

А.Б. ШУРИН, канд. техн. наук доцент,
Н.Н. ШАЛОБЫТА, канд. техн. наук доцент,
А.В. МУХИН, канд. техн. наук доцент,
Т.П. ШАЛОБЫТА, канд. техн. наук доцент

*Брестский государственный технический университет
Республика Беларусь, г. Брест*

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЁХГРАННЫХ ФЕРМ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРИ УСИЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение. Основной областью применения трёхгранных стержневых конструкций являются высотные сооружения – башни, мачты, мостовые пролётные строения, элементы грузоподъёмных механизмов. Однако, подобные конструкции крайне редко используются в каркасах зданий. Очевидным является самодостаточность стержневых трёхгранных конструкций при треугольной решётке граней в отношении обеспечения устойчивости их элементов. Этот факт позволяет существенно уменьшить затраты на устройство в конструкциях покрытия связей или полностью исключить поперечные связи по покрытию.

В практике проектирования стержневых ферменных конструкций из гнутосварных профилей принято допускать неразрезную схему для поясов, а сопряжение стержней решётки принимать шарнирным или жёстким. При таких допущениях для обеспечения неизменяемости трёхгранной стержневой конструкции покрытия треугольную решётку достаточно организовать только по двум граням треугольной призмы, а в плоскости третьей грани устойчивость элементов поясов возможно обеспечить распорками или конструкциями элементов крыш. При возможности изменения направления результирующего вектора внешних воздействий на трёхгранную стержневую конструкцию может возникнуть необходимость установки в ней поперечных диафрагм, что характерно для конструкций башен, мачт, стрел кранов.

Сечение гнутосварного профиля является идеальным для трёхгранной призматической стержневой конструкции с точки зрения простоты организации узлового пространственного соединения. Общеизвестно, что в стержневых конструкциях из труб при бесфасоночных узловых соединениях расход металла, определяется предельными состояниями узловых соединений. Следует отметить, что методы оценки предельных состояний узловых соединений в нормативных

базах являются эмпирическими, и основаны на достаточно ограниченных базах экспериментальных исследований. Далеко не для всех видов предельных состояний узловых соединений из прямоугольных труб предложены методики расчёта.

Работа под нагрузкой ферм из прямоугольных труб с бесфасочными узлами определяется в существенной степени напряженно-деформированным состоянием их узловых соединений.

Следует отметить, что расчет узлов из прямоугольных труб в соответствии с требованиями СНиП II-23, приведенными в [1, 2], следует производить на:

- продавливание (вырывание) участка стенки пояса, контактирующей с элементом решетки;
- несущую способность участка боковой стенки пояса (параллельной плоскости узла) в месте примыкания сжатого элемента решетки;
- несущую способность элемента решетки в зоне примыкания к поясу;
- прочность сварных швов прикрепления элемента решетки к поясу [1, 2].

Расчет таких же узлов по методике, изложенной в ТКП EN 1993-1-8 [3] производится:

- отказ лицевой поверхности пояса (отказ вследствие пластического разрушения лицевой поверхности пояса) или пластификация пояса (отказ вследствие пластического разрушения поперечного сечения пояса);
- отказ боковой поверхности пояса (или отказ стенки пояса) из-за раздавливания, пластификации или неустойчивого состояния (выгиб или потеря устойчивости боковой поверхности пояса из замкнутого профиля или стенки пояса) в месте примыкания сжатого стержня решетки;
- сдвиг (срез) сечения пояса;
- вырывание поверхности пояса (отказ из-за возникновения трещины, инициирующей отрыв стержня решетки от пояса);
- потеря местной устойчивости стержня решетки [3].

Приведенные в [3] виды предельных состояний, из которых только некоторые определяются расчетами, основанными на экспериментальных исследованиях, соотнесенными с аппроксимационными методами предельного равновесия или еще более упрощенными моделями.

Таким образом, ТКП EN 1993-1-8 [3] содержит больше вариантов разрушения узлов из прямоугольных труб, однако не по всем схемам разрушения приведены соответствующие формулы расчета. В частности,

в ТКП EN 1993-1-8 расчет прочности сварных швов, прикрепляющих стержни решетки к поясам не производится, т.к. стыковые сварные швы считаются равнопрочными.

Еще одной особенностью ТКП EN 1993-1-8 [3] является наличие пространственных бесфасоночных узлов: типа КК, ТТ и ХХ.

Конструктивное решение усиления. Прессовый цех с размерами в плане $18 \times 15,7$ м СОАО «Беловежские сыры» в г. Высокое построен в начале 60-х годов 20 века и сблокирован со всех 4-х сторон с помещениями различного назначения. Стены цеха толщиной 380 мм выполнены из полнотелого керамического кирпича и опираются на ленточные бутобетонные фундаменты с глубиной заложения до 1,5 м. Здание тёплое с утеплённым чердачным монолитным железобетонным ребристым перекрытием и двухскатной кровлей из металлочерепицы.

Монолитное ребристое чердачное перекрытие представляет собой систему перекрестных балок – главных и второстепенных, монолитно соединенных между собой. Для организации ровной потолочной поверхности низ второстепенных балок совпадает с монолитной плитой. Основные несущие конструкции монолитного ребристого чердачного перекрытия – трёхпролётные главные балки с размерами поперечного сечения $(b \times h) = 300 \times 500$ мм опираются на продольные кирпичные стены здания и имеют две промежуточные опоры, в качестве которых выступают каменные столбы, выполненные из керамического полнотелого кирпича. Шаг главных балок – 6 м. На главные балки опираются второстепенные балки, имеющие размеры в плане $(b \times h) = 210 \times 330$ мм и установленные с шагом от 1675 до 1910 мм, с пролетом в свету равным 5690 мм. Монолитная плита имеет толщину 110...120 мм.

При вскрытии защитного слоя бетона главных балок установлено, что армирование выполнено пространственным вязаным каркасом. Продольное рабочее армирование нижней зоны представлено 6 стержнями, 3 из которых периодического профиля соответствующие с учетом времени постройки классу А-II (A300) с остаточным диаметром 12 мм и 3 стержня гладкого профиля класса А-I (A240) с остаточным диаметром 10 мм. В верхней зоне армирование выполнено по длине главной балки различным: в пролетной части – из 3 стержней периодического профиля с остаточным диаметром 12 мм класса А-II, а опорной части – из 4 стержней периодического профиля диаметром 12 мм и 2 гладких стержня класса А-I (A240) диаметром 10 мм. Поперечное армирование выполнено из гладких стержней диаметра 8 мм (на отдельных участках балок остаточный диаметр составляет не более 4 мм) класса А-I (A240), установленных с шагом $200 \div 250$ мм (рис. 1).

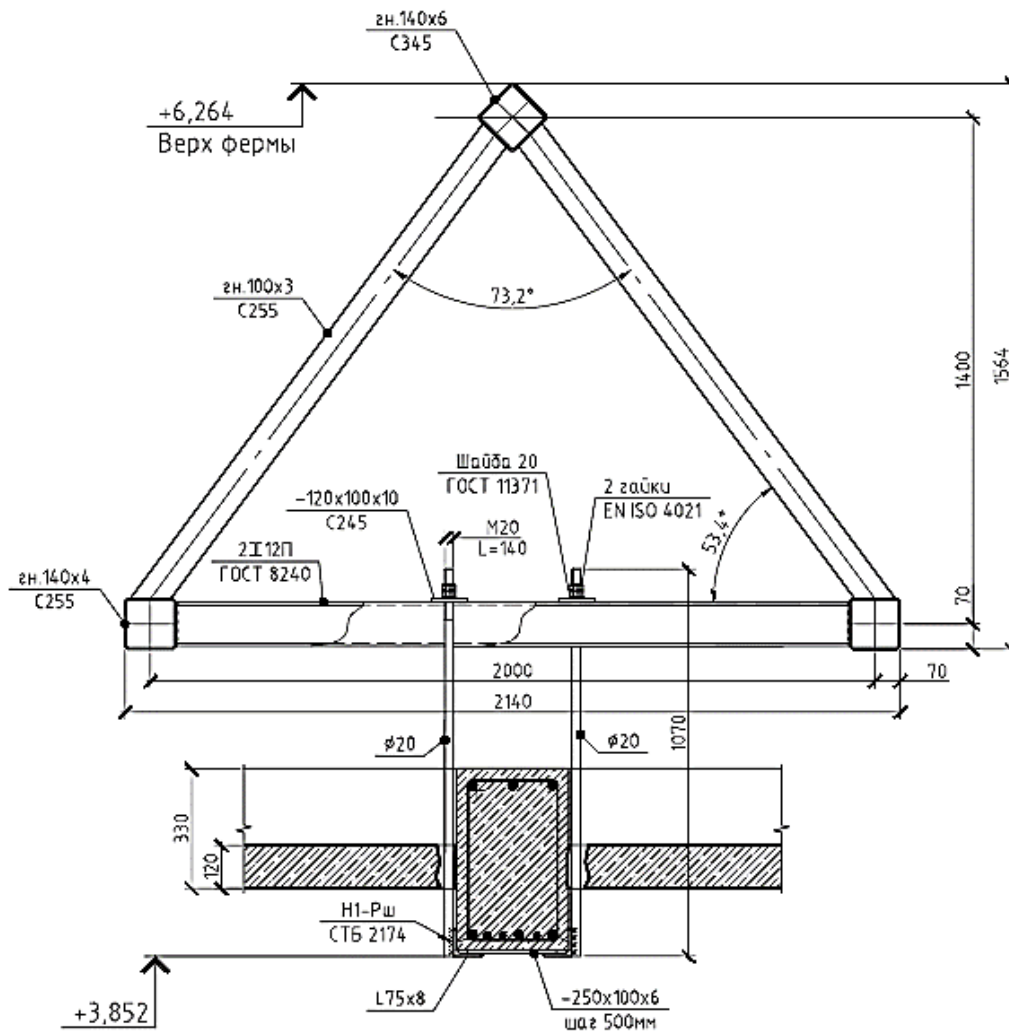


Рис. 1. Конструктивное решение конструкции усиления чердачного перекрытия

По результатам обследования прочностных характеристик монолитных железобетонных элементов ребристого чердачного перекрытия, в соответствии с ГОСТ 18105-2010 и СТБ 2264-2012 с использованием прибора «ИПС 4.01» ударно-импульсного действия установлено, что средняя прочность бетона конструкций перекрытия составляет 21,5 МПа.

При проведении ремонтных работ в прессовом цехе по демонтажу и устройству новой конструкции пола произошло обрушение одной из несущих кирпичных колонн, являющейся промежуточной опорой главной балки. Как было установлено в процессе технического обследования, причина обрушения – недостаточные размеры фундамента под колонной и не вполне удовлетворительные инженерно-геологические условия (грунт основания – текучий суглинок и супесь, наличие грунтовых вод), что в совокупности с демонтажными работами привело к подвижкам грунта и как следствие обрушению одной из колонн.

В процессе выполнения обследования технического состояния конструкций чердачного перекрытия специалистами кафедры было зафиксировано, что на участке обрушения колонны ранее для монолитного перекрытия уже выполнялось усиление главной балки путем ее «подвешивания» через металлические тяжи, выполненные из проката горячекатаного круглого диаметром 20 мм по ГОСТ 2590, к стальной балке из двутавра стального горячекатаного № 27 по ГОСТ 8239, опорами которой являлись кирпичная несущая стена и третья от края промежуточная опора. Только данное обстоятельство и не привело к полному обрушению перекрытия.

На основании предоставленного заказчиком задания на проектирование по модернизации производства, для рациональной установки в данном помещении нового прессового оборудования, потребовалось демонтировать и оставшиеся три колонны, являющиеся промежуточными опорами главных балок монолитного ребристого перекрытия. Авторами было предложено решение, которое после выполнения противоаварийных мероприятий, позволило сохранить существующую конструкцию кровли и чердачного перекрытия и существенно увеличить полезную производственную площадь цеха, обеспечив свободу манёвра при размещении нового производственного оборудования. Для этих целей было разработано и реализовано конструктивное решение по усилению монолитного ребристого чердачного перекрытия здания прессового цеха СОАО «Беловежские сыры» в г. Высокое Брестской области с использованием пространственных трёхгранных ферм из гнутосварных профилей. Основная идея усиления чердачного перекрытия, находящегося в аварийной ситуации, заключалась в его подвешивании к самостоятельным несущим конструкциям в виде трёхгранных ферм, опирающихся на вертикальные несущие элементы. Несущие конструкции усиления вынесены в чердачное пространство и размещены между стропильными ногами и стойками продольных деревянных рам существующей стропильной системы (рис. 2).

Фермы выполнены трёхгранными пролетом по осям колонн 13,1 м. Высота ферм по осям поясов 1400 мм, полная высота – 1564 мм (рис. 1, 2). Пояса выполнены из труб, стальных гнутых замкнутых сварных квадратных по ГОСТ 30245-2012: верхний пояс – гн.140×6 / С345, нижние пояса – гн.140×4 / С255. Раскосы – гн. 100×3 / С255. Верхние узлы запроектированы по типу КК и ТТ-образных [3]. Расчет узлов фермы из трёхгранных профилей удовлетворяет требованиям п. 7.5.3 [3].



Рис. 2. Общий вид трёхгранных ферм из гнутосварных профилей

Опорная реакция с трёхгранных ферм передаётся на стальные стойки (гн.140×4) с консольными траверсами, а нагрузка от стоек – на отдельные фундаменты, устроенные вплотную с существующими ленточными фундаментами стен. Фундаменты по стальные стойки выполнены столбчатыми на существующем естественном основании.

Две пространственные трёхгранные фермы поставлены на объект после их опрессовки на заводе изготовителе. Ввод в эксплуатацию системы из двух трёхгранных пространственных конструкций осуществлялся в соответствии с проектом производства работ, который включал ряд этапов. На первом этапе были выполнены противоаварийные мероприятия, заключающиеся в установке системы деревянных опор с подклинкой главных балок с целью выбора просадки пола и частично перемещений балочного железобетонного перекрытия.

На втором этапе осуществлен монтаж стальных колонн и пространственных трёхгранных ферм. Включение в работу всей конструкции усиления осуществлялось путём натяжения подвесок (d20 ГОСТ 2590) при помощи гаек М20, на которых подвешена неразрезная главная балка монолитного ребристого чердачного перекрытия. После этого последовал демонтаж трёх оставшихся кирпичных колонн и системы временных деревянных опор.

В результате наблюдения за монолитным перекрытием силовых дефектов не обнаружено, прогибы не превышают значений, установленных в действующих ТНПА.

Заключение

1. Выполненный анализ различных конструктивных решений для усиления монолитных ребристых перекрытий позволил разработать наиболее эффективное с конструктивной и экономической точки зрения

решение усиления в виде несущей конструкции из пространственных трёхгранных ферм из труб с бесфасоночными узлами.

2. В процессе ввода в эксплуатацию реконструированного помещения прессового цеха СОАО «Беловежские сыры» с разработанным авторами новым конструктивным решением усиления монолитного ребристого перекрытия силовых дефектов не обнаружено, прогибы не превышают значений, установленных в действующих ТНПА.

3. Расчет и конструирование пространственных трёхгранных ферм из труб с бесфасоночными узлами в Республике Беларусь возможно только в соответствии с требованиями ТКП ЕН 1993-1-8 [3], т.к. в базе проектирования, основанной на положениях СНиП II-23-81* [1, 2] конструкции пространственных узлов из прямоугольных труб не рассматриваются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81*. – М.: Госстрой СССР: ЦНИТП, 1990. – 96 с.

2. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). – Москва, ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР, 1989. – 214 с.

3. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций Ч. 1-8. Расчет соединений: ТКП ЕН 1993-1-8-2014. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 128 с.

4. Шурин, А. Б. Особенности конструирования безфасоночных узлов из прямоугольных труб по ТКП ЕН 1993-1-8 / А. Б. Шурин, А. В. Мухин, Н. Н. Шалобыта, Е. В. Макаревич // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР): Сборник статей II Международной научно-технической конференции (29 – 30 марта 2018 года) : Брест / БрГТУ – Брест, 2018. – с. 123 – 127.

Л.В. КИМ, канд. техн. наук доцент,

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Т.С. КОВАЛЕНКО, инженер по надзору за строительством

ООО «Стивидорная компания «Малый порт», г. Находка

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПОРТА

В проекте реконструкции причалов № 34 и 35 в порту Восточный заложено обеспечение возможности поочередной швартовки и грузообработки расчётных судов типа СН-30 и СН-20. Объем работ: усиление конструкции причалов, строительство отбойно-швартовных палов и проведение дноуглубительных работ [1].