

ИСПЫТАНИЕ УЗЛОВОГО СОЕДИНЕНИЯ КРУЖАЛЬНО-СЕТЧАТОГО СВОДА

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE NODAL CONNECTION OF THE RETICULATED VAULT

Асп. Хабибулин А.Н., маг. Гаращенко Д.П. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Khabibulin A.N., Harashchenko D.P. (The Odessa State Academy of Building and Architecture)

Аннотация. В статье рассматривается конструирование нового узла кружально-сетчатого свода с использованием металлических зубчатых пластин. Изложены методика испытаний опытных конструкций и результаты экспериментальных исследований. Выполнен анализ расчетных моделей и исследованы особенности их напряженно-деформируемого состояния.

Ключевые слова: Кружально-сетчатый свод, металлическая зубчатая пластина, эксперимент.

Summary. The article discusses the construction of the new nodal connection of the reticulated vault using metal gear plate. The technique of testing experimental models and the results of experimental studies are described. The analysis of computational models and investigated features of their stress-strain state are performed.

Keywords: Reticulated vault, metal gear plate, experiment.

Современное развитие строительной науки и техники ведет к совершенствованию существующих и созданию новых пространственных стержневых строительных конструкций. Индустриальность, малая монтажная масса, экономическая эффективность и эстетичный вид конструкций становятся главными критериями их выбора для строительства, что особенно актуально для строительных конструкций из древесины, которая является возобновляемым экологическим ресурсом.

В современном строительстве в последнее время широко используются деревянные кружально-сетчатые своды (КСС) (рис. 1), в виде несущих конструкций каркаса для зданий и сооружений различного функционального назначения. В литературе, посвященной

данному вопросу, в основном описываются рекомендации по применению кружально-сетчатых сводов с узлами на шипах или на болтах. Анализ последних публикаций и исследований в этой области показал, что традиционные методы конструирования и расчета практически исчерпали себя и поэтому все больше возникает необходимость в разработке новых и совершенствовании существующих конструктивных решений, а также в уточнении методик расчета.

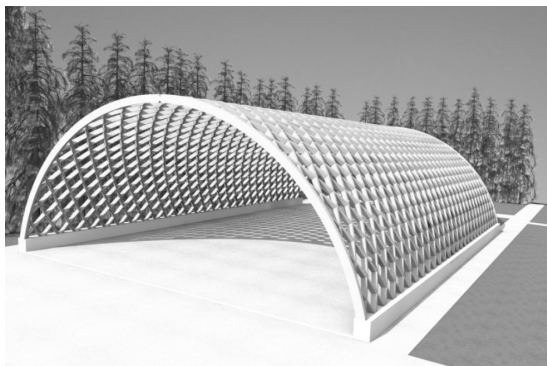


Рис. 1. Визуализация деревянного кружально-сетчатого свода

В связи с вышеуказанным, авторами была предпринята попытка разработки нового конструктивного решения узлового соединения, отличительной особенностью которого, является применение металлических зубчатых пластин, с отверстиями под болты, и уголков, включенные в общую работу деревянного кружально-сетчатого свода [1]. Авторами разработан и внедрен новый способ узлового соединения косяков кружально-сетчатого свода и получен патент на полезную модель [2].

В лаборатории кафедры МД и ПК ОГАСА проведены экспериментальные исследования опытных образцов узла КСС. Цель исследования состояла в экспериментальной проверке конструктивного решения сборного элемента с узловыми соединениями на МЗП, которое обеспечивало бы восприятие внутренних усилий [3].

Испытаниям были подвергнуты узлы КСС с применением МЗП, выполненные в двух вариантах. В первом варианте косяки выполнены из цельной древесины, во втором варианте - косяки клеодошчатые с послойным армированием по клеевым швам. Поперечное сечение обеих косяков 20x120 мм. В продольный (сквозной) и поперечный (набегающий) косяки запрессовываются

МЗП-1,2 размером 72x144 мм с соблюдением правил [4]. Соединение косяков между собой выполнено при помощи уголков и болтов (рис.2). Болты принимаются диаметром 12 мм. Применяем древесину второго сорта влажностью 12%. Изгибающий момент воспринимается только сквозным косяком, а продольная сила одинаково двумя косяками.

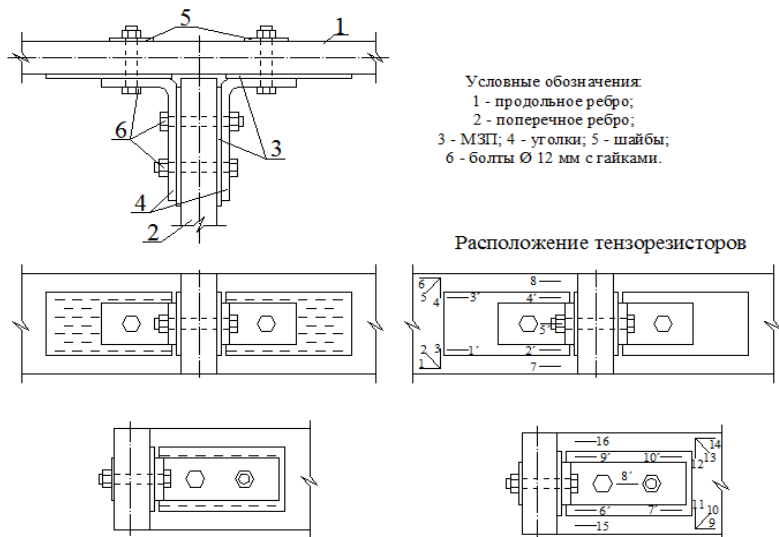


Рис. 2. Схема узлов и расположения тензорезисторов

В клеодощатых косяках пласти соединяются клеем ПВА В3, а для армирования используются оцинкованные сетки из низкоуглеродистой стали круглого профиля. Для предотвращения смятия древесины в месте приложения нагрузки и опорных реакций используются стальные жесткие прокладки, размеры которых определяли из расчета на смятие древесины поперек волокон. Испытания проводили с использованием методики и рекомендаций [5].

С помощью расчета КСС по схеме трехшарнирной арки на действие собственного веса, снеговой и ветровой нагрузки были установлены внутренние усилия в узлах. Здесь наряду с продольными усилиями сжатия и растяжения имеют место поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты [3]. Методикой испытаний предусматривается приложение в узловом соединении изгибающего момента и поперечной силы:

- в первой модели от действия $M_{изг.}$
- во второй модели от действия поперечной силы Q .

В данной статье авторами рассматривается первая модель. Каждый опыт в серии дублирован 3 образцами. Исследуемые образцы всех серий нагружаются с помощью пневматического домкрата сосредоточенной кратковременной силой ступенями по 0,1 МПа до разрушения. Испытываемая конструкция находилась под нагрузкой на каждой ступени в течении времени, необходимого для снятия отсчетов и стабилизации (≈ 30 мин). Во время испытаний осуществляли непрерывное наблюдением за поведением исследуемых узлов с целью фиксации возможных повреждений.

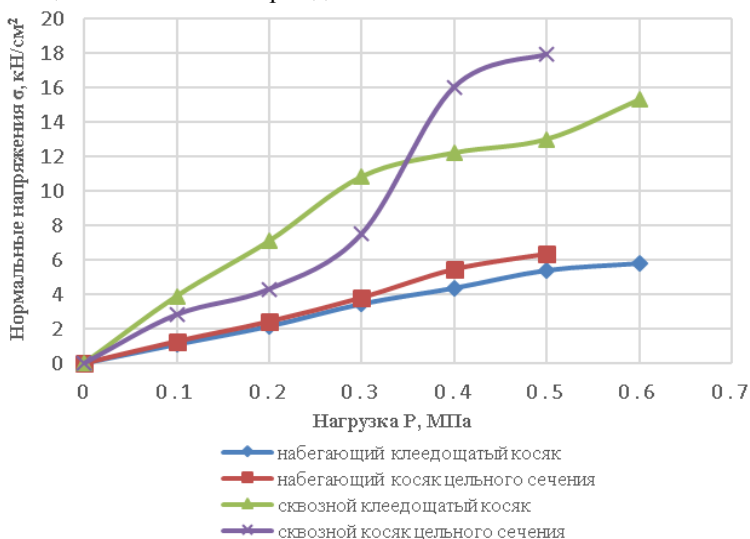


Рис. 3. График зависимости нормальных напряжений σ , возникающих в МЗП косяков от приложенной нагрузки Р

В наших исследованиях использовались для древесины тензорезисторы 2ПКП-30-400-ГБ с базой 30 мм, сопротивлением $R = 407,5 \pm 0,003 \text{ Ом}$, чувствительностью $k = 2,21$, а для металла – тензорезисторы 2ФКПА-10-100-ГВ с базой 10 мм, сопротивлением $R = 103,4 \pm 0,003 \text{ Ом}$, чувствительностью $k = 2,20$. В нашей схеме использована полумостовая цепь с одним рабочим и одним компенсационным тензорезисторами. Рабочие тензорезисторы наклеивались непосредственно на исследуемые модели, а один общий тензорезистор служит компенсационным, и наклеивался на деревянную заготовку, которую при испытаниях помещали рядом с исследуемыми образцами.

Перед испытаниями узлов произвели тарировку тензорезисторов. Рабочие тензорезисторы наклеивались по стандартной технологии по кромкам набегающего и сквозного косяков и на МЗП а также посередине уголков.

Рабочие тензорезисторы наклеивались на уголки, МЗП и поверхность косяков в выбранных (характерных) точках, с соблюдением рекомендаций завода-изготовителя. Количество точек регламентировано количеством каналов прибора (рис. 2).

Максимальные нормальные напряжения, возникающие в МЗП набегающего косяка равны $5,8 \text{ кН/см}^2$ - для клееного и $6,33 \text{ кН/см}^2$ - для цельного сечения, а для сквозного - $15,3$ и $17,9 \text{ кН/см}^2$ соответственно (рис. 3).

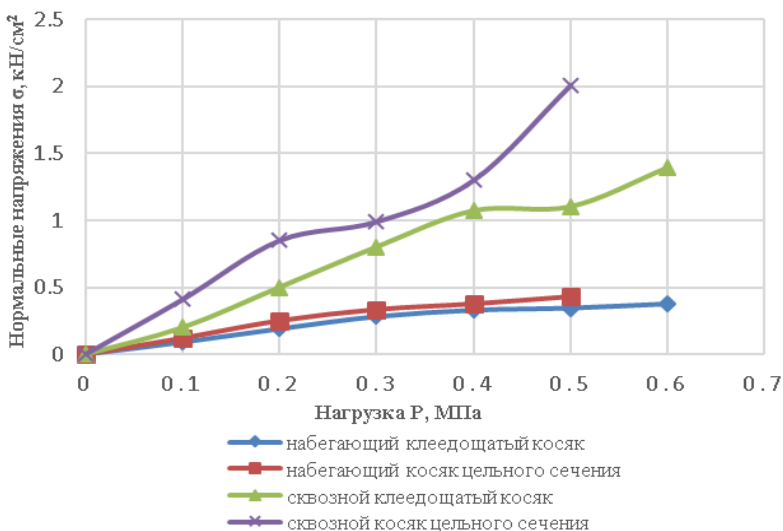


Рис. 4. График зависимости нормальных напряжений σ , возникающих в древесине косяков от приложенной нагрузки Р

Максимальные нормальные напряжения в древесине возникли в сквозном косяке в районе примыкания набегающего косяка, где происходит смятие древесины и достигают $1,39 \text{ кН/см}^2$ - для клееного и $2,01 \text{ кН/см}^2$ - для цельного сечения, а для набегающего - $0,38$ и $0,43 \text{ кН/см}^2$ соответственно (рис. 4).

Разрушение узла из косяков цельного сечения произошло в результате раскалывания древесины набегающего косяка, а в клеодощатом с послойным армированием по клейевым швам разрушился только нижний слой, но произошла местная потеря устойчивости пластины с одновременным обнажением зубьев (рис. 5).

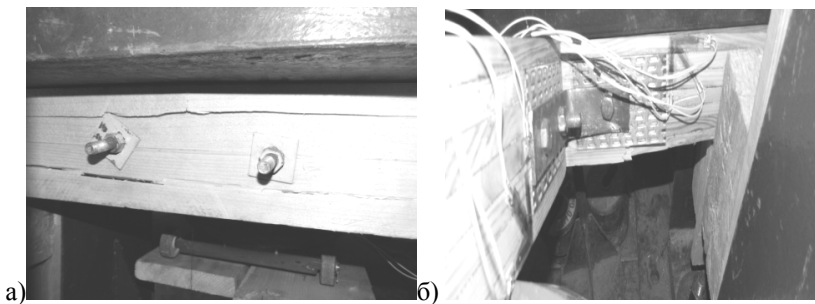


Рис. 5. Разрушение узла КСС от действия изгибающего момента с косяками: а) из цельной древесины; б) клеодошчатые

Выводы: Результаты эксперимента подтвердили возможность использования предложенной конструкции стыка при соединении сборных элементов КСС. Сравнение характеров разрушения узловых соединений показал, что более рациональным является применение клеодошчатых косяков, чем цельных, так как цельный косяк полностью был разрушен. В узлах необходимо применение МЗП с большей длиной зубьев, что бы не произошло их обнажение.

Библиографический список:

1. Хабибулин А.Н., Жгалли Шариф, Стоянов В.В. Конструирование узлового соединения кружально-сетчатого свода / Современные строительные конструкции из металла и древесины: сб. науч. трудов. – Одесса: ВРС, 2013. – №17. – 335 с.
2. Патент України на корисну модель №80024. МПК Е04В 7/10. Спосіб вузлового з'єднання косяків кружально-сітчастого склепіння / Стоянов В.В., Хабибулін А.Н. // Опуб. 13.05.2013, Бюл. №9. – 4 с.
3. Конструкции сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.В. Стоянов, В.А. Бондарь, В.Г. Иевенко, В.В. Гузовский. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 138 с.
4. Рекомендации по проектированию и изготовлению дощатых конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах. – М.: ВНИИИС, 1983. – 40 с.
5. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.