

УДК 69.036.3

Ю.Л. Калабин**Y.L. Kalabin**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСКАРКАСНЫХ
АРОЧНЫХ АНГАРОВ****PROBLEMS OF OPERATION OF CARDLESS
AROCH ANGARS**

В последнее время в России широко применяется технология изготовления и монтажа бескаркасных арочных сооружений из тонкостенных холодногнутох профилей с поперечно-гофрированными гранями. Бескаркасные арочные ангары – вид быстровозводимых зданий, которые представляют собой единую самонесущую конструкцию арочной формы. Однако работа конструкции такого типа остается малоизученной. Нормативная база по проектированию рассматриваемых бескаркасных покрытий отсутствует как в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: арочные ангары, бескаркасные сооружения, оцинкованная сталь, быстровозводимые конструкции, цинковое покрытие.

Recently, in Russia, the technology of manufacturing and mounting frameless arched structures made of thin-walled cold-formed profiles with transversely corrugated edges has been widely used. Frameless arched hangars are a type of pre-fabricated buildings, which are a single, self-supporting arch-shaped structure. However, the work of this type of construction remains little studied. The regulatory framework for the design of frameless coatings under consideration is absent both in Russia and abroad.

Keywords: arched hangars, frameless structures, galvanized steel, prefabricated structures, zinc coating.

Общие сведения

Бескаркасные арочные ангары – вид быстровозводимых зданий, которые представляют собой единую самонесущую конструкцию арочной формы из рулонной оцинкованной или окрашенной стали толщиной 0,8–1,5 мм:

- ширина арки может составлять от 3 до 30 м;
- высота ангара зависит от пролета арки;
- длина здания может быть любой;
- срок службы 10–30 лет;
- допустимая масса снегового покрова 480 кг/м²;
- предельно допустимая скорость ветра 200 км/ч.

Сфера применения бескаркасных ангаров в сельском хозяйстве:

- зерно- и овощехранилища;
- склады кормов;
- животноводческие помещения;
- производственные корпуса;
- навесы;
- ангары для спецтехники и ремонтные мастерские;
- административные корпуса.

Главное преимущество арочных сооружений – цена бескаркасных ангаров. Обычно компании заявляют, что стоимость возведения арочных ангаров примерно в 2–2,5 раза меньше, чем каркасных сооружений.

Экономия строительства арочных ангаров достигается за счет:

- отсутствия каркаса, что снижает металлоемкость проекта;
- использования облегченных (более дешевых) фундаментов;
- минимальных логистических затрат.

Профиль арки металлоконструкции представлен на рис. 1.

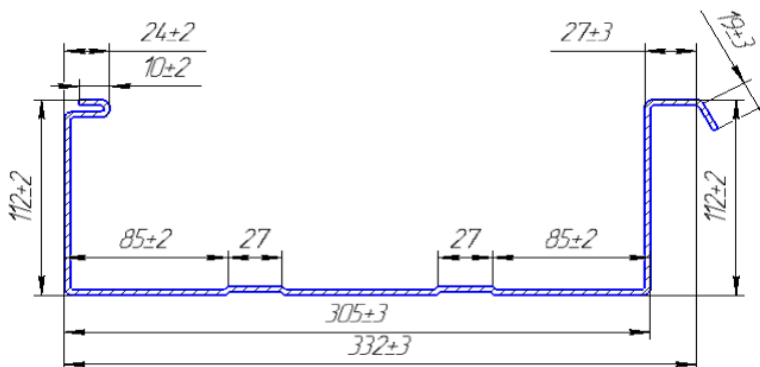


Рис. 1. Профиль арки металлоконструкции

Критерии оценки возможности использования сооружения по назначению

Из-за относительно недавнего появления бескаркасных арочных сооружений на рынке к ним нет четкой нормативно-технической базы. Критерии их оценки такие же, как и каркасных сооружений:

- вместимость;
- ценовая политика;
- оперативность постройки;
- мобильность конструкции;
- долговечность;

- ремонтпригодность;
- возможность обустройства внутренней инфраструктуры.

Вместимость

Бескаркасные ангары – одни из лучших строений по характеристикам вместимости. Внутреннее пространство в конструкции можно использовать по максимуму.

Важно отметить, что общий размер конструкции арочных ангаров несколько ограничен технологией.

Ценовая политика

В данном критерии из всех сооружений на рынке выигрывает на стороне бескаркасных арочных сооружений. Экономия строительства арочных ангаров достигается за счет:

- отсутствия каркаса, что снижает металлоемкость проекта;
- использования облегченных (более дешевых) фундаментов;
- минимальных логистических затрат.

Оперативность постройки

Лидером по этому критерию являются бескаркасные арочные ангары. Они не имеют отдельных несущих элементов, на закрепление которых может уйти некоторое время. Их гибкие листовые пролеты одновременно являются покрытием и подобием рамы.

Бескаркасные ангары изготавливаются непосредственно на строительной площадке с помощью специальных мобильных комплексов. Такие комплексы производят профилировку и гофрирование рулонной стали с одновременным приданием необходимого радиуса. Впоследствии арочный элемент объединяют в блоки и соединяют в проектное положение фальцегибочной (забортовочной) машинкой. Затем краном поднимают арочные блоки и устанавливают на заранее подготовленный фундамент и закрепляют точечной сваркой или болтами к закладным деталям фундамента. Водонепроницаемость и герметичность фальцевых соединений являются преимуществом по сравнению с традиционными способами строительства и позволяют существенно снизить эксплуатационные расходы.

Мобильность конструкции

Важно отметить, что арочные ангары фактически не «привязываются» к земной поверхности. С другой стороны, бескаркасные ангары в какой-то степени капитальные сооружения, несмотря на их «быстрособорный» характер. Элементы их гибкой конструкции соединяются методом фальцевания. Это

обеспечивает абсолютную герметичность, поэтому разъединить такую конструкцию без нанесения повреждений её целостности фактически невозможно.

Долговечность

Быстровозводимые здания зачастую существенно уступают по характеристикам прочности и надежности капитальным сооружениям.

Арочные ангары состоят из оцинкованного металла, который не боится агрессивного воздействия влаги.

Совсем другой вопрос – «терпимый» уровень нагрузки. В случае с арочными ангарами этот показатель очень низкий. Такие строения боятся механических повреждений, но благодаря обтекаемости конструкции хорошо переносят погодные условия.

Ремонтпригодность

Арочные ангары до недавнего времени не подлежали ремонту из-за целостности конструкции.

Благодаря специальному оборудованию «оперативное вмешательство» в бескаркасную конструкцию возможно, хотя такой ремонт стоит недешево.

Возможность внутреннего устройства и размещения оборудования

В этом плане арочные ангары ограничиваются возможностью внутреннего утепления (в бескаркасных конструкциях можно использовать только напыление) и установки подвесной крана-балки (в арочных ангарах её использование полностью исключено).

Проблемы, возникающие при эксплуатации данного сооружения

Конструкция – в частности, бескаркасный арочный ангар, расположена в городе Перми. Целесообразно рассмотреть следующие факторы, касающиеся эксплуатации арочного ангара:

- нарушение шага свай;
- нарушение крепления оголовков на сваи;
- нарушение в установке ростверка из уголка;
- количество креплений к штрипсе;
- искривление арок;
- отсутствие антикоррозийной обработки;
- нарушение устройства каркаса торцевых стен.

Нарушение шага свай

«Фундамент – буронабивные сваи глубиной 2 м и диаметром 350 мм, армированные пространственным каркасом, бетонный ростверк высотой 300 мм, шириной 400 мм» [1].

Свайный фундамент: комплекс свай, объединенных в единую конструкцию, передающую нагрузку на основание.

Свая: погруженная в грунт или изготовленная в грунте вертикальная или наклонная конструкция, предназначенная для передачи нагрузки на основание. По СП 24.13330.2011 шаг свай регламентируется только СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».

Пренебрегая СП «Свайные фундаменты», нельзя быть уверенным, что данная конструкция будет устойчива и не подвергнется изменению со стороны грунта, однако данная проблема не влияет на эксплуатацию сооружения.

Нарушение крепления оголовков на сваи

Приварка оголовка также осуществляется с применением инверторного преобразователя. Сварочные электроды универсальные – 3 мм, сварочный ток 90-100 А. Сварка проводится стандартно по схеме:

1. Оголовок устанавливается в нужное положение с контролем горизонтальной плоскости.
2. Оголовок прихватывается в двух–трех местах точечной сваркой.
3. Оголовок приваривается по периметру, необходимо оставить небольшой отрезок в шве длиной 10–20 мм для вентиляции внутреннего пространства оголовка.

Нарушение в установке ростверка из уголка

«Ростверк: Распределительная балка или плита, объединяющая головы свай и перераспределяющая на них нагрузку от вышерасположенных конструкций. Различают высокий ростверк, если его подошва располагается выше поверхности грунта, и низкий ростверк, если его подошва опирается на грунт или заглубляется в нем» – по СП «Свайные фундаменты».

Для данных ангаров в качестве ростверка используют уголок.

При правильной установке данного элемента арка упирается в уголок и нет опасений, что она соскользнет.

Узел примыкания арочных гнутых листов к фундаменту несовершенен, и этому есть несколько причин:

- несоблюдение технологии монтажа из-за отсутствия профессионализма;
- нарушение правил эксплуатации, что приводит к исхуданию гидроизоляции и вымыванию бетона;
- листы присоединены не жестко, что заставляет конструкцию «играть» [2].

Количество креплений к штрипсе

Количество креплений к штрипсе играет не последнюю роль, важно, чтобы и уголок был установлен правильно, и количество креплений было не меньше трех. Недостаточное количество креплений к штрипсе не несет опасности. Если была допущена ошибка при монтаже уголка и количество креплений недостаточно, их можно увеличить и не допустить образования зазора в соединении штрипса-уголок.

Нарушение устройства каркасов торцевых стен

После завершения установки и соединения частей арки ангара начинается этап производства и монтажа торцевых стен, а также ворот, оконных проемов и вентиляционных люков бескаркасного ангара. Торцевые стены бескаркасных арочных сооружений изготавливаются, как правило, из прямого профиля.

Прямой профиль обладает большой прочностью и жесткостью, а толщина металла в «замках» профилей достигает 5 мм. Крепление прямого профиля осуществляется саморезами. В нижней части прямой профиль закрепляется к опорному элементу. В верхней части он аналогично крепится к вертикальной полке арочной конструкции.

После окончания монтажа металлических конструкций устанавливаются ворота, двери и окна как со стороны фасадов, так и встраиваемые в радиусную конструкцию.

Возможные проблемы в конструкции торцевых стен могут заключаться в неправильном их производстве либо при эксплуатации. В данном случае это решается заменой торцевых стен на новые либо правкой на месте. Плюс будет то, что торцевые стены не являются несущими и их демонтаж, а впоследствии монтаж не доставит неприятностей.

Искривление арок

Из-за некачественного производства или монтажа арки могут лишиться правильной формы. К сожалению, исправить данную проблему можно только в собранном состоянии.

Искривление или деформация арочного сооружения возможны по нескольким причинам:

- низкие архитектурные возможности формы сооружения;
- проблемы выбора оборудования: американский оригинал или российский аналог. Строительство бескаркасных арочных сооружений предполагает предельно тяжелые условия эксплуатации оборудования. В полевых условиях существуют определенные проблемы с регулярной профилактикой и обслуживанием механизмов. Всё это предъявляет к оборудованию для строительства ангара повышенные требования надежности и способности правильно функционировать в экстремальных условиях;

– человеческий фактор. Трудовые ресурсы являются ключевым фактором риска проекта строительства, влияющим на сроки его реализации и эффективность. Выделение трудовых ресурсов как одного из факторов риска требует подробной разработки вопроса, заключающейся в составлении классификации рисков, сопутствующих трудовой деятельности и оказывающих влияние на процесс строительства [2].

Искривление арок может возникнуть также из-за повышенной нагрузки на область. Решение данной проблемы, заключается в вытягивании краном области с установкой на ней временных точек крепления.

«Отметим, что если в СНиП II-23-81* указанные особенности работы СТХП не отражены, то ряд зарубежных норм, таких как, например, AISI (США), DIN (Германия), Еврокод 3, учитывают особенности их работы за счет использования в статическом и прочностном расчетах так называемых «эффективных» характеристик поперечных сечений СТХП вместо номинальных геометрических. СТХП – стальной тонкостенный холодногнутый профиль.

Потеря местной устойчивости отдельных элементов сечения при напряжениях значительно меньше предела текучести является, как известно, основной особенностью работы СТХП» [3].

Возможно искривление или деформация арок из-за неправильного расчета снеговой нагрузки.

«Наличие поперечного гофрирования на соответствующих гранях тонкостенного холодногнутого профиля приводит к повышенной деформативности всей конструкции, что в свою очередь сказывается на начальных несовершенствах формы бескаркасного покрытия, а также на его работе при статических нагрузках.

В связи с нелинейной работой бескаркасной конструкции после снятия нагрузки возможно длительное восстановление исходной геометрии» [4].

Отсутствие антикоррозийной обработки

Проблема коррозии не является однозначной из-за отсутствия нормативной документации, касающейся бескаркасных арочных ангаров.

1. Оцинкованная сталь, алюминий и медь все же подвержены коррозии, пусть и в гораздо меньших масштабах, чем обычная сталь. Обеспечение дополнительной антикоррозионной защиты – вот первая цель окраски.

2. Не всегда неокрашенный металл вписывается в архитектурное или конструкторское решение объекта. В таком случае металлические поверхности нуждаются в декоративной окраске, чтобы придать готовому объекту законченный вид.

Необходимо после завершения монтажа арочной конструкции производить гидроизоляцию узлов крепления путем нанесения гидроизоляционных материалов или герметика.

Из СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» (с Изменением №1): «Выбирать марки материалов и толщину защитно-декоративных лакокрасочных покрытий для дополнительной защиты от коррозии оцинкованной стали следует с учетом срока службы лакокрасочного покрытия в конкретных условиях эксплуатации».

Сами арки, произведенные из оцинкованной стали рассчитаны на выдерживание срока службы данных ангаров без образования коррозии. Нельзя оставить без внимания назначение данных ангаров и условия их эксплуатации.

Для расчета примерного срока службы ангаров используется ГОСТ 14918-80* «Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия и ГСССД 152-90 Низкоуглеродистые стали, цинк, медь, алюминий, магниевый сплав. Скорость коррозии в атмосферных условиях».

По ГОСТ 14918-80, в зависимости от толщины покрытия оцинкованная сталь делится на три класса в соответствии с указанными в табл. 1.

Таблица 1

Классы оцинкованной стали

Класс толщины	Масса 1 м ² слоя покрытия, нанесенного с двух сторон, г	Толщина покрытия, мкм
II (повышенный)	Св. 570 до 855 включ.	Св. 40 до 60 включ.
1-го класса	От 258 до 570	От 18 до 40
2-го класса	От 142,5 до 258	От 10 до 18

Для расчета возьмем оцинкованную сталь 1-го класса толщиной 20 мкм и массой 1 м² слоя покрытия, нанесенного с двух сторон – 300 г.

Согласно ГСССД 152–90, стандартные справочные значения скорости атмосферной коррозии цинка представлены в табл. 2.

По ГОСТ 5272–68 «Коррозия металлов. Термины», скорость коррозии – коррозионные потери единицы поверхности металла в единицу времени. Скорость проникновения коррозии – глубина коррозионного разрушения металла в единицу времени.

Таблица 2

Стандартные справочные значения скорости атмосферной коррозии цинка

Влажностная характеристика атмосферы	Скорость коррозии, г/(м ² ·год); (мкм/год)				
	Тип атмосферы				
	Сельская	Городская	Промышленная	Приморская	Морская
Сухая	0,6...2,0 (0,1...0,3)	0,7...15 (0,1...2,1)	4,8...30 (0,7...4,2)	1,4...28 (0,2...3,9)	–
Умеренно-влажная	2,1...6,0 (0,3...0,8)	2,2...40 (0,3...5,6)	16...75 (2,2...10,5)	4,7...70 (0,7...9,8)	–
Влажная	6,1...10 (0,9...1,4)	6,1...60 (0,9...8,4)	41...120 (5,7...16,8)	110...120 (1,7...15,4)	До 160 (22,4)

Примем, что наш ангар находится в городской атмосфере под воздействием умеренно-влажной атмосферы. Скорость коррозии в год для данного сооружения будет равна 2,2–40 г/(м²·год) или 0,3–5,6 мкм/год.

Зная скорость коррозии для данного сооружения, можно посчитать, сколько лет данное сооружение простоит до полной коррозии цинкового покрытия. Примем скорость коррозии 15 г/(м²·год) и 2,5 мкм/год.

Также примем во внимание, что это слой покрытия 300 г, нанесенный с двух сторон.

Длительность коррозии = 150 г / 15 г/(м²·год) = 10 лет.

Скорость коррозии = 20мкм / 2,5 мкм/год = 10 лет.

Стоит отметить, что это данный расчет выполнен только для цинкового покрытия, сама же конструкция будет подвергаться коррозии более 20 лет, при условии отсутствия какой-либо коррозионной обработки.

Вывод. Основной проблемой бескаркасных арочных ангаров является отсутствие нормативно-технической базы, которая бы описывала производство, монтаж и эксплуатацию данных сооружений. В настоящий момент имеется только документация, которая регламентирует составляющие этих ангаров. Отсутствие документов грозит появлением вышеперечисленных дефектов в процессе неправильного производства монтажа и эксплуатации.

Выделим основные проблемы, возникающие в процессе эксплуатации.

Коррозионная стойкость. Из-за наличия нормативной документации только на оцинкованную сталь, из которой и делают эти ангара, возможно формирование ошибочного мнения о возможности образования коррозии до окончания эксплуатации данного сооружения

Искривление арок. На первый взгляд проблема критичная. Но если разобратся, решением является трудоёмкий процесс вытяжки. Сейчас вытяжка краном и вообще вмешательство в конструкцию возможно. Предложенное решение проблемы состоит в вытягивании краном области с установкой на ней временных точек крепления.

Нарушение устройства каркасов торцевых стен. В данном случае это решается заменой торцевых стен на новые либо правкой на месте. Плюсом будет то, что торцевые стены не являются несущими и их демонтаж, а впоследствии монтаж не займет много времени.

Список литературы

1. Большое будущее арочных зернохранилищ // АгроСнабФорум. – 2018. – №1(157). – 22 с.
2. Закиров М.Р., Касенова А.Е., Кулешов И.В. Основные проблемы при бескаркасном арочном строительстве // Научные исследования и разработки молодых ученых: материалы XVII междунар. молод. науч.-практ. конф. / под

общей ред. С.С. Чернова, г. Новосибирск, 10 марта – 07 апреля 2017 г. – Новосибирск, 2017. – С. 9–12.

3. Уласевич В.П., Жданов Д.А. Деформационный расчет бескаркасных арочных покрытий из стальных тонкостенных холодногнутох профилей // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Строительство и Архитектура. – 2015. – №1(91). – С. 66–73.

4. Липленко М.А. Несущая способность бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутох профилей с поперечно-гофрированными гранями: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – М., 2017. – 215 с.

Получено 18.03.2020

Калабин Юрий Леонидович – магистрант, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: KarabinYurko@gmail.com.

Научный руководитель **Голубев Константин Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: golubev_kv@mail.ru.