

Несущая способность и деформативность соединений деревянных элементов на металлических накладках с использованием ввинченных шурупов

М.А. Дежин

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: В статье описана разработанная конструкция образца соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA, который позволял моделировать работу узловых сопряжений главных и второстепенной деревянных балок для каркасных зданий и сооружений. Составлена и отработана на трех пробных образцах методика испытаний образцов нагружением ступенями с периодической разгрузкой. Проведены испытания утвержденного образца соединения, установлены его максимальная несущая способность, а также нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы (ВГОУР) соединения. Были построены графики зависимостей: «Нагрузка – полная деформация D_n », «Нагрузка – остаточная деформация D_o », «Нагрузка – упругая деформация D_v », «Упругая деформация D_v – деформация остаточная за цикл d_o ». Определены деформации соединения в пределах несущей способности образца, расчетная несущая способность соединения и коэффициент перехода от клееной древесины к цельной древесине.

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

В настоящее время существуют разнообразные варианты соединений деревянных элементов строительных конструкций. С учетом потребностей строительной отрасли, актуальным направлением является обеспечение возможности применения в практике строительства эффективного соединения балок, обладающего высокой несущей способностью. На сегодняшний день актуальны соединения на металлических накладках SHERPA. Крепеж состоит из двух алюминиевых накладок, которые крепятся к деревянным конструктивным элементам с помощью шурупов и образуют жесткое соединение типа «ласточкин хвост» [1-3]. Такое техническое решение позволяет обеспечить надежную передачу вертикальных и горизонтальных нагрузок, воспринимать усилия при растяжении и сжатии и

крутящие моменты по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Система соединения типа SHERPA применяется при возведении зданий и сооружений различного назначения, в том числе многоэтажных и большепролетных [4-6].

Цель работы – определение несущей способности соединения деревянных элементов на металлических накладках SHERPA для узловых соединений зданий по стандартной методике, регламентированной ГОСТ 33082-2014 «Конструкции деревянные. Методы определения несущей способности узловых соединений».

Была разработана конструкция образца, моделирующего работу узловых сопряжений главных и второстепенной деревянных балок каркасных зданий и сооружений. Симметричный двухсрезный образец состоял из двух досок размерами $50(b)*100(h)*230(L)$ мм (главные балки) и доски $50(b)*100(h)*100(L)$ мм (второстепенная балка), изготовленных из сосны 2 сорта. Сечение второстепенной балки $100*50$ мм было принято из условия размещения на ее торцевой части накладок SHERPA, размерами $70(h)*30(b)$ мм. Крепление накладок на шурупах - $\varnothing 4,5$ мм. Длина второстепенной балки 100 мм была назначена с учетом длины вкручиваемых в нее шурупов ($l=50$ мм) для крепления накладок. Длина главных балок была определена с учетом обеспечения минимального расстояния вдоль волокон древесины от шурупа до торца элемента.

Испытания образцов проводили в лаборатории кафедры «Металлические и деревянные конструкции» НИУ МГСУ. Нагружение выполняли ступенями по 4 кН с периодической разгрузкой до разрушения. Методика испытаний образцов соединений деревянных элементов на металлических пластинах типа SHERPA отработана на трех пробных образцах. Общий вид изготовленного образца в испытательной машине представлен на рис. 1.

После приложения нагрузки к образцу произошло включение в работу шурупов, начался их вырыв, сопровождавшийся деформациями соединения, затем произошло смятие накладок SHERPA и древесины главных и второстепенной балок. Вид образца после разрушения представлен на рис. 2, 3 и 4.



Рис. 1 - Общий вид образца в испытательной машине



Рис. 2 - Образец после испытаний. Вид 1



Рис. 3 - Образец после испытаний. Вид 2



Рис. 4 - Образец после испытаний. Вид 3

Были вычислены деформации полные, остаточные, остаточные за цикл и упругие деформации на каждой ступени нагружения образца, построены графики зависимостей: «Нагрузка (N) – полная деформация D_n », «Нагрузка (N) – остаточная деформация D_o », «Нагрузка (N) – упругая деформация D_y », «Упругая деформация D_y – деформация остаточная за цикл d_o », представленные на рис. 5.

По установленной на диаграмме « $D_y - d_o$ » точке отклонения деформаций от линейной зависимости была найдена нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы (ВГОУР) образца, на основе которой проводили оценку несущей способности соединения.

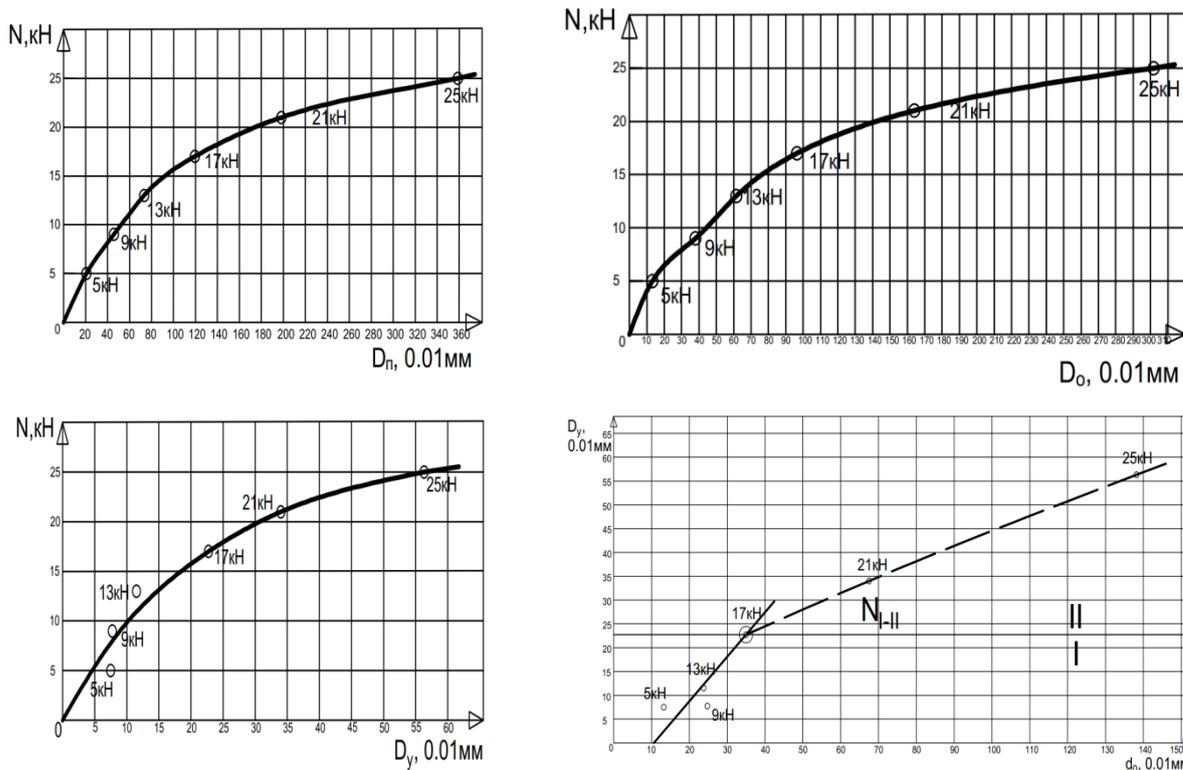


Рис. 5 – Графики зависимостей (слева направо):

« $N - D_n$ », « $N - D_o$ », « $N - D_y$ », « $D_y - d_o$ »

В соответствии с указаниями ГОСТ 33082-2014, для вычисления требуемого коэффициента надежности соединения определено время, приведенное к неизменному действию разрушающего усилия N_t . $t = t'_1/38.2 = 939с/38.2 = 24.58$ с, где $t'_1 = 939с$ - продолжительность испытания с постоянной скоростью нагружения.

Всего в ходе работы было испытано 4 образца.

Основные результаты работы:

1) Установлены максимальная несущая способность соединения, которая составила $N_t = 25,3$ кН и нагрузка, соответствующая ВГОУР соединения $N_{I-II} = 17$ кН;

2) Определены деформации соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA в пределах несущей способности образца. На уровне верхней границы области упругой работы полные деформации соединения составили $D_{\Pi} = 1,2$ мм, что меньше предельной деформации, установленной нормами проектирования СП 64.13330.2017 для нагельных соединений $[D_u] = 2$ мм в 1,67 раза;

3) Установлено, что в пределах упругой работы соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA остаточные деформации составляют в среднем 79.9%, упругие деформации – 20.1% от полных деформаций соединения;

4) Установлена расчетная несущая способность соединения цельнодеревянных элементов на пластинах типа SHERPA исходя из нагрузки $N_{I-II} = 17$ кН, соответствующей ВГОУР соединения и требуемого коэффициента надежности $K_{I-II} = 1,3$, которая составила $N_{\Pi} = 17/1,3 = 13,1$ кН;

5) Для соединений деревянных элементов на пластинах типа SHERPA установлен коэффициент перехода от соединений на основе клееной древесины (по данным Сюй Юня (СПбГАСУ) [7]), к соединениям элементов из цельной древесины, который составил $K_{ц/к} = 25.35 \text{ кН} / 52.20 \text{ кН} = 0.49$;

6) Вычислен требуемый коэффициент надежности K_{xp} к величине разрушающего усилия N_t по приведенному к неизменному его действию времени t , который при хрупком разрушении составляет $K_{xp} = 1.64 * (1.94 - 0,116 \lg t) = 1.64 * (1.94 - 0.116 * \lg 24.58) = 1.64 * (1.94 - 0.116 * 1.39) = 2.92$.

Проведенные исследования и изученная в ходе исследования литература позволили сформулировать основные предложения по

повышению несущей способности соединения деревянных элементов на основе металлических накладок SHERPA для дальнейшего изучения данного направления [8-10].

Литература

1. 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.
2. Augustin M. Abtragung hoher Lasten mit Sherpa-Systemverbindern // 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-21.
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. Prüftechnik und Modellbildung für HT/NT-Systemverbinder // 17 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2011. Vol. 1. pp. 1-23.
5. Pirnbacher G. Beanspruchungs- und Optimierungspotentiale selbstbohrender Holzschrauben // 15 Internationale Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-19.
6. Frese M., Fellmoser P., Blaß H. Modelle für die Berechnung der Ausziehtragfähigkeit von selbstbohrenden Holzschrauben / European Journal of Wood and Wood Products. 2010. Vol. 68. pp. 373-374.
7. 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.
8. Линьков В.И. Повышение несущей способности соединений на наклонных ввинченных стержнях // Инженерный вестник Дона, 2020, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6688.

9. 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.

10. 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.

References

1. 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.

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

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. Prüftechnik und Modellbildung für HT/NT-Systemverbinder. 17 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2011. Vol. 1. pp. 1-23.

5. Pirnbacher G. Beanspruchungs- und Optimierungspotentiale selbstbohrender Holzschrauben. 15 Internationale Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-19.

6. Frese M., Fellmoser P., Blaß H. European Journal of Wood and Wood Products. 2010. Vol. 68. pp. 373-374.

7. Syuy Yun'. Povysheniye nesushchey sposobnosti soyedineniy elementov derevyannykh konstruktsiy na metallicheskih nakladkakh s ispol'zovaniyem metallicheskoj zubchatoy plastiny [Increasing the bearing capacity of element connections wooden structures on metal plates using a metal toothed plate]. diss. ... kand. tekhn. nauk. 05.23.01. Sankt-Peterburg, 2015. 198 s.



8. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6688.
9. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592.
10. Naychuk A.YA., Babayev M.V. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. M.: 2010. № 1. S. 21-23.