерно распределяющим все горизонтальные нагрузки на покрытие и на все колонны каркаса.

Стропильные фермы запроектированы с параллельными поясами с уклоном – 1,5%, треугольной решеткой с нисходящими опорными раскосами и шарнирно опираются на колонны. Нижние пояса ферм развязаны из плоскости вертикальными связями и распорками (растяжками).

Снижение расхода стали (на 15%) по сравнению с традиционными угловыми решениями достигается за счет применения эффективного замкнутого тонкостенного коробчатого профиля, безфасоночного крепления решетки к поясам и использования беспрогонного решения.

В последние годы стали применять покрытия и с прогонами при обязательной установке связей по верхним поясам ферм. Здесь неизменяемость покрытия в горизонтальной плоскости обеспечивается сплошным диском, образованным профилированным настилом, закреплённым на прогонах самонарезающими винтами. Прогонны раскрепляют верхние пояса ферм через 3 м и выполняются из швеллерообразных профилей, выпускаемых Молодечненским ЗЛМК. Прогонны крепятся к фермам и балкам на болтах.

Несущие конструкции здания взаимосвязаны с ограждающими: в уровне верхних поясов стропильные фермы крепятся к ступенчатым стойкам фахверков с помощью листовых шарниров (изогнутых планок), обеспечивающих податливость в вертикальном направлении и передающих горизонтальные реакции на конструкции покрытия.

В настоящее время фермы типовой серии «Молодечно» применяются в разных областях строительства, особенно, при строительстве производственных и складских помещений, за счет своей универсальности и невысокой цены.

Вторым примером может послужить здание хранения и оптовой торговли АПП «Ставрополье», где сотрудниками нашего института проводилось обследование конструкций в ноябре 2012 года. Здание состоит из двух одноэтажных пролетов (15 и 12 м) и двухэтажной пристройки с навесом с одной стороны (рис. 5).



Рис.5. Общий вид здания хранения и оптовой торговли «Ставрополье»

Покрытие обоих пролётов было выполнено из стропильных и подстропильных ферм с треугольной решеткой с нисходящими опорными раскосами и параллельными поясами сечениями из замкнутых квадратных и прямоугольных гнутосварных профилей (типа «Молодечно»). Стропильные фермы установлены с шагом 6 м и опираются на колонны и на подстропильные фермы. На верхние пояса стропильных ферм в узлах с шагом 3 м установлены прогоны, выполненные из широкополочных двутавров. На прогонах по профилированному настилу устроена железобетонная плита и кровля из утеплителя, стяжки и двух слоев техноэласта. Связи и распорки по фермам и колоннам установлены в соответствии с типовой серией (рис. 6).

По рядам А и Б имеются ворота, прикрепленные к собственным стойкам. Между стойками ворот в осях 3-4 и 8-9 установлены вертикальные крестовые связи из уголков. Распорка крестовых связей ворот упирается в основные колонны каркаса (рис. 7).

В результате допущенных неточностей в изготовлении конструкций и значительной их перегрузки при монтаже произошла потеря местной устойчивости стенок сечения верхних поясов подстропильных ферм (рис. 8).

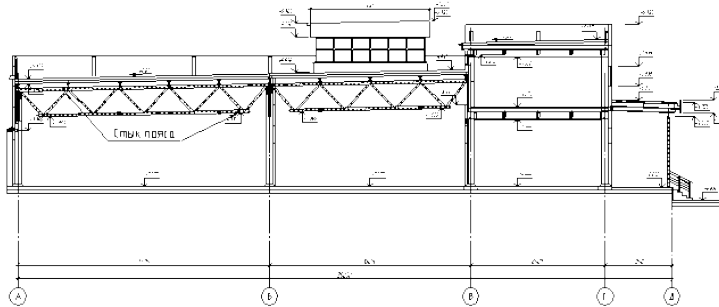


Рис. 6. Поперечный разрез здания по оси 4

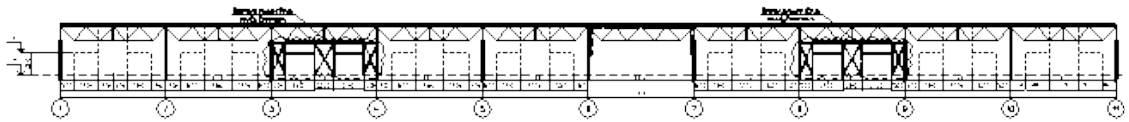


Рис. 7. Продольный разрез здания вдоль ряда А

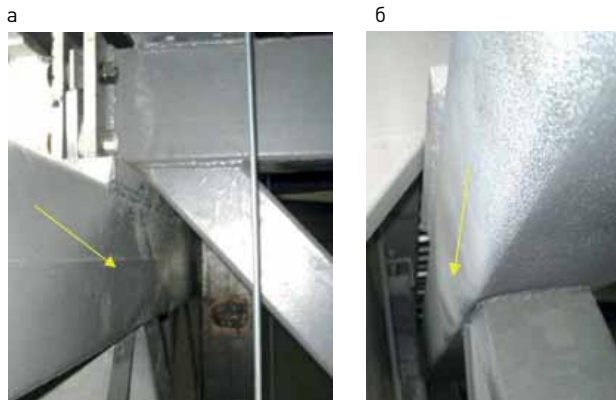


Рис. 8. Потеря местной устойчивости стенок сечения верхнего пояса подстропильной фермы в месте опирания стропильной фермы Ф А-Б- 1/2 со стороны пролета А-Б (а) и со стороны пролета Б-В (б)

По результатам обследования и анализа причин деформации сечений были предложены варианты усиления конструкций.

После выполнения рекомендованных усиления, в июле 2015 года сотрудниками нашего института осуществлялось повторное освидетельствование этого же объекта (с целью оценки способов и качества усиления конструкций и их технического состояния после усиления).

В результате было обнаружено, что заказчиком приняты ещё дополнительные меры по рекомендациям «Экспертного заключения», выполненного ООО «Инжкомпроект», по которым было принято решение прикрепить узлы нижних поясов стропильных ферм к фахверковым стойкам (стойкам ворот) по ряду А (рис. 9). Авторы рекомендаций не обратили внимание на то, что их решение изменило работу стропильных ферм, добавив сжатие в нижние растянутые элементы пояса. Пришлось убеждать эксплуатационников в необходимости срочного удаления установленных дополнительных связей.



Рис.9. Прикрепление нижнего пояса стропильной фермы к стойке ворот и колонне каркаса по ряду А

Третьим примером может послужить строительство павильонов на объекте комплексного благоустройства территории парка «Усадьба Люблино» в городе Москве.

Во время обследования (с 25 апреля по 17 мая 2019г.) павильоны находились в процессе монтажа (рис. 10).



№28



№5

Рис.10. Конструкции павильонов во время обследования

Каркасы павильонов согласно проекту, выполненному ООО «ПроектСтройКомплекс», состоят из стальных стоек, расположенных вдоль рядов **А**, **Б** и **В** (с пролётами: А-Б, рав-

ным 1,0 м и Б-В, равным 6 м), сечением из гнутосварных прямоугольных профилей, а также элементов покрытия: прогонов, связей, стропильных треугольных ферм, продольных подстропильных ферм и продольных балок (рис. 11) с элементами из гнутосварных квадратных и прямоугольных профилей.



Рис.11. Опираение стропильных ферм на подстропильную балку по ряду В павильона (видны крестовые продольные горизонтальные связи)

Первоначально по проекту стропильные треугольные фермы (в высокой части) по рядам А и Б павильонов по верхнему и нижнему поясам также опирались на продольные балки.

По данным Заказчика во время монтажа стропильных ферм продольные подстропильные балки по этим рядам начали прогибаться, а после установки связевой решётки подстропильных конструкций на прогнувшихся балках, весь каркас стал смещаться в наружную сторону павильона. Выправить положение удалось путём устройства подстропильных ферм по рядам А и Б (рис. 12) и вертикальных связей по торцам павильонов.



Рис.12. Опираение стропильных на подстропильные фермы по рядам Б и А

Во время проводимого визуального обследования смонтированных по проекту конструкций было выявлено, что вдоль ряда В павильонов между стойками (фактически, шарнирно прикреплённых к фундаментам) отсутствуют вертикальные крестовые связи, необходимые для создания устойчивости каркаса в целом в продольном направлении. Для

создания устойчивости каркаса в поперечном направлении установлена перекрёстная система только по одному торцу павильона №28 (см. рис. 10).

Однако самым удивительным решением проектировщиков на этом объекте были стропильные фермы с сечением элементов из гнутосварных профилей, имеющие нестандартное прикрепление решётки (рис.13).



№5



№28



Рис.13. Стропильные фермы покрытия павильонов

- К нижнему поясу элементы решётки крепились снаружи сечения, к верхнему поясу – снизу сечения, ближе к краю, а не по центральной вертикальной оси сечения фермы. Даже невооруженным глазом было видно, что такое прикрепление решётки ведёт к закручиванию всей конструкции.

- Растянутый раскос, со стороны второй от ряда В панели фермы, отсутствовал.

- Нижний пояс в узле носовой части треугольного очертания фермы прикреплялся к верхнему поясу с боковой стороны его сечения, что привело к необходимости установки крестовых горизонтальных связей по покрытию вдоль ряда В к верхнему и нижнему поясам одновременно, а нижний пояс относительно верхнего был уже смещен.

Такая конструкция противоречит всем правилам проектирования и, конечно, не учитывает специфики работы безфасоночных узлов стропильных ферм.

По результатам проведенных расчётов и обследования несущих стальных конструкций павильонов №5 и №28 их техническое состояние было оценено как аварийное (терминология СП-13-102-2003 и ГОСТ 53778-2010).

Для приведения каркасов павильонов № 5 и №28 в работоспособное состояние были предложены кардинальные меры, в том числе, демонтаж нижних поясов и решётки стропильных ферм и установка новых нижних поясов с шириной сечений, одинаковой с верх-

ними поясами и строго по вертикальной оси сечения верхнего пояса. Прикрепление решётки, выполненной из двух одинаковых сечений, должно осуществляться симметрично с двух сторон сечения поясов (и верхних, и нижних).

Вывод

Приведенные примеры различных по назначению и исполнению объектов [5], использовавшихся в проектных решениях конструкции или элементы сечений типа «Молодечно» (в том числе, стропильные фермы с нисходящими опорными раскосами), показывают, что применение (с точки зрения монтажников или инженеров по эксплуатации) улучшающих или упрощающих конструктивных мероприятий к апробированным годами эксплуатации решениям, могут оказаться скоропалительными, необоснованными или ошибочными и привести к аварийному состоянию конструкций.

В принципе, при строительстве вновь возводимых и затем эксплуатируемых зданий и сооружений необходимо иметь грамотное и проверенное проектное решение, не требующее впоследствии никаких усиления.

Библиографический список

1. Тесленко Г.В., Цетлин Б.С., Иммерман А.Г., Гукова М.И., Кузьменко С.М., Мелкумян Б.С. Покрытия производственных зданий с применением прямоугольных гнутосварных профилей // Сборник «Повышение эффективности и качества строительных металлических конструкций». Тезисы докладов Всесоюзного совещания в Белгороде. М. : Стройиздат, 1979.. С. 21-22.
2. 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. 01.06.1982г. Л. 1-135.
3. Минмонтажспецстрой СССР. ВППСО «Союзлегконструкция» Отраслевой каталог легких несущих и ограждающих металлических конструкций и комплектующих металлоизделий для промышленных зданий. Часть 1. Конструкции. Москва. 1989, 200 стр.
4. Ведяков И.И., Фарфель М.И., Гукова М.И., Кондрашов Д.В., Яровой С.Н. Обследование конструкций зданий и сооружений завода ОАО «Тагмет» // Журнал «Строительная механика и расчёт сооружений», №1, 2013г. М. Стр. 58-64.
5. Ведяков И.И., Фарфель М.И., Гукова М.И., Кондрашов Д.В., Коняшин Д.Ю. Последствия необоснованных отступлений от апробированных проектных решений // «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения». Сборник материалов X Научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2019 г. Стр. 5-21.

Авторы:

Михаил Иосифович ФАРФЕЛЬ, канд. техн. наук, заведующий Сектором реконструкции и мониторинга уникальных 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

unique of building and structures Sector, Metal structures Laboratory, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, 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, PhD (Engineering), Leading Researcher of Metal structures Laboratory, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Gukova.Rita@yandex.ru

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

Дмитрий Владимирович КОНДРАШОВ, 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. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: dkondras@mail.ru

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

Дмитрий Юрьевич КОНЯШИН, 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. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: dkon10@yandex.ru

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