

НЕГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФЕРМ, АРМИРОВАННЫХ ПРЕДНАПРЯЖЁННЫМИ ПУЧКАМИ АРМАТУРНОЙ ПРОВОЛОКИ

НП «Содействие предупреждению
чрезвычайных ситуаций»,
г. Новокузнецк, Кемеровская область

Лизунов Дмитрий Викторович
Начальник отдела экспертизы промышленной
безопасности зданий и сооружений

Сосимович Сергей Геннадьевич
Начальник расчётно-аналитического отдела

Галактионов Дмитрий Викторович
Инженер-обследователь отдела экспертизы промышленной
безопасности зданий и сооружений

Николаев Виталий Игоревич
Инженер-обследователь отдела экспертизы промышленной
безопасности зданий и сооружений

В данном техническом обзоре затрагиваются проблемы, связанные с эксплуатацией стропильных ферм сталелитейного цеха одного из вагоностроительных предприятий Алтайского края. Здание эксплуатируется с 1963 года.

Фермами называют решётчатые конструкции, работающие на изгиб. Конструкция фермы состоит из отдельных стержней, которые соединяются в узлах и образуют геометрически неизменяемую систему. Фермы применяют в конструкциях покрытия зданий (сооружений), в конструкциях мостов, транспортных эстакад и других сооружений, где необходимо перекрыть достаточно большие пролёты.

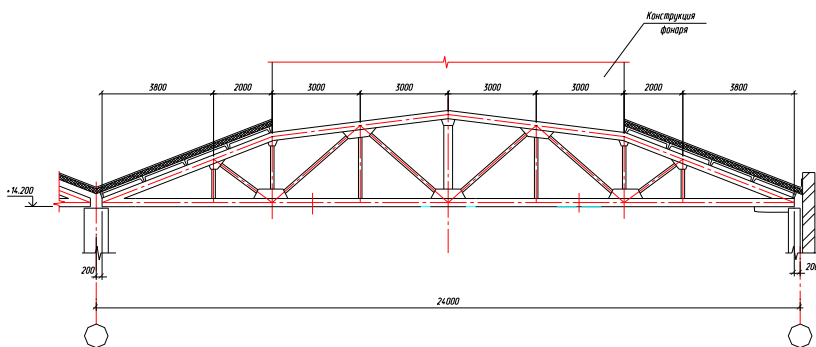


Рис. 1. Общий вид стропильной фермы

В данном случае рассматриваются сборные железобетонные фермы пролётом 24 м полигонального очертания с треугольной решёткой из раскосов и стоек. Фермы входят в состав двухпролётного каркаса здания сталелитейного цеха.

Сечения верхнего пояса, элементов решётки прямоугольные, нижний пояс коробчатого сечения с лотком для предварительно напряжённой арматуры. Нижние пояса ферм армированы преднапряжёнными пучками арматурной проволоки. Марка стали проволоки соответствует Ст75 ГОСТ 14959-79. Механические свойства проволоки соответствуют требованиям ГОСТ 7348-81. Предварительное напряжение пучков арматуры выполнено методом «натяжение на бетон» с использованием открытых анкерных устройств по торцам ферм. Анкерные устройства состоят из стальных плит и зажимных устройств из стальных пробок и гильз. Инъецирование каналов выполнено цементным тестом. Лотки заполнены бетонной смесью по слою цементного теста. Верхний пояс и часть элементов решётки армированы арматурой, изготовленной из стали марки 35ГС. Часть элементов решётки ферм армированы стержнями периодического профиля выполненными из стали Ст5 ГОСТ 5781-58 или класса АП ГОСТ 5781-71.

Подобные конструкции стропильных железобетонных ферм широко использовались в промышленном строительстве в 60-е годы прошлого столетия. К сильным сторонам данного решения следует отнести снижение металлоёмкости конструкций за счёт применения высокопрочного металла, более полное использование прочностных свойств бетона за счёт увеличения усилия обжатия растянутых зон высокопрочной арматуры. Негативные моменты стали проявляться через некоторое время эксплуатации.

В нашем случае в 1998 году через 35 лет со дня начала эксплуатации здания произошло обрушение конструкций покрытия на участке здания размером 24×24 метра. В результате обрушения была сломана надкрановая часть железобетонной колонны каркаса с частичным разрушением прилегающего участка стенового ограждения.

Причиной случившейся аварии стала коррозия предварительно напряжённой пучковой арматуры нижнего пояса фермы в опорном узле в результате периодического замачивания атмосферными осадками.

Рис. 2. Типовой узел анкеровки
 арматурных пучков из
 высокопрочной стали
 в предварительно напряжённых
 конструкциях:

- 1 – железобетонная колодка;
- 2 – спираль;
- 3 – спираль из высокопрочной проволоки;
- 4 – внутренняя спираль длиной 80 мм из высокопрочной стальной проволоки диаметром 2,5-3,0 мм;
- 5 – трубка из жести;
- 6 – стальной конус с отверстием для инъектирования раствора;
- 7 – проволока (диаметром 2,5-3,0 мм) арматурного пучка;
- 8 – цементный раствор;
- 9 – стальной конус; 10 – стальная прокладка; 11 – гайка;
- 12 – натяжной шток домкрата

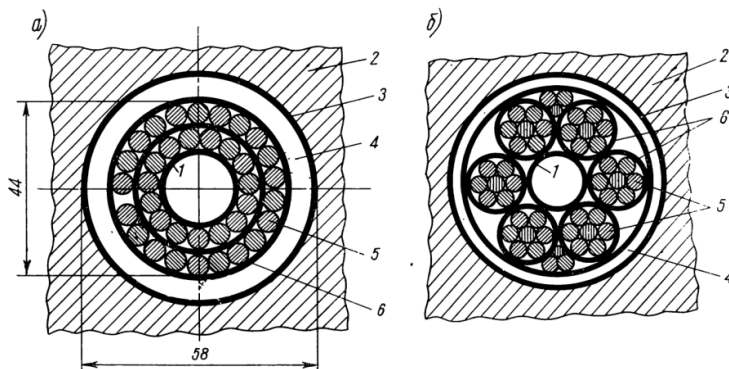
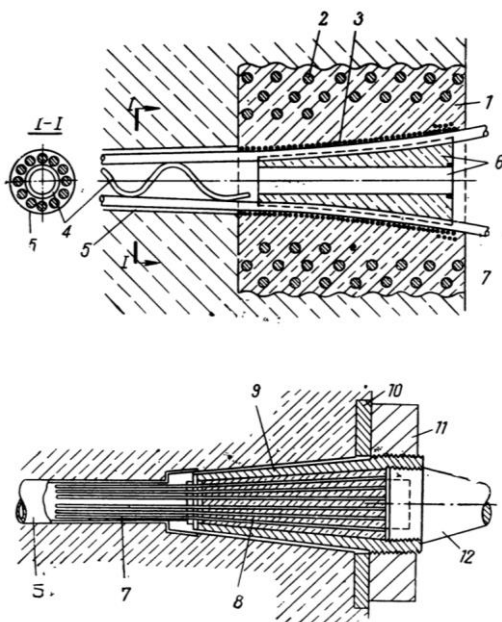


Рис. 3. Сечения пучков из высокопрочной стали:

- а – пучок из проволок, расположенных по концентрическим окружностям;
- б – пучок, собранный из семи проволочных прядей; 1 – сердечник в виде проволочной спирали; 2 – тело конструкции; 3 – трубка из кровельной стали $\delta = 0,4$ мм; 4 - полость, заполняемая цементным раствором;
- 5 – углеродистая проволока; 6 - вязальная проволока диаметром 1,6 мм

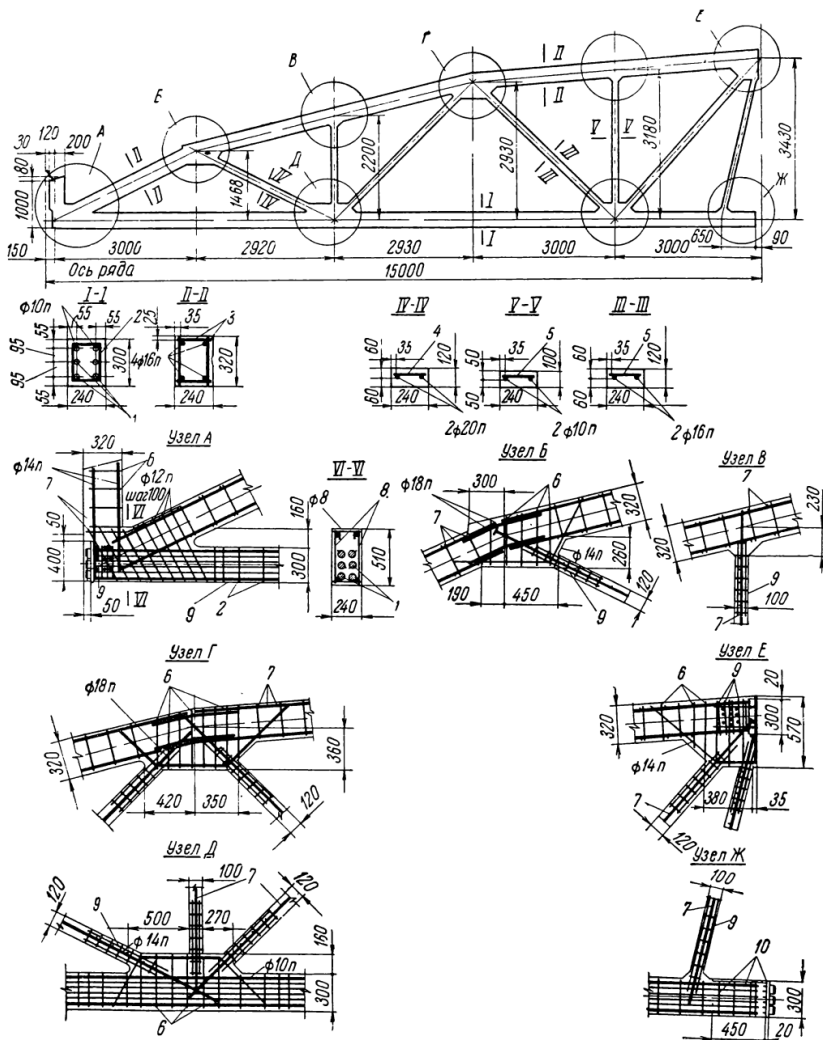


Рис. 4. Типовая конструкция предварительно напряжённой железобетонной фермы: 1 – пучки предварительно напряжённой арматуры по 14 $\varnothing 5$ мм; 2 – хомут $\varnothing 5$ мм, шаг 200 мм; 3 – хомут $\varnothing 6$ мм, шаг 200 мм; 4 – хомут $\varnothing 8$ мм, шаг 150 мм; 5 – хомут $\varnothing 6$ мм, шаг 100 мм; 6 – хомут $\varnothing 8$ мм, шаг 100 мм; 7 – сварной каркас; 8 – хомут $\varnothing 12$ ПП, шаг 100 мм; 9 – сварная сетка; 10 – закладная деталь



Рис. 5. Вид сверху на участок обрушения конструкций покрытия



Рис. 6. Вид на участок обрушения со стороны разрушенной стены



Рис. 7. Сдвиг плит покрытия с опорных узлов на прилегающем к зоне обрушения участке покрытия



Рис. 8. Анкерная плита обрушившейся фермы. Коррозия пучков предварительно напрягаемой арматуры

К отрицательным свойствам стропильных железобетонных конструкций с предварительно напряжённой арматурой пучкового типа следует отнести:

- низкая коррозионная стойкость пучковой арматуры по сравнению со стержневой арматурой;
- скрытое протекание коррозионных процессов внутри каналов без видимых внешних проявлений;
- повышенное требование к материалу и качеству заделки каналов, в которые уложена арматура. В нашем случае заделка каналов не обеспечила гидроизоляционные свойства конструкции, требуемое сцепление напряжённой арматуры с бетоном нижнего пояса фермы;
- внезапное обрушение конструкции.

Послеаварийные мероприятия на данном объекте состояли из следующих шагов:

- установка металлических стропильных ферм на место обрушившихся конструкций;
- установка металлических предварительно напряжённых тяжей по нижним поясам оставшихся стропильных железобетонных ферм;
- поэтапное облегчение конструкций покрытия путём замены сборных железобетонных плит покрытия на профилированный металлический лист по стальным прогонам.



Рис. 9. Участок нижнего пояса железобетонной стропильной фермы, усиленной металлическими тяжами

Рекомендации собственникам, надзорным службам, контролирующим здания (сооружения) с подобными конструкциями состоят из следующих позиций:

- следить за гидроизоляционными свойствами кровли, не допускать замачивания узлов и элементов атмосферными осадками, возможными утечками из технологического оборудования;
- систематически производить осмотры и техническое обследование конструкций с привлечением специализированных организаций;
- по возможности превентивными мероприятиями исключить вероятность внезапного обрушения, свойственного подобным конструкциям, путём замены на другие или усиления существующих конструкций. Причём выбор рекомендуется сделать на установку новых конструкций, лишённых подобных недостатков, потому что усиление существующих задача труднореализуемая, требующая высокой квалификации при принятии технических решений и высокого качества выполняемых работ.

Библиографический список

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния (введен в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 N 1984-ст). - Стандартинформ, 2014. – 89 с.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений (принят Постановлением Госстроя РФ от 21.08.2003 N 153). - М.: Госстрой РФ, ГУП ЦПП, 2003. – 64 с.
3. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» 21.07.97 г. №116-ФЗ (ред. от 13.07.2015).