

Учет особенностей деформативности соединений деревянных элементов с применением металлических накладок с целью разработки способа повышения несущей способности таких соединений

М.А. Дежин, А.М. Ибрагимов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье дано описание четырех разработанных конструкций образцов соединений цельнодеревянных элементов на алюминиевых накладках. Они позволяли проводить моделирование работы реальных соединений главных и второстепенной балок, а также ригелей и колонны. Проведены испытания образцов соединений, из четырех разработанных вариантов конструкций образцов выбран один, наиболее полно отражающий действительную работу реальных соединений деревянных элементов. Определены прочностные и деформационные характеристики соединения, верхняя граница области упругой работы соединения. На основании проведенных исследований определены особенности работы изучаемых соединений, осуществлена разработка образца соединения деревянного элемента с металлической накладкой, который позволял проводить разработку мер, направленных на повышение несущей способности и снижение деформативности изучаемых соединений без значительных материальных затрат, связанных с покупкой дорогостоящих накладок SHERPA.

Ключевые слова: цельная древесина, металлические накладки, испытание образцов соединений, несущая способность соединения, деформативность соединения, верхняя граница области упругой работы, полная деформация, остаточная деформация, упругая деформация, коэффициент надежности.

С учетом потребностей строительной отрасли, актуальным направлением является обеспечение возможности применения в практике строительства эффективного соединения деревянных элементов, обладающего высокой несущей способностью. Исследованиями в данном направлении занимались Bogensperger T., Hude F. [1], Augustin M., Flatscher G. [2], Schinner H. [3]. На сегодняшний день актуальны соединения на алюминиевых накладках SHERPA, которые после их крепления к деревянным элементам с помощью шурупов образуют жесткое соединение по принципу «ласточкин хвост». Это подтверждается в опубликованных работах Augustin M. [4], Сюй Юня [5]. Для изучения действительной работы соединений деревянных элементов на металлических накладках были разработаны конструкции образцов,

отражающих действительную работу реальных соединений, которые представлены на рисунках 1–4. Составлена и отработана методика испытаний образцов нагружением ступенями с периодической разгрузкой. Проведены испытания образцов, из четырех разработанных вариантов конструкций выбран один - под номером 4. Определено, что конструкция этого образца наиболее полно отражает действительную работу реальных соединений деревянных элементов, обеспечивает корректную последовательность включения в работу элементов и их деформативность после приложения нагрузки.



Рис. 1 - Общий вид образца №1



Рис. 2 - Общий вид образца №2



Рис. 3 - Общий вид образца №3



Рис. 4 - Общий вид образца №4

Образец под номером 4 изготовлен из деревянных элементов $50*100*250$ мм ($b*h*L$) (главные балки) и элемента $50*100*120$ мм ($b*h*L$) (второстепенная балка). Между главными и второстепенной балками с помощью шурупов $\varnothing 4,5$ мм закреплены алюминиевые накладки SHERPA $70*30$ мм ($h*b$). Испытания проведены согласно требованиям ГОСТ 33082-2014. Образцы нагружались ступенчато с периодическим разгрузением и определением прочностных и деформационных показателей соединений. Проанализировав результаты проведенных испытаний, мы определили, что после начала нагружения образца включились в работу шурупы, началось их выдергивание и деформация, после этого начались пластические деформации алюминиевых накладок и деформации деревянных элементов в гнездах под шурупы. Определено, что остаточные деформации соединения составляют в среднем 79.9% от полных деформаций, упругие деформации – 20.1% в

пределах до верхней границы области упругой работы (ВГОУР) соединения. Результаты испытаний образца №4 представлены в таблице 1.

Таблица №1.

Результаты вычисления деформаций соединений образца №4

| № ступени | Нагрузка, кН | Деформации | | | | | |
|-----------|--------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| | | $D_{п,}$ Полная, 0.01мм | Остаточная, $D_{о,}$ 0.01мм | Остаточная за цикл, $d_{о,}$ 0.01мм | $D_{у,}$ Упругая, 0.01мм | за $d_{п,}$ Полная цикл, 0.01мм | Разность полной, $\Delta D_{п,}$ 0.01мм |
| 0 | 0 | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 5 | 20.75 | - | - | - | 20.75 | 20.75 |
| | 1 | - | 13.25 | 13.25 | 7.5 | - | - |
| 2 | 9 | 45.75 | - | - | - | 32.5 | 25 |
| | 1 | - | 38 | 24.75 | 7.75 | - | - |
| 3 | 13 | 73.25 | - | - | - | 35.25 | 27.5 |
| | 1 | - | 61.75 | 23.75 | 11.5 | - | - |
| 4 | 17 | 119.5 | - | - | - | 57.75 | 46.25 |
| | 1 | - | 96.75 | 35 | 22.75 | - | - |
| 5 | 21 | 198.25 | - | - | - | 101.5 | 78.75 |
| | 1 | - | 164.25 | 67.5 | 34 | - | - |
| 6 | 25 | 358.75 | - | - | - | 194.5 | 160.5 |
| | 1 | - | 302.45 | 138.2 | 56.3 | - | - |
| 7 | 29 | $N_{разр}=25.35\text{кН}$, $N_{I-II(ВГОУР)}=17\text{кН}$, $N_{II(ВГОУР)}=13,1\text{кН}$, $D_{II(ВГОУР)}=1,2\text{мм}$ | | | | | |

На основании проведенных исследований определены особенности работы изучаемых соединений, осуществлена разработка образца соединения цельнодеревянного элемента и стальной накладки для дальнейшей разработки мер, направленных на повышение несущей способности и снижение деформативности изучаемых соединений без значительных материальных затрат, связанных с покупкой дорогостоящих накладок SHERPA.

Конструкция образца состоит из деревянного элемента 50*100*250 мм ($b \cdot h \cdot L$) и закрепленной к его торцу с помощью шурупов металлической накладке (плоской пластины с просверленными отверстиями под шурупы без элементов, осуществляющих сопряжение накладок друг с другом). Была разработана методика проведения испытаний, образцы будут испытаны по сжатой схеме, нагружением с периодической разгрузкой. С целью проверки планируемых экспериментальных результатов будет использован метод конечных элементов (МКЭ). Разработана модель для вычисления несущей способности и деформативности соединений. После выполнения расчета будет определено, насколько правильно и полно отражает работу реального объекта аппроксимирующая модель работы проектируемого объекта. При анализе корректности выполнения конечно-элементного моделирования будут использованы результаты научных исследований Сюй Юня [6], Найчук А.Я., Бабаева М.В. [7].

Экспериментальное исследование четырех разработанных образцов, а также изучение научных публикаций Линькова В.И [8-10] по тематике исследования позволили разработать конструкцию образца, позволяющего проводить разработку мер, направленных на повышение несущей способности и снижение деформативности изучаемых соединений без значительных материальных затрат, связанных с покупкой накладок SHERPA.

Литература

1. Bogensperger T., Hude F. Entwicklung einer hoch beanspruchbaren Verbindung für Haupt-Nebenträger-Anschlüsse // 6 Grazer Holzbau-Fachtagung. Graz, Österreich. 2007. Vol. 1. pp. 209-224.
 2. Augustin M., Flatscher G. Nachweisführung für SHERPA-Verbindungen auf Basis des SHERPA-Handbuchs // 16 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2010. Vol. 1. pp. 1-16.
-

3. Schinner H. Befestigung von Holzbauteilen auf Stahlbetonuntergründen mit Hilfe von Systemverbindern // 18 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2012. Vol. 1. pp. 1-20.

4. Augustin M. Abtragung hoher Lasten mit Sherpa-Systemverbindern // 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-21.

5. Сюй Юнь. Повышение несущей способности соединений элементов деревянных конструкций на металлических накладках с использованием металлической зубчатой пластины: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ Санкт-Петербург, 2015. 198 с.

6. Сюй Юнь. Расчёт несущей способности соединения Sherpa при изгибе в деревянных конструкциях с использованием панели – CLT и балки из CLT и LVL // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=16155.

7. Найчук А.Я., Бабаев М.В. К вопросу оценки несущей способности стальных винтовых стержней, завинченных под углом к волокнам древесины // Промышленное и гражданское строительство. М.: 2010. № 1. С. 21-23.

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. Bogensperger T., Hude F. 6. Grazer Holzbau-Fachtagung. Graz, Österreich. 2007. Vol. 1. pp. 209-224.



2. Augustin M., Flatscher G. 16 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2010. Vol. 1. pp. 1-16.

3. Schinner H. 18 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2012. Vol. 1. pp. 1-20.

4. Augustin M. 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-21.

5. Syuy Yun'. Povysheniye nesushchey sposobnosti soyedineniy elementov derevyannykh konstruktsiy na metallicheskih nakladkakh s ispol'zovaniyem metallicheskoj zubchatoy plastiny [Increasing the load-bearing capacity of joints of elements of wooden structures on metal linings using a metal toothed plate]: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01/ Sankt-Peterburg, 2015. 198 p.

6. Syuy Yun'. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 6. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=16155.

7. Naychuk A.YA., Babayev M.V. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. M.: 2010. № 1. pp. 21-23.

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.