

**Натурные испытания дефектных деревянных  
стрельчатых арок, усиленных холстами  
из углеродных волокон**

*Алисейчик А.Г., Кузнецова В.М., Савицкий М.Э.*  
(научный руководитель – *Згировский А.И.*)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

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. Особенностью этих помещений является постоянное содержание в воздухе тонкой солевой пыли, возникающей при сбрасывании соли с транспортной галереи, оседающей на всех горизонтальных и наклонных плоскостях конструкций. Обладая значительной гигроскопичностью, солевая пыль впитывает влагу из воздуха, превращаясь сначала в раствор соли, а затем вновь затвердевает. Этот процесс агрессивно действует на строительные конструкции, вызывая их интенсивное разрушение. Наиболее рациональными для применения в покрытиях складов калийных солей являются клееные деревянные конструкции [1].

Необходимость усиления клееных деревянных полуарок и проведения последующих испытаний пробным нагружением вызвана результатами обследования смонтированных полуарок на складе Второго рудоуправления в г. Солигорске. В результате натурного освидетельствования несущих конструкций склада мелкозернистого концентрата установлено, что они находятся в неудовлетворительном состоянии. По результатам обследования были сделаны следующие выводы:

- в клееных полуарках выявлены значительные массовые и критические дефекты;
- техническое состояние клееных полуарок соответствует IV категории (неудовлетворительное). В связи с тем, что прочность арок

со значительными и критическими повреждениями в виде трещин не обеспечена, дальнейшая эксплуатация поврежденных арок не допускается.

Дефекты возникли как при нарушении технологического процесса производства конструкций, так и при нарушении условий хранения срок на строительной площадке. Дефекты проявились в результате появления значительных внутренних напряжений в клеевых элементах, что привело к их расслоению в основном по клеевым швам.

Сотрудниками кафедры «Металлические и деревянные конструкции» БНТУ было разработано усиление поврежденных полуарок при помощи холстов из углеродных волокон и деревянных накладок. Полосы ткани из холстов, наклеенные по специальной технологии, располагались с шагом 2,55 м и выполняли функцию стяжных хомутов. Возле конькового и опорного узлов шаг наклейки холстов из углеродных волокон снижался в два раза. Система деревянных накладок, расположенных под углом к оси полуарки, перекрывала все расслоившиеся клеевые швы. Деревянные накладки прижимались к боковым поверхностям арок при помощи саморезов, поставленных в заранее просверленные отверстия.

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

Целью натурного испытания клееной полуарки, усиленной при помощи холстов из углеродных волокон и деревянных накладок на эпоксидном клее было решение следующих задач:

- проверка надежности и технологичности выполнения усиления полуарок при помощи холстов из углеродных волокон и деревянных накладок;
- проверка возможности повышения несущей способности клееной полуарки с дефектами, усиленной углеродными волокнами и деревянными накладками.

Усиление произведено при помощи холстов из углеродных волокон SikaWrap шириной 60 мм на клеевом растворе SikaDur и деревянных накладок сечением 50x125 мм на эпоксидном клее. Деревянные накладки с нанесенным эпоксидным клеем прижаты к поверхности полуарки при помощи глухарей (саморезов), поставленных в ранее просверленные отверстия.

Испытание дефектной деревянной полуарки, усиленной холстами из углеродных волокон и деревянными накладками проводилось по методике, разработанной в БНТУ с использованием опыта в проведении подобных экспериментов [1, 2].

Полуарка была установлена в горизонтальном положении. Для исключения изгиба в вертикальной плоскости от собственного веса, полуарка опиралась на часто расположенные шарнирные линейные опоры.

Концы полуарки были соединены стальной затяжкой из арматурной стали. В центре затяжки была вмонтирована нагружающая траверса. Траверса смонтирована таким образом, что при нахождении в ней домкрата мощностью 50 тс, затяжка натягивалась, и на концы полуарки передавались сжатие, вызывающее в сечениях арки изгибающие моменты и продольные сжимающие силы.

Нагружение конструкции проводилось этапами соответствующими 20% от контрольной нагрузки по жесткости. Нагрузка от домкрата прикладывалась ступенями по 2 тс за 10 мин. Каждая ступень выдерживалась в течение 15 мин. При испытании измерялись прогибы и сближение концов полуарки, фиксировались деформации сдвига деревянных накладок относительно боковых граней полуарки. Прогибы полуарки фиксировались в середине пролета, в четвертях и на опорах, для чего использовались прогибомеры БПАО. Для фиксации деформаций сдвига деревянных накладок усиления использовались индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленные в середине полуарки, а также в опорной и коньковой зонах.

Усиленную дефектную полуарку испытывали в три этапа: 1) усиленную холстами с шагом 2,55 м и деревянными накладками; 2) усиленную холстами с шагом 5,1 м и деревянными накладками (половина холстов из углеродных волокон была выключена из работы путем разрезания в нескольких местах); 3) усиленную деревянными накладками на боковых поверхностях (все холсты из углеродных волокон были выключены из работы за исключением опорного и конькового участков полуарки).

На первом и втором этапах максимальное усилие в стальной затяжке составило 200 кН, что соответствует изгибающему момент в середине длины полуарки 80 кН\*м что на 50% превышает наибольший расчетный изгибающий момент. При этом наблюдалась практически линейная зависимость деформаций от нагрузки, что

свидетельствует об упругой работе древесины вплоть до приложения последней ступени нагрузки. На третьем этапе максимальное усилие в затяжке было доведено до 220 кН, что соответствует изгибающему моменту, превышающему расчетный на 66%. Наблюдения показали, что на последнем этапе в течение выдерживания происходил незатухающий рост прогибов, объясняемый, очевидно местными разрушениями древесины. Кроме того, было отмечено, что выключение всех углеродволоконных холстов из работы, привело к резкому нарастанию прогибов полуарки.

По результатам проведенных натуральных испытаний можно сделать выводы:

1. Клееная полуарка, усиленная холстами из углеродных волокон и деревянными накладками выдержало испытания на прочность пробной нагрузкой, превышающую эквивалентную расчетную комбинацию усилий, возникающую от наиболее невыгодного сочетания загрузений более чем на 50–66%;

2. Клееная полуарка, усиленная холстами из углеродных волокон и деревянными накладками выдержала испытания на жесткость пробной нагрузкой, эквивалентной нормативной нагрузке, возникающей от наиболее невыгодного сочетания загрузений, фактический прогиб меньше предельного прогиба более чем в два раза;

3. По результатам испытания клееной полуарки, усиленной холстами из углеродных волокон и деревянными накладками были внесены корректировки в схему усиления смонтированных арок на складе мелкозернистого концентрата. Рекомендовано ширину холстов SikaWrap уменьшить до 50 мм, шаг принять – 4 м.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ветрюк, И.М. Экспериментальное исследование прочности и жесткости клееных трехшарнирных арок склада сильвинита Солигорского калийного комбината. /научн.тр. / Гослесбумизда, 1962 – Клееные деревянные конструкции и технология их изготовления. Под общ. ред. А.Б. Губенко.

2. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1976. – 28 с.