

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ БЕСКАРКАСНЫХ АРОЧНЫХ ЗДАНИЙ

**В.В. Зверев** доктор техн. наук, профессор; **К.Е. Жидков** канд. техн. наук, доцент;  
**Н.В. Капырин** канд. техн. наук, доцент; **И.В. Карманов**

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

*Аннотация.* Отмечены преимущества бескаркасных арочных зданий из тонколистового проката по сравнению с традиционными каркасными зданиями и сооружениями из стержневых легких металлических конструкций. Приведены характерные примеры обрушений. Проанализированы причины аварий зданий и сооружений данного типа на различных этапах жизненного цикла. Показано, что повышение надежности сооружений возможно только при осуществлении надлежащего контроля на всех этапах: проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации. На основе анализа нормативных документов, действующих в РФ, делается вывод, что вопрос контроля для рассматриваемых конструкций с учетом их особенностей в настоящее время не решен.

*Ключевые слова:* бескаркасные арочные здания, тонколистовой стальной прокат, лоткообразные профили, примеры обрушений зданий.



**Зверев**  
**Виталий Валентинович**



**Жидков**  
**Константин Евгеньевич**



**Капырин**  
**Николай Викторович**



**Карманов**  
**Илья Владимирович**

В результате анализа строительного рынка одним из наиболее эффективных конструктивных решений зданий и сооружений на основе тонколистового проката являются бескаркасные арочные здания из гофрированных лоткообразных стальных профилей [1-3] (рис. 1).

Основой технологии бескаркасного строительства является применение рулонированного оцинкованного тонколистового проката, которому путем холодного формования придается определенная конструктивная форма (рис. 2). Из достаточно большой номенклатуры бескаркасных зданий наиболее широко распространены арочные здания, изготавливаемые по технологии K-SPAN.

Это обусловлено высокой технологичностью изготовления в построечных условиях (на передвижной механизированной установке при минимизации транспортных затрат), отсутствием конструктивно сложных соединений (все соединения элементов между собой выполняются в фальцы), низким расходом стали. По сравнению с традиционными решениями, в том числе ЛМК, материалоемкость снижается до 2 раз [1].

Стоимость зданий данного типа составляет в зависимости от пролета и площади 2,2-3,5 тыс. руб/кв. м.

Все вышеизложенное, казалось бы, предопределяет полное завоевание такими зданиями строительного рынка ангаров, складов, укрытий и т.п. Однако большое количество аварий, зафиксированных в Липецкой области, Карачаево-Черкесской Республике, Республике Татарстан, городах Подольске, Иркутске, Воронеже, Пензе и других регионах (рис. 3-7) привело к значительному спаду спроса на данные здания.



Рис. 1. Бескаркасное здание из гофрированных лоткообразных стальных профилей на момент возведения

Более того, большинство проектировщиков стали осторожнее подходить к проектированию данных зданий и в ряде случаев отказываться от их применения, переходя на более материалоемкие арочные конструкции (например, арки с тонкой гофрированной стенкой, бескаркасные арочные здания типа «Эксергия», «HONCO» и т.п.) [3].



Следует отметить, что такие здания обладают большей несущей способностью за счет применения стального профилированного листа с двойным гофрированием с соединением на болтах, но обладают большей материалоемкостью и трудоемкостью монтажа.

На основании анализа опыта проектирования, результатов обследований, имеющихся в свободном доступе, материалов о разрушениях, основными причинами отказов конструкций зданий из лоткообразных гофрированных профилей являются:

*Ошибки при проектировании.*

В большинстве случаев это происходит в результате отсутствия необходимого опыта в проектировании данных конструкций и отсутствия необходимой нормативно-технической документации.

Поскольку крупные компании выпускают руководство с готовой номенклатурой типовых пролетов и соответствующих им необходимых толщин без раскрытия методики, по которой они были определены, то в рамках конкуренции получить проектировщикам свободный доступ к данным разработкам не представляется возможным.

Кроме того, в связи с изменением снеговой нагрузки, необходимостью учета пульсационной составляющей при сборе ветровой нагрузки [5] данная номенклатура подлежит постоянному редактированию. При отсутствии опыта в проектировании конструкций данного типа по действующим

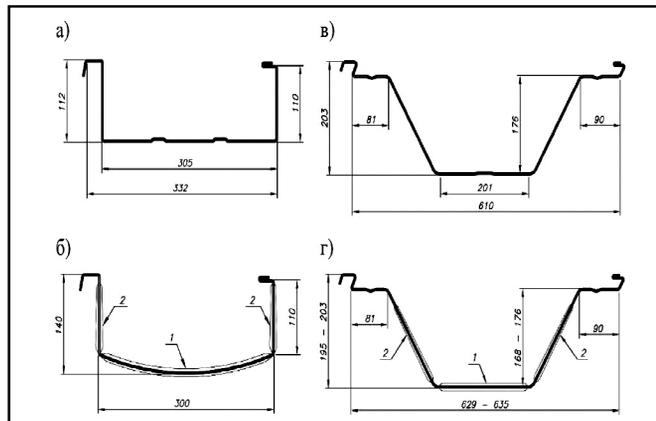


Рис. 2. Типы сечений

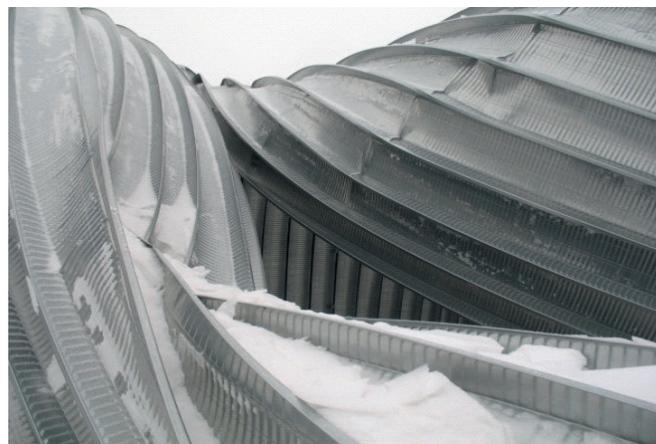
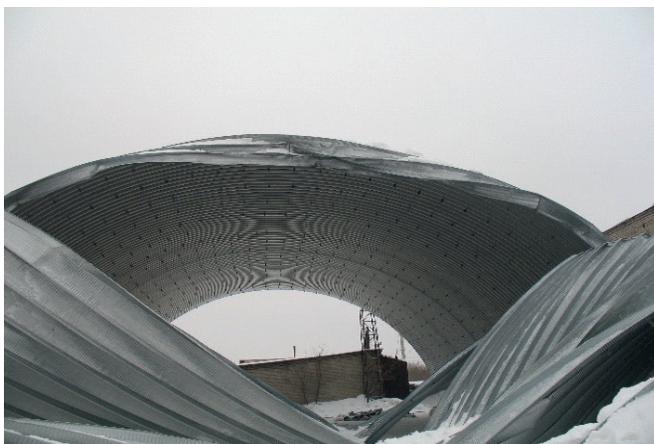


Рис. 3. Разрушение складского арочного здания (г. Липецк)

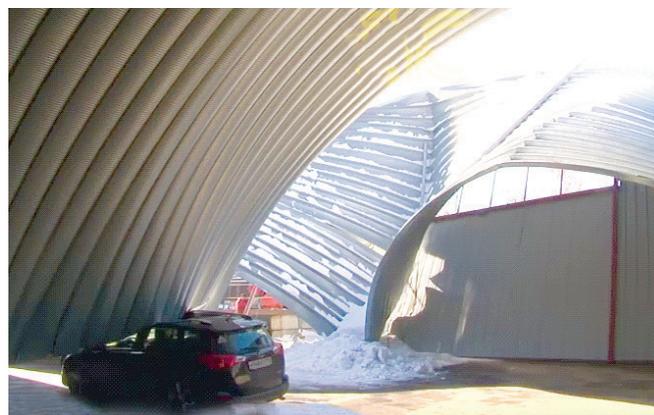


Рис. 4. Разрушение арочного здания автостоянки (г. Иркутск) (по материалам АС Байкал ТВ)

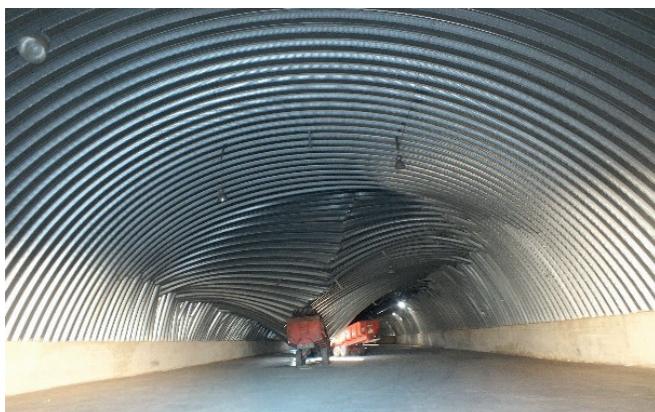


Рис. 5. Обрушение арочного здания сельскохозяйственного назначения (Липецкая область)



Рис. 6. Обрушение укрытия хоккейной площадки в р.п. Верхний Услон [2]

отечественным и зарубежным нормам (СП, Еврокод) в ряде случаев наблюдаются ошибки в определении геометрических характеристик редуцированного сечения, учете местных воздействий и различных форм потери устойчивости, выборе расчетной модели, что приводит к несоответствию фактического и проектного напряженно-деформированного состояния.

*Нарушение технологии изготовления.*

Высокая технологичность производства конструкций привела к появлению большого количества организаций, предлагающих прокатные станы различной

конструкции, отличающихся не только стоимостью, но и качеством изготовления строительных конструкций.

Наиболее распространенными несовершенствами конечной продукции являются: отклонение заготовки от исходных размеров, формы сечения (включая размалковку), непроектная высота гофрирования, повреждение цинкового покрытия, порывы тонколистового металла. Отмечаются попытки некоторых производителей для снижения отходов использовать без достаточного экспериментально-теоретического обоснования заготовки большей



Рис. 7. Обрушение складских зданий в Пензенской области

ширины, что приводит к существенному изменению работы конструкции под нагрузкой.

*Нарушение технологии строительно-монтажных работ.*

Использование технических решений конструкций из тонкостенных элементов предполагает выполнение монтажных работ квалифицированными подрядными организациями, обладающими необходимыми трудовыми ресурсами и средствами технического контроля за качеством работ. Фактически в связи с использованием «летучих» бригад, не отвечающих за конечный результат, отмечаются некачественная завальцовка стыков, частичное отсутствие крепления арочных элементов к основанию, нарушение геометрической формы арки. На стадии монтажа выявлены случаи обрушения или потери геометрической формы при несоблюдении технологии производства работ (отсутствие торцевой стены, динамические воздействия от кранов и т.п.).

*Непроектные технологические воздействия при эксплуатации и реконструкции.*

Для ряда зданий, в основном сельскохозяйственного назначения, используемых для хранения сыпучих материалов навалом (зерно, картофель и т.д.), характерно изменение расчетной схемы при эксплуатации в случае непроектного загрузения продукции (превышения уровня засыпки). Кроме того, за счет непроектных технологических вырезов при возведении пристроек, переходов, устройстве вентиляционных проходок, механических повреждениях несущих элементов арки происходит существенное снижение характеристик поперечного сечения конструкций.

Снижение рисков при проектировании, возведении и эксплуатации зданий данного типа возможно при осуществлении надлежащего стороннего контроля.

Однако для снижения затрат времени и средств заказчики широко используют здания с ограничением по площади (до 1 500 кв. м) и этажности (менее двух этажей), что в соответствии со ст. 49 Градостроительного Кодекса дает возможность не проходить экспертизу проекта. Согласно ст. 54 Градостроительного кодекса РФ и Постановления Правительства РФ № 54 от 01.02.2006 «О государствен-

ном строительном надзоре в Российской Федерации», данные объекты не подлежат государственному строительному надзору.

В результате экономия на техническом надзоре, самостоятельный контроль за качеством проектирования, изготовления и монтажа (а фактически отсутствие контроля) в конечном итоге приводят к существенным репутационным и финансовым потерям как поставщика, так и потребителя при обрушении зданий данного типа.

Учитывая значительное влияние как технологических, так и конструктивных факторов на эксплуатационную долговечность и безопасность конструкций из тонколистовой стали, представляется необходимым введение строгого контроля на всех стадиях жизненного цикла здания — от проектирования до эксплуатации.

**Список литературы:**

1. Еремеев П.Г., Киселев Д.Б., Армейский М.Ю. К проектированию бескаркасных конструкций арочных сводов из холодногнутых тонколистовых стальных профилей. // Монтажные и специальные работы в строительстве, 2004, № 7.
2. Кузнецов И.Л., Исаев А.В., Гимранов Л.Р. Причины обрушения бескаркасного арочного сооружения пролетом 30 м. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Издательство: Казанский государственный архитектурно-строительный университет (Казань), 2011, № 4. — с. 166–170.
3. Карманов И.В., Зверев В.В., Жидков К.Е., Подзоров А.В. Конструктивные решения бескаркасных арочных зданий. Современное состояние и перспективы развития.// Строительная механика и расчет сооружений. Издательство: Научно-исследовательский центр «Строительство» (Москва), 2015, с. 58–62.
4. Айрумян Э.Л., Беляев В.Ф. Эффективные холодногнутые профили из оцинкованной стали — в массовое строительство. // Монтажные и специальные работы в строительстве, 2005, № 5. — с. 10–17.
5. СП 20.13330.2016: Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*// Минстрой России, 2016.