

Повышение достоверности результатов испытаний соединений деревянных балок

М.А. Дежин, Л.Ю. Гнедина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: В статье дано описание разработанной конструкции образца соединения деревянных элементов, которая лишена недостатков существующих технических решений, позволяющих моделировать действительную работу реальных деревянных конструкций. Конструкция позволяет повысить достоверность результатов проводимых испытаний, упрощает методику проведения испытаний и процесс обработки результатов испытаний. Разработанная конструкция образца в полной мере отражает действительную работу реальных соединений балочной клетки деревянного здания, вызывает у образца напряженно-деформированное состояние, в большой степени схожее с напряженно-деформированным состоянием реального соединения за счет корректного применения основных положений теории подобия для связи модели с натурной конструкцией деревянного здания, схемы приложения нагрузки к образцу и методики проведения экспериментов.

Ключевые слова: деревянные конструкции, древесина, соединение деревянных элементов, испытание образца соединения деревянных элементов, деревянная балка, главная балка, второстепенная балка, металлические накладки, шурупы, повышение надежности.

На сегодняшний день в деревянном домостроении актуальны соединения на металлических накладках, которые после их крепления к деревянным элементам с помощью шурупов образуют жесткое соединение по принципу «ласточкин хвост». Учитывая это, важным является вопрос обеспечения надежности таких соединений. Для решения этого вопроса применяются различные методы моделирования работы таких соединений в программных комплексах, а также методы натурального моделирования узлов таких соединений. Исходя из вышесказанного, очевидно, что развитие вопроса разработки и исследования моделей таких узловых соединений, отражающих реальную работу узлов конструкций из древесины с использованием металлических накладок, является задачей важной и актуальной. Это позволяет реально оценивать напряженно-деформированное состояние таких конструкций, повысить их надёжность и безопасность.

В данной работе рассмотрена разработанная конструкция образца, призванная отражать действительную работу реального узлового сопряжения главных и второстепенных деревянных балок на металлических накладках и определять напряженно-деформированное состояние соединения при условии обеспечения низкой трудоемкости изготовления образцов и достаточно простой методики проведения испытаний. Узлы соединения главных и второстепенных деревянных балок на металлических накладках повсеместно распространены при строительстве зданий и сооружений различного назначения с применением деревянных элементов, в том числе большепролетных и многоэтажных, при реконструкции и реставрации зданий и сооружений, в том числе объектов культурного наследия. Это подтверждается в опубликованных работах Черных А.Г., Данилова Е. В. [1], Стрекалкина А.А. [2], Augustin M. [3].

Основными недостатками разработанных к настоящему времени технических решений, призванных моделировать действительную работу реальных конструкций, являются несоответствие предусмотренного испытанием и фактического в реальной конструкции типа нагружения соединения, подверженность образцов неравномерному нагружению, их пониженная устойчивость, несоответствие моделей основным положениям теории подобия при моделировании, нецелесообразно повышенная материалоемкость, усложнение трудоемкости изготовления и удорожание себестоимости изготовления образцов, усложнение методики проведения испытаний и процесса обработки результатов испытаний, необходимость применения дополнительных приспособлений для испытаний и т.д. Это подтверждается в работах Vogensperger T., Hude F. [4], Schinner H. [5], Pirnbacher G. [6].

Следствием перечисленных недостатков часто являются несоответствие работы модели и действительной работы реальной

конструкции, получение в результате испытаний недостаточной достоверности результатов проводимых испытаний. Целью работы являлась разработка конструктивного решения образца для испытания соединений главных и второстепенных балок из древесины на металлических накладках, лишенного недостатков существующих технических решений и позволяющего повысить достоверность результатов проводимых испытаний.

Разработанный образец представляет собой симметричную двухсрезную конструкцию для испытания соединения элементов из древесины, состоящую из соединяемых элементов (главных балок, размерами $150(b)*150(h)*230(l)$ мм. и второстепенной балки, размерами $100(b)*150(h)*150(l)$ мм) и соединительных элементов (двух стальных накладок (одной с шипом, другой - с пазом, размерами $40*90*15$ мм каждая), которые закреплены к главной и второстепенной балке с помощью шурупов диаметром 4,5 мм и длиной 50 мм и 70 мм соответственно, для образования соединения по принципу «ласточкин хвост» и передачи нагрузок от одного элемента к другому. Такое решение обеспечивает надежное восприятие усилий внутри соединения во всех направлениях (восприятие крутящих моментов по трем взаимно перпендикулярным направлениям и усилий при растяжении и сжатии). Сечение второстепенной балки $100*150$ мм принято из условия размещения на ее торцевой части металлических накладок и требований по расстановке отверстий в деревянных элементах. Длина второстепенной балки 150 мм. назначена с учетом длины вкручиваемых в нее шурупов ($l=70$ мм) для крепления накладок. Длина главных балок определена с учетом условия минимального расстояния вдоль волокон древесины от шурупа до торца элемента. Накладка с пазом закреплена на деревянный элемент, в который шурупы завинчены вдоль волокон древесины, накладка с шипом-на деревянный элемент, в который шурупы завинчены поперек

волокон древесины. Длина шурупов, ввинчиваемых в накладку с пазом, больше длины шурупов, ввинчиваемых в накладку с шипом.

Образец размещен между опорной поверхностью траверсы и поверхностью, обеспечивающей передачу воздействующего усилия на образец. Плоскость сплачивания расположена параллельно по отношению к оси действия усилия и под углом 90° по отношению к опорной плоскости, при этом опорная поверхность траверсы и поверхность, обеспечивающая передачу воздействующего усилия на образец, расположены параллельно друг другу. Нагрузка приложена к образцу вертикально вниз к верхней стороне стальной подкладки, которая необходима для предотвращения смятия древесины при приложении нагрузки к соединению и для ее равномерного распределения и передачи со второстепенной балки на главные балки. Металлические подкладки, на которые выполнено опирание образца, служат опорой для главных балок и обеспечивают возможность вертикального смещения вниз центрального элемента-второстепенной балки относительно главных балок при нагружении образца. Металлические накладки воспринимают нагрузку и передают ее на шурупы. Для обеспечения устойчивости образца не требуется дополнительных приспособлений, это позволяет не увеличивать материалоемкость, трудоемкость и себестоимость изготовления образца. Кроме этого, конструкция образца за счет его небольших габаритов является универсальной, не требует уникальной испытательной установки и позволяет испытывать его во многих испытательных машинах.

Разработанная в результате проведенных исследований и изученной в ходе исследования литературы (публикации Uibel T. [7], Линькова В.И. [8-10]) конструкция образца в полной мере отражает действительную работу реальных соединений балочной клетки деревянного здания, вызывает у образца напряженно-деформированное состояние, в большой степени схожее

с напряженно-деформированным состоянием реального соединения за счет корректного применения основных положений теории подобия для связи модели с натурной конструкцией балочной клетки деревянного здания (правильно подобранных габаритов деревянных элементов, увеличенной длины шурупов, крепящих металлическую накладку к второстепенной балке, по сравнению с длиной шурупов, крепящих металлическую накладку к главной балке), схемы приложения нагрузки к образцу и методики проведения экспериментов. Соответственно, результаты эксперимента будут достоверными и объективными, и не потребуется производить действий для приближения полученных результатов к реальной действительности, что, в конечном итоге, упрощает методику проведения испытаний и процесс обработки результатов испытаний.

Литература

1. Черных А.Г., Данилов Е. В. Методы исследования соединений деревянных конструкций на когтевых шпонках // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=8685 (дата обращения: 08.08.2023).
 2. Стрекалкин А.А. Разработка конструктивных и технологических решений узловых соединений элементов деревянных конструкций с модификацией локальных контактных зон. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Владимир, 2022. – 167 с.
 3. Augustin M., “Transfer of high loads with Sherpa system connectors”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–21.
 4. Bogensperger T. and Hude F., “Development of a heavy-duty connection for main-sub-beam connections”, in the collection of 6 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2007. pp. 209–224.
-

5. Schinner H., “Fastening wooden components to reinforced concrete substrates using system connectors”, in the collection of 18 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2012. pp. 1–20.

6. Pirnbacher G., “Stress and optimization potential of self-drilling wood screws”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–20.

7. Uibel T., “Assessment of the risk of splitting when screwing in self-drilling wood screws”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–16.

8. Линьков В.И. К вопросу о прочности клеевых соединений для деревянных клееных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2020, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6301.

9. Линьков В.И. Повышение несущей способности соединений на наклонных ввинченных стержнях // Инженерный вестник Дона, 2020, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6688.

10. Линьков В.И. Напряженное состояние наклонных металлических стержней в деревянных элементах составного сечения // Инженерный вестник Дона. 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592.

References

1. Chernyh A.G., Danilov E. V. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 2. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=8685

2. Strekalkin A.A. Razrabotka konstruktivnyh i tekhnologicheskikh reshenij uzlovyh soedinenij elementov derevyannyh konstrukcij s modifikaciej lokal'nyh kontaktnykh zon [Development of design and technological solutions for nodal connections of wooden structural elements with modification of local contact zones]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk. Vladimir, [http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592](#)

2022. – p. 167.

3. Augustin M., “Transfer of high loads with Sherpa system connectors”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–21.

4. Bogensperger T. and Hude F., “Development of a heavy-duty connection for main-sub-beam connections”, in the collection of 6 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2007. pp. 209–224.

5. Schinner H., “Fastening wooden components to reinforced concrete substrates using system connectors”, in the collection of 18 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2012. pp. 1–20.

6. Pirnbacher G., “Stress and optimization potential of self-drilling wood screws”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–20.

7. Uibel T., “Assessment of the risk of splitting when screwing in self-drilling wood screws”, in the collection of 15 International Timber Construction Conference, edited by S. Burri et al. Publisher Forum Holzbau. Graz. 2009. pp. 1–16.

8. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6301.

9. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6688.

10. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592.