

3. ТКП EN 14509–2013. Панели изоляционные несущие заводского изготовления с двухсторонней металлической обшивкой. Технические условия – Минск: МаиС, 2013. – 128 с.

4. СН 2.01.01–2022. Основы проектирования строительных конструкций. – Минск: МАиС, 2022. – 65 с.

5. СТБ 1610-2006. Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит и пенопласта. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности и жесткости.

6. СТБ 1808 – 2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия».

УДК 624.011.1

УСИЛЕНИЕ ДОЩАТОКЛЕЕННЫХ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ДЕФЕКТАМИ В ВИДЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН

Згировский А.И., Минчукова М.Е.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь деревянные арочные конструкции используются как в качестве покрытия складов калийных удобрений, так и при возведении спортивных сооружений. Арки являются одним из наиболее эффективных типов несущих конструкций, как с экономической, так и с эстетической точек зрения. Клеедощатые арки в большинстве случаев проектируют прямоугольного постоянного сечения по длине пролёта, независимо от формы её очертания. Опыт проектирования и эксплуатации большепролетных клееных деревянных арок в стране составляет более полувека. Необходимость строительства складов связана с необходимостью хранения калийных удобрений и последующего их экспорта, которая остается одним из основных источников валютных поступлений в страну. Увеличить производство калийных удобрений в Республике Беларусь планируется после ввода в эксплуатацию Петриковского горно-обогатительного комбината и Нежинского горно-обогатительного комбината в Любанском районе. Кроме того, началось строительство горно-обогатительного комбината в Дарасино.

В республике накоплен опыт изготовления и монтажа большепролетных клееных арок. Склады солей калийных комбинатов входят в состав основных сооружений калийных комбинатов. Особенностью этих сооружений являются большие, свободные от опор площади помещений (пролетом 45 м), в которых на полу хранится соль. Особенность эксплуатации деревянных складов является постоянное содержание в воздухе тонкой солевой пыли, возникающей при сбрасывании соли с транспортной галереи, оседающей на всех горизонтальных и наклонных плоскостях конструкций.

Без существенного нарушения целостности эксплуатируются арки стрельчатого очертания пролетом 45 м складов калийных удобрений в г. Солигорске, склеенные с гвоздевой запрессовкой. В течение более 50 лет эксплуатации отмечались только дефекты, возникшие из-за протечек кровли. Многолетний опыт применения деревянных клееных конструкций свидетельствует, что клееные конструкции являются вполне надежными в эксплуатации.

Анализ многолетнего опыта эксплуатации конструкций из клееной древесины показывает, что наиболее характерной причиной их разрушения являются продольные трещины и расслоения. Клееные конструкции довольно чутко реагируют на отклонения от рекомендованных решений на всех стадиях: проектирования, изготовления, хранения, монтажа и эксплуатации. Следствие этого – появление трещин, расслоение и обрушение конструкций

Наряду с положительным опытом изготовления, накоплен опыт эксплуатации клееных конструкций, причем в большинстве случаев положительный.

Дефекты изготовления возникают при нарушении технологического процесса производства конструкций. Для клееных деревянных конструкций характерны следующие дефекты: сушка пиломатериалов при жестких режимах (приводит к короблению досок, появлению значительных внутренних напряжений в клеевых элементах и расслоению по клеевым швам), превышение нормативных сроков хранения синтетических смол, несоблюдение правил приготовления клеев приводит к снижению прочности клеевых швов и их расслоению в процессе эксплуатации (рисунки 1 и 2).

Расслоение по клеевым швам наиболее часто встречается в сечениях с максимальной поперечной силой (например, вблизи опорных узлов), а также в местах концентрации больших внутренних напряжений. Основная причина расслоений по клеевым прослойкам является некачественное изготовление конструкций. При наличии таких дефектов безопасная эксплуатация не гарантирована.



Рис. 1. Дефект зубчатого соединения



Рис. 2. Трещины по клеевым прослойкам

Основные требования к усилению конструкций:

– обеспечение необходимой несущей способности, надежности и долговечности;

– включение в работу элементов усиления, обеспечение совместной работы с основной конструкцией;

– сохранение центрирования элементов в узлах и положения центра тяжести основного сечения.

Выбор того или иного решения зависит от технического состояния конкретной конструкции. Наиболее эффективными считаются способы усиления конструкций путем изменения статической схемы – введение затяжек, устройством дополнительных подкосов, стоек. Эти способы рекомендуется применять, при наличии свободного пространства под усиливаемой конструкцией. В случае с арками применением затяжек можно достичь уменьшения изгибающих моментов в полуарках в 1,5 – 2 раза. Однако данный способ усиления не решает проблему локальных и магистральных трещин.

Отделом металлических и деревянных конструкций филиала РУП «Институт БелНИИС» (г. Брест) было выполнено натурное освидетельствование поврежденных клееных дощатоклееных арок, смонтированных в проектом положении по теме: «Обследование клееных полуарок в осях «45-73/Б-К» на объекте «Реконструкция склада мелкозернистого концентрата № 2 на 2РУ» - шифр 107-О/09). В клееных полуарках были выявлены массовые значительные и критические дефекты; прочность арок с повреждениями при действии эксплуатационных нагрузок не была обеспечена; техническое состояние клееных полуарок соответствовало IV категории (неудовлетворительное). И как общий вывод «В связи с тем, что прочность арок со значительными и критическими повреждениями в виде трещин не обеспечена, дальнейшая эксплуатация поврежденных арок не допускается».

Для определения фактической несущей способности смонтированных клееных деревянных полуарок с выявленными повреждениями было принято решение о проведении испытаний пробным нагружением.

Испытания пробной нагрузкой проводятся в случаях, когда при обследовании не удается установить фактические параметры или расчетную схему конструкции, когда обычными методами обследования не представляется возможным выявить фактическое техническое состояние, а поверочные расчеты не дают достаточно надежных результатов.

В свое время кафедрой «Металлические и деревянные конструкции» БНТУ было разработано усиление поврежденных полуарок при помощи углеродволоконных холстов и деревянных накладок. Углеродволоконные холсты, наклеенные по специальной технологии, располагались с определенным шагом и выполняли функцию стяжных обоев. Возле конькового и опорного узлов шаг наклейки углеродволоконных холстов уменьшался в два раза. Система деревянных накладок, расположенных под углом к оси полуарки, перекрывала все расслоившиеся клеевые швы. Эпоксидный клей наносился одновременно на участок усиления на полуарке и на деревянные накладки. Деревянные накладки с нанесенным клеем прижимались к поверхности полуарки и при помощи глухарей (саморезов), поставленных в заранее просверленные отверстия и плотно прижимаются к поверхности полуарки до появления излишков клея из-под накладки. Для повышения адгезии в эпоксидную смолу непосредственно перед склеиванием добавлялся цемент.

Для проверки принятого способа усиления, определения прочностных и деформационных характеристик усиленных полуарок были проведены экспериментальные исследования.

Для испытаний была использована полуарка из той же партии, что и смонтированные на объекте. Полуарка, которую решили подвергнуть статической нагрузке хранилась на территории предприятия, т.е. на открытом воздухе под легким навесом из шиферных листов. В этой полуарке дефекты были аналогичны установленным в проектное положение (рисунки 1 и 2).

После усиления дефектной полуарки, при её осмотре были выявлены отступления от рекомендаций и дефекты, которые, однако не повлияли на работу конструкции в целом:

- качество поверхности полуарок для приклейки деревянных накладок было неудовлетворительное. Поверхности на вертикальных гранях полуарок не имели горизонтальной поверхности;

- в отдельных местах по краям деревянных накладок выявлены зазоры до 5 мм, образовавшиеся в результате неплотного прилегания деревянных накладок к граням полуарок;

- выявлены участки непроклея углеродволоконных холстов на поверхности деревянной полуарки;

- были выявлены участки в местах приклейки деревянных накладок, на которых не произошла полная полимеризация эпоксидного клея;

– диагональные накладки были установлены с отступлением от схемы, приведенной в рекомендациях по усилению.

Усиленную дефектную полуарку испытывали в три этапа: 1) усиленную углеродволоконными холстами с шагом 2,55 м и деревянными накладками; 2) усиленную углеродволоконными холстами с шагом 5,1 м и деревянными накладками (половина стяжных хомутов из углеродволоконных холстов была выключена из работы путем разрезания в нескольких местах); 3) усиленную только деревянными накладками на боковых поверхностях (все стяжные хомуты из углеродволоконных холстов были выключены из работы за исключением приопорного и конькового участков полуарки).

По результатам натурных испытаний была предложена и реализована схема усиления арочных конструкций с использованием углеродволоконных холстов и деревянных накладок (рисунки 3 и 4).



Рис.3. Общий вид арок склада, усиленного холстами и накладками

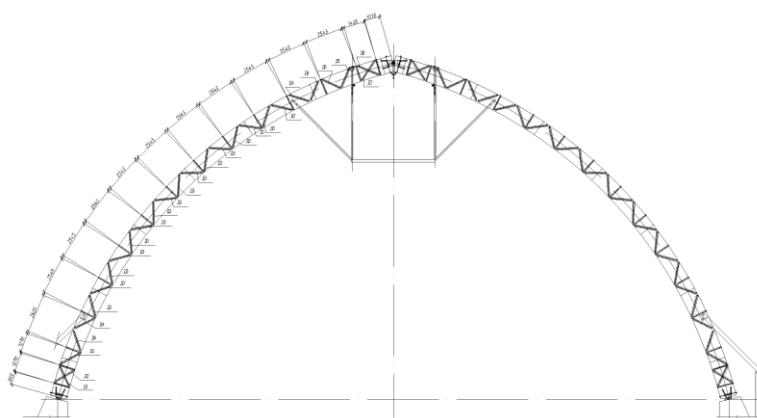


Рис. 4. Схема усиления трехшарнирной арки стрельчатого очертания.

Через несколько лет возникла необходимость усилить при реконструкции второй очереди склада мелкозернистого концентрата №2 на 2РУ в г. Солигорске Минской области. Склад представляет собой сооружение арочного типа, имеющее размеры в плане (в осях) 45,0 x 60,0 м. Основные несущие конструкции арки стрельчатого очертания и расположены с ша-

гом 3,0 м. Опираие арок на фундамент и сопряжение в коньке – шарнирное. За условную отметку $\pm 0,000$ принят уровень головки рельса кратцеркрана, что соответствует абсолютной отметке 175,050. Здание неотапливаемое.

Клееная деревянная трехшарнирная арка пролетом 45 м состоит из двух соединенных в коньке клееных монолитных полуарок.

Согласно проекту для изготовления элементов деревянных конструкций, использовались пиломатериалы сосны или ели 1 и 2 сорта, максимальной влажностью для клееных конструкций – 12%.

Полуарка имеет циркульное очертание при радиусе кривизны ее оси 31 м. Длина клееной полуарки по дуге 33,528 м, хорда ее 31,8 м. Сечение прямоугольное с размерами сторон 300x1050 мм. Склеивание полуарок было выполнено по методу гвоздевой запрессовки. Согласно проекту, полуарка по высоте сечения склеивается из 33 слоев, каждый слой толщиной 33 мм состоит по ширине из двух досок – 125 мм и 175 мм, которые склеиваются между собой с перевязкой вертикальных швов в смежных слоях.

По качеству материала и способу продольного стыкования по высоте сечения полуарка разделена на три зоны. Доски крайних зон приравниваются по качеству к элементам первой категории и стыкуются на зубчатый шип, доски средней зоны высотой рассматриваются как элементы второй категории и стыкуются впритык. Для перекрытия продольного клееного шва, верхняя и нижняя поверхности полуарок оклеены фанерой толщиной 10 мм.

Кровля выполнена с использованием профилированных листов из ПВХ типа «Ондекс», уложенных по деревянным прогонам. Пространственная неизменяемость склада обеспечивается системой связей по покрытию в торцевых блоках и в отсеках на расстоянии не более 30 м. Стойки фахверка здания запроектированы также из клееных деревянных стоек.

Здание возведено в климатическом районе с ветровым нормативным значением давления – 0,23 кПа. Вес нормативного снегового покрова для данного района строительства – 0,8 кПа.

В результате натурального освидетельствования несущих конструкций склада мелкозернистого концентрата установлено, что они находятся в неудовлетворительном состоянии.

При обследовании установлены многочисленные повреждения в виде трещин шириной от 0,5 до 5 мм развитием 0,5 – 1,5 м (локальные) до 3–11 м и более (магистральные). Глубина развития поверхностных трещин составляет от 20 мм до 150 мм. Выявлены сквозные трещины, проходящие по смежным рядам досок клееного пакета с обеих сторон полуарок. В основном трещины проходили между досками клееного пакета (разрушение по клеевой прослойке). В ряде случаев выявлены трещины, переходящие с одного ряда досок на соседний. Выявлены также трещины, проходящие по древесине.

Следует отметить, что большему повреждению подверглись полуарки, находящиеся на южной стороне, т.е. сторона, подвергавшаяся интенсивной солнечной радиации т.к. арки, стояли длительное время без смонтированного покрытия в виде настила. Количество трещин на полуарках с южной стороны достигало от 4 до 9, в тоже время на северной стороне их было от 3 до 6.

Анализ данных натурального освидетельствования несущих клееных арок склада мелкозернистого концентрата №2 на 2РУ в г. Солигорске позволил сделать следующие основные выводы – дефекты возникли при нарушении условий хранения срок на строительной площадке. Полуарки длительное время (более полугода) находились на строительной площадке без укрытия. Дефекты проявились в результате появления значительных внутренних напряжений в клеевых элементах, что привело к расслоению в основном по клеевым швам.

Было рекомендовано произвести усиление полуарок при помощи углеродволоконных холстов FibArm Tape 230/300 шириной 60 мм на эпоксидном клее. Кроме того, по просьбе заказчика отказались от использования деревянных накладок, и всё усиление выполнялось при помощи углеродволоконных лент без деревянных накладок (рисунки 5 и 6).

Работы по усилению выполнялись в следующей последовательности: производилась разметка участков усиления полуарок; до приклейки углеродволоконных холстов тщательно подготовлено основание. Поверхность, на которую наклеивались углеродволоконные холсты обезжиривалась, обеспыливалась и выравнивалась (поверхность, на которую наклеивались углеродволоконные холсты, была прострогана или профугована, и не имела перепадов по высоте). Непосредственно до приклеивания углеродволоконных холстов шириной 60 мм поверхность, на которую втирается клеевой раствор была высушена. Влажность древесины полуарок находилась в пределах 12-15%. Все работы по усилению выполнялись в закрытом помещении только при положительной температуре.



Рис. 5. Усиления арок углеродволоконными холстами без деревянных накладок



Рис. 6. Усиление приопорной зоны

Трещины на вертикальных гранях полуарок дополнительно были зашпатлеваны при помощи шпатлевки приготовленной на основе эпоксидного клея, в который добавлялись древесные опилки до получения вязкого состава.

В качестве следующего примера рассмотрим проект усиления клеендеревянных арок сезонного катка в Республиканском горнолыжном центре «Силичи». В ходе реконструкции предполагалось утеплить здания и перепрофилировать его из сезонного в круглогодичный. В этой связи увеличались нагрузки на покрытие. Необходимость усиления несущих конструкций здания была обусловлена также длительным сроком его эксплуатации, наличием дефектов (продольные несквозные трещины в арках), а также в виде локального биологического поражения в приопорных участках.

Крытый каток представляет собой одноэтажное прямоугольное в плане здание, со встроенным блоком вспомогательных помещений. Габаритные размеры здания в плане 71.00x37.98м, максимальная высота в коньке – 11.08 м. Несущими конструкциями катка являются сборные двухшарнирные клееные деревянные арки эллиптического очертания, установленные с шагом 5 м. Жесткость здания, обеспечивается деревянными прогонами и стальными крестовыми связями, связывающими между собой деревянные арки.

В ходе реконструкции арка была рассчитана на увеличенную нагрузку, в связи с дополнительным весом принятого пирога кровли, а также с учетом изменения временных нагрузок. Были предложены два варианта: первый, методом изменения конструктивной схемы путем введения стальной затяжки на средней трети высоты (около 5 м от уровня опорного узла). Этот вариант не решал проблему расслоения арок. Второй, путем усиления самых напряженных частей арки накладками из LVL бруса. Места работы

древесины на растяжение (на длине 6 м от карнизного узла) были усилены помощи углеволоконных холстов на эпоксидной смоле (рисунок 7 и 8), расположенными радиально с шагом 1,0-1,2 м. Такой метод позволил препятствовать развитию продольных трещин.

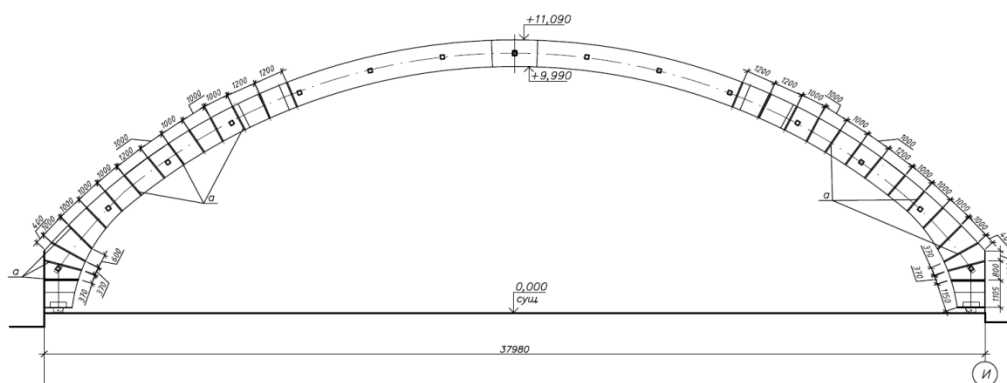


Рис. 7. Схема локального усиления углеводволоконными лентами и накладками из LVL



Рис. 8. Фрагмент усиления двухшарнирной арки

Основными преимуществами метода усиления при помощи углеволоконных холстов являются использование композиционного материала, который является стойким к воздействию коррозии и легкость монтажа. На кафедре «Строительных конструкций» БНТУ разработана инженерная методика расчета предложенного метода усиления.

Расчеты по оценке экономической эффективности подтвердили возможность снижения себестоимости работ по усилению с использованием углеводволоконных лент в виде замкнутой обоймы.

Стоимость работ по усилению клееных арок с использованием композитных материалов составила 2-3 % от стоимости изготовления новой конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП 45-5.05-146–2009. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: РУП «Минсктипроект», 2009. – 63 с.

2. ТКП 45-5.05-275-2012 «Деревянные конструкции. Правила расчета» / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: РУП «Минсктиппроект» 2012, 111 с.

3. Згировский А.И. Натурные испытания дощатоклеевых полуарок, усиленных углеродволокном. Сборник научных статей «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров». Гродно, ГрГУ им.Я. Купалы, 2010. – С. 86-90.

4. Калугин А.В. Деревянные конструкции. Учебное пособие – М.: Изд. АСВ, 2008. – 288 с.

5. Кормаков Л.И., Валентиновичус А.Ю. «Проектирование клееных деревянных конструкций» / Будивельник – Киев.:1983, 152 с.

6. Проектирование деревянных конструкций: учебное пособие / Е.Н. Серов, Ю.Д. Санников, А.Е. Серов; под ред. Е.Н. Серова. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 536 с.

УДК 624.012.4

НОРМИРОВАНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ШВАМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Р. А. Малахов

Магистрант специальности 7-06-0732-01 «Строительство»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Начальник конструкторского бюро «Железобетонные конструкции» –
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск

Аннотация. Определение расстояния между деформационными швами в строительных конструкциях является важным аспектом процесса проектирования, обеспечивающим долговечность и работоспособность конструкции. Его можно рассчитать, но этот способ зачастую является наиболее трудоемким. Исходя из этого в статье производится анализ белорусских и зарубежных ТНПА на предмет требований к назначению расстояний между температурными и усадочными деформационными швами в железобетонных конструкциях зданий и сооружений. На основе результатов проведенного анализа сделаны выводы о необходимости совершенствования национальных ТНПА в исследуемой области.

Ключевые слова: деформационный шов, расстояние между швами, железобетонные конструкции, температурные деформации, деформации усадки.

Анализ ТНПА Республики Беларусь

ТКП EN 1992-1-1-2009 «Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий» указывает, что в конструкциях зданий влияние эффектов температуры и усадки может не учитываться при общем статическом расчёте, если предусмотрены сты-