

СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИНТОВ, ВОСПРИНИМАЮЩИХ ОСЕВЫЕ УСИЛИЯ

Е. В. Маркечко

*М. т. н., старший преподаватель кафедры строительных конструкций БрГТУ,
Брест, Беларусь, bk-2112@mail.ru*

Реферат

В статье представлены результаты исследования работы соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые усилия. Показаны достоинства и недостатки существующей методик расчета таких соединений. Разработаны рекомендации по усовершенствованию методики расчета соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые усилия.

Ключевые слова: древесина, винт, воспринимающий осевые усилия, методика расчета, конечно-элементная модель узлового соединения элементов деревянных конструкций, устойчивость винта.

SCREWED CONNECTIONS OF TIMBER ELEMENTS WITH AXIALLY LOADED SCREWS

E. V. Markechko

Abstract

The results of the study of the operation of timber joints with axially loaded screws are presented in the article. The advantages and disadvantages of the existing methods of calculation of such connections are shown. Recommendations on improvement of the methodology of calculation of timber joints with axially loaded screws are developed.

Keywords: timber, axially loaded screw, methodology of calculation of timber joints, FE-model of timber joints, screw stability.

Одной из актуальных проблем при проектировании деревянных конструкций является конструирование узловых соединений. Широкое распространение в практике строительства получили соединения на механических связях. К соединениям такого типа и относятся соединения на винтах. Использование винтов в соединениях элементов деревянных конструкций позволяет уменьшить влияние пороков древесины (сучков, свилеватости и косослоя) на их несущую способность, а по сравнению с вклеенными стержнями – сократить сроки их изготовления и монтажа. Вместе с тем накопленный опыт строительства зданий из деревянных конструкций с соединениями такого типа, показывает, что в процессе эксплуатации они не всегда удовлетворяют требования надежности и долговечности. Это свидетельствует о несовершенстве существующих методик расчета таких соединений.

Анализ существующих методик расчета соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые растягивающие усилия, выполнен в [1]. Следует отметить, что существующая методика определения несущей способности винтовых соединений, приведенная в [2–4], справедлива, во-первых, при угле наклона оси винта к направлению волокон древесины от 30° до 90° , во-вторых, для винтов, максимальный диаметр которых не превышает 12 мм. Использование винтов в узловых соединениях элементов деревянных конструкций, где имеет место действие значительных по величине внутренних усилий, не всегда может быть воспринято винтами малых диаметров. В настоящее время есть необходимость в использовании винтов, отличающихся по своим геометрическим параметрам, таким, как диаметр винта, шаг резьбы, угол наклона резьбы к оси винта, от винтов, приведенных в [5–7]. Для использования таких винтов в соединениях элементов деревянных конструкций должна быть разработана методика расчета таких соединений, учитывающая особенности их работы.

С учетом этого были выполнены экспериментально-теоретические исследования работы данных соединений. Результаты данных исследований приведены в [9–13].

В [11] представлена конечно-элементная модель узлового соединения элементов деревянных конструкций, выполненного с использованием винтов, работающих на осевое растяжение. Установлено, что в результате сопоставления напряженного состояния элементов соединения деревянных конструкций с винтами, воспринимающими осевые усилия, эксперимента и численной модели, была получена хорошая сходимость. Следовательно, данная модель отражает действительную работу соединения элементов деревянных конструкций с винтами, воспринимающими осевые усилия. С использованием этой модели был выполнен численный анализ напряженного состояния элементов соединения деревянных конструкций с винтами, воспринимающими осевые усилия. В результате анализа были выявлены закономерности изменения напряженного состояния в зависимости от диаметра винта, длины анкеровки, а также от угла наклона оси винта по отношению к волокнам [9, 12]. Это позволило спланировать дальнейший комплекс экспериментальных исследований.

Следует отметить, в зоне обрыва анкеровки винта в древесине возникает растяжение поперек волокон, которое должно учитываться при определении несущей способности соединения в качестве дополнительного условия [11]. Для уменьшения величины растягивающих усилий поперек волокон необходимо устанавливать дополнительные винты, воспринимающие это усилие.

Зная напряженное состояние элементов соединения деревянных конструкций с винтами, воспринимающими осевые усилия, можно определить несущую способность или сопротивление выдергиванию.

В результате исследований [13] приведены модели сопротивления для винтов $d = 3,5\text{--}5$ мм и $d = 16$ мм; 20 мм. Установлены зависимости сопротивления выдергиванию винта из массива древесины от прочности древесины при выдергивании винта под углом α к направлению волокон на единицу поверхности контакта нарезной части винта с древесиной, образованной по наружному диаметру резьбы, а также от длины анкеровки и диаметра винта.

Поскольку прочность древесины при сжатии поперек волокон значительно ниже, чем вдоль, а опорные площадки нижележащих несущих конструкций имеют ограниченные размеры, очень часто возникает необходимость в увеличении сопротивления опорных площадок стропильных балок или ферм из клееной древесины. Одним из таких методов усиления является установка винтов перпендикулярно волокнам древесины.

Анализ существующих методик расчета соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые сжимающие усилия, выполнен в [14–15]. Методики расчета соединений деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые сжимающие усилия, представлены в [2–4]. Согласно нормам, несущая способность винта, воспринимающего действие осевого сжимающего усилия, должна определяться из трех условий: обеспечение прочности материала винта при сжатии, сопротивление древесины продавливанию винта и обеспечение устойчивости винта в массиве древесины. Следует отметить, что в [2–4] для первых двух условий имеются соответствующие расчетные модели, что же касается третьего условия – проверки устойчивости, то здесь отсутствуют какие-либо расчетные модели. В работе [16] предложена расчетная модель винта, воспринимающего действие осевого сжимающего усилия, которая не нашла должного отражения в нормативных документах [2–4]. Однако данная расчетная модель нашла свое отражение в [8].

В [14–15] разработано одно из возможных решений задачи потери устойчивости винта в массиве древесины с учетом таких факторов, как различные способы закрепления головки винта, неравномерное сжатие винта по длине в массиве древесины, а также изменение изгибной жесткости по длине винта. В результате данных исследований была предложена методика определения коэффициента расчетной длины μ винтов в массиве древесины.

На основании результатов, полученных при исследовании сопротивления винтов выдергиванию из массива древесины, были разработаны предложения для внесения изменений в [2], касающиеся методики определения несущей способности узловых соединений с винтами $d = 3,5–5$ мм и $d = 16$ мм и 20 мм. Сущность данных изменений заключается в следующем: если правила 9.4.3.1 не выполняются, то характеристическое значение несущей способности при выдергивании винта $F1_{ax,\alpha,Rk}$, определяют по выражению (9.45) для соединений с винтами $d = 3,5–5$ мм и $d = 16–20$ мм. Если диаметры винтов отличаются от вышеуказанных, то характеристическое значение несущей способности при выдергивании винта $F1_{ax,\alpha,Rk}$, определяют по выражению (9.45ж).

Внесенные изменения в качестве уточнения методики расчета соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые усилия, позволят повысить надежность таких соединений и, как результат, безопасность эксплуатации деревянных конструкций.

Литература

1. Маркечко, Е. В. Анализ существующих методик расчета соединений деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые растягивающие усилия / Е. В. Маркечко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки 2021. – С. 80–86.

2. Деревянные конструкции : СП 5.05.01-2021. – Введ. 01.06.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 115 с.
3. Свод правил. Деревянные конструкции : СП 64.13330.2017. – Введ. 28.08.2017. – М : Минстрой России, 2017. – 97 с.
4. Eurocode 5 : Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. : EN 1995-1-1. – Apr. 16.04.2004. – Brussels: CEN, 2004. – 121 p.
5. Шурупы с полукруглой головкой. Конструкция и размеры : ГОСТ 1144-80. – Введ. 01.01.1982. – М. : Издательство стандартов, 1980. – 6 с.
6. Шурупы с полупотайной головкой. Конструкция и размеры : ГОСТ 1146-80. – Введ. 01.01.1982. – М. : Издательство стандартов, 1980. – 6 с.
7. Конструкции деревянные. Крепежные детали типа штифта. Технические требования : СТБ EN 14592-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Госстандарт : БелГИСС, 2010. – 64 с.
8. Свод правил. Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования : СП 299.1325800.2017. – Введ. 17.02.2018. – М. : Минстрой России, 2017. – 19 с.
9. Найчук, А. Я. Численное исследование напряженного состояния древесины в зоне винтов, работающих на выдергивание поперек волокон / А. Я. Найчук, Е. В. Лещук // Сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. «Строительная наука-2014: теория, образование, практика, инновации» (посвящается 55-летию ИСиА САФУ), Архангельск, 22–23 мая 2014 г. / под ред. Б. В. Лабудина. – Архангельск, 2014. – С. 276–282.
10. Найчук, А. Я. К вопросу методики определения расчетного сопротивления выдергиванию винта под углом 90° к направлению волокон древесины / А. Я. Найчук, Е. В. Лещук // Современные строительные конструкции из металла и древесины: сб. науч. тр. № 18 / Одесская гос. академия строительства и архитектуры; под ред. В. В. Стоянова. – Одесса, 2014. – С. 122–130.
11. Маркечко, Е. В. КЭ-модель узлового соединения элементов деревянных конструкций с использованием винтов, воспринимающих осевые усилия растяжения / Е. В. Маркечко, А. Я. Найчук // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 1(130). – С. 33–36.
12. Найчук, А. Я. Численное исследование напряженного состояния древесины в зоне контакта с винтом, установленным под углом к волокнам и воспринимающим осевое усилие растяжения / А. Я. Найчук, Е. В. Маркечко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 2(131). – С. 82–86.
13. Найчук, А. Я. Сопротивление выдергиванию винта из древесины элемента соединения / А. Я. Найчук, Е. В. Маркечко // Промышленное и гражданское строительство. – 2023 – № 8. – С. 35–43.
14. Найчук, А. Я. Устойчивость стальных центрально сжатых винтов в массиве древесины / А. Я. Найчук, К. К. Глушко, Е. В. Маркечко // Промышленное и гражданское строительство. – 2020 – № 3(65). – С. 4–9.
15. Глушко, К. К. Численный анализ устойчивости центрально сжатых стальных винтов в деревянных конструкциях / К. К. Глушко, Е. В. Маркечко // Теория и практика исследований, проектирования и САПР в строительстве : сб. статей Междунар. науч.-метод. конф., Брест, 27 марта 2020 г. / БрГТУ ; редкол.: Н.Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2020. – С. 46–57.
16. Bejtka, I. Self-tapping screws as reinforcement in beam supports / I. Bejtka, H. J. Blass. – Karlsruhe, 2011. – 25 s.