

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ВВИНЧИВАНИИ ВИНТА ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

THE TIMBER STRESS-STRAIN STATE IN THE MOMENT SCREW-IN PERPENDICULAR TO THE GRAIN

д.т.н., **Найчук А.Я.** (филиал «РУП институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г.Брест, Беларусь)
аспирант, **Маркечко Е.В.** (учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г.Брест, Беларусь)

Dr.Sc. in Engineering, Naichuk A.Ya. (Branch of BelNIIS Institute RUE-Research and Technical Center, Brest, Republic of Belarus)
researcher, Markechko E.V. (Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus)

Аннотация

Приведены методика и результаты экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния древесины в окрестности винта, установленного поперек волокон. Выполнен анализ изменения напряжений в древесине в зависимости от длины анкеровки, расстояния от оси винта и времени.

Ключевые слова: винт, древесина, напряжение, прочность, анизотропия.

Annotation

An experimental investigation carried out to evaluate the stress-strain state of the wood zone around the screw set perpendicular to the grain is described. The relationship between the wood stress-strain values and the anchorage length, the distance from the screw axis and the time period is presented and analysed.

Keywords: screw, timber, stress, strength, anisotropy.

Общеизвестно, что несущая способность конструкции зависит от прочности материала, напряженно-деформированного состояния ее элементов и соединений. Поэтому, для соединений элементов деревянных конструкций с использованием винтов, определение напряженно-деформированного состояния древесины, расположенной в зоне установки винта, является актуальной задачей. Сложность решения данной задачи состоит в том, что все компоненты деформаций должны быть определены не на поверхности элемента, а в массиве древесины, т.е. по толщине, высоте и длине элемента. Необходимость определения деформаций по массиву древесины

обусловлена тем, что максимальных значений они достигают вблизи винта, а не на поверхности элемента, о чем свидетельствуют результаты численных исследований, приведенные в [1].

Целью данных исследований являлось определение напряженно-деформированного состояния древесины при ввинчивании винта в массив элемента конструкции в зависимости от длины его анкеровки l , а также действия на винт усилия, вызывающего его растяжение.

Известно, что ввинчивание винтов в древесину может осуществляться как непосредственно в массив, так в предварительно просверленное в древесине отверстие. Винты диаметром $d \leq 6$ мм ввинчивают в древесину без предварительного сверления. При $d > 6$ мм, винт ввинчивается в предварительно просверленное отверстие диаметром $d_0 = 0,7 d$, что чаще всего соответствует внутреннему диаметру резьбы. В процессе ввинчивания винта в массив древесины без предварительного сверления происходит раздвижка волокон стержнем винта и проникновение его резьбы в массив с одновременной раздвижкой и перерезыванием волокон на глубину, равную высоте резьбы. Когда ввинчивание винта осуществляется в предварительно просверленное отверстие, происходит проникновение резьбы винта в массив древесины путем раздвижки и перерезывания волокон на глубину, равную высоте резьбы. Таким образом, при ввинчивании винтов диаметром $d \leq 6$ мм и $d > 6$ мм, возникающее в массиве древесины напряженное состояние будет иметь свои отличия.

Для решения поставленной задачи были проведены экспериментальные исследования образцов из клееной древесины с ввинченным поперек волокон винтом диаметром $d = 11$ мм (рис.1) с предварительно просверленным отверстием диаметром $d_0 = 8$ мм. .

Испытываемый образец состоял из двух деревянных элементов 1 и 2, соединенных между собой посредством болтов 3 (рис.1). В составном деревянном элементе перпендикулярно линии сплачивания просверливалось отверстие диаметром $d_0 = 8$ мм. После просверливания отверстия элементы образца разъединялись и на расстоянии 10 мм от края линии отверстия элемента 1 наклеивались тензодатчики в виде розеток (рис.1). База тензодатчиков составляла 10 мм. Для исключения давления вертикальной плоскости элемента 2 на тензодатчики, наклеенные на элемент 1 при обжатии элементов 1 2 болтами 3, в элементе 2 выбирался паз глубиной 3 мм и шириной 14 мм. Размеры элементов из клееной древесины 1 и 2 составляли $L \times h \times b_1 = 500 \times 200 \times 100$ мм (рис.1). Максимальная длина резьбы винта диаметром $d = 11$ мм составляла $l = 240$ мм.

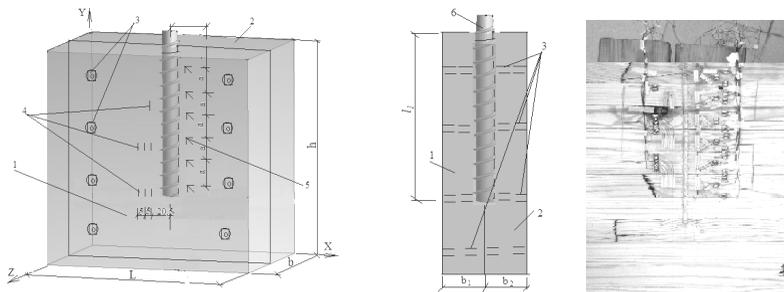


Рис. 1. Схема испытываемого образца и расположения тензодатчиков : 1 и 2 – деревянные элементы; 3 – стяжные болты; 4 – тензодатчики; 5 – тезорозетки; 6 – винт.

Для измерения относительных деформаций все тензодатчики подключались к компьютерному измерительному комплексу «ТИССА-В-485/65». Измерения проводились при длине анкеровки винта $l = 110$ мм и 165 мм. Первая серия образцов служила для измерения относительных деформаций при ввинчивании винтов и последующего контроля изменения относительных деформаций во времени, вторая серия образцов – для измерения относительных деформаций при ввинчивании винтов и действии усилий выдергивания. На основании измеренных значений относительных деформаций ε_{xy} , ε_{yx} и ε_{45} в соответствии с выражениями (1 – 3) [2] определялись напряжения σ_x , σ_y и τ_{xy} .

$$\sigma_x = E_x \left(\frac{\varepsilon_x + \mu_{yx} \varepsilon_y}{1 - \mu_{xy} \mu_{yx}} \right), \quad (1)$$

$$\sigma_y = E_y \left(\frac{\varepsilon_y + \mu_{xy} \varepsilon_x}{1 - \mu_{xy} \mu_{yx}} \right), \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = G_{xy} \left[2\varepsilon_{45} - (\varepsilon_x + \varepsilon_y) \right], \quad (3)$$

где E_x , E_y – модуль упругости древесины вдоль и поперек волокон древесины;

μ_{xy} и μ_{yx} – коэффициенты поперечной деформации древесины;

G_{xy} – модуль сдвига древесины;

ε_x , ε_y и ε_{45} – относительные деформации вдоль, поперек и под углом 45° к волокнам древесины.

Учитывая, что наименьшая прочность характерна для древесины при растяжении поперек и скалывании вдоль волокон, то наибольший интерес с точки зрения истощения несущей способности соединения представляет анализ распределения растягивающих поперек волокон σ_y и скалывающих вдоль τ_{xy} напряжений.

В результате выполненных экспериментальных исследований при ввинчивании винта диаметром 11 мм в массиве древесины, расположенной вокруг винта имеет место действия сложного напряженного состояния (рис. 2). Максимальных значений нормальные напряжения σ_y , действующие поперек волокон, достигают у внешней поверхности образца (рис.2). Что же касается скалывающие вдоль волокон напряжений τ_{xy} , то максимальных значений они достигают ближе к поверхности образца (рис.2). При увеличении длины анкеровки l винта нормальные σ_y и скалывающие τ_{xy} возрастают. Увеличение напряжений σ_y и τ_{xy} можно объяснить тем, что при ввинчивании винта в массив древесины с увеличением длины анкеровки на поверхностные слои древесины образца будет приходиться большее усилие, вызывающее растяжение поперек волокон и скалывание вдоль волокон.

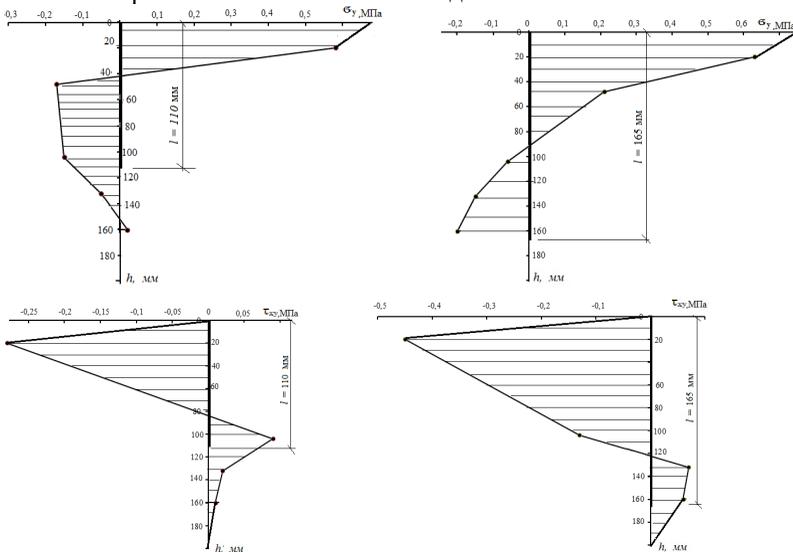


Рис. 2. Распределение напряжений σ_y и τ_{xy} , действующих в массиве древесины, расположенной на расстоянии 20, 5 мм от оси винта при его ввинчивании для $l = 110$ мм и $l = 165$ мм

В результате измерений относительных деформаций спустя 12 часов после ввинчивания винта, было установлено, что значения относительных деформаций ε_y поперек волокон уменьшились в среднем на 8% по сравнению с первоначальным значением. Что же касается изменения деформаций в последующие 48 часов, то их значения практически не изменялись.

При приложении к винту растягивающего усилия, распределение напряжений σ_y в древесине, расположенной в зоне винта, существенно отличается от распределения при ввинчивании винта (рис. 2), имеет неравномерный характер и вызывает растяжение поперек волокон по всей длине анкеровки (рис. 3). При увеличении длины анкеровки неравномерность распределения напряжений σ_y возрастает.

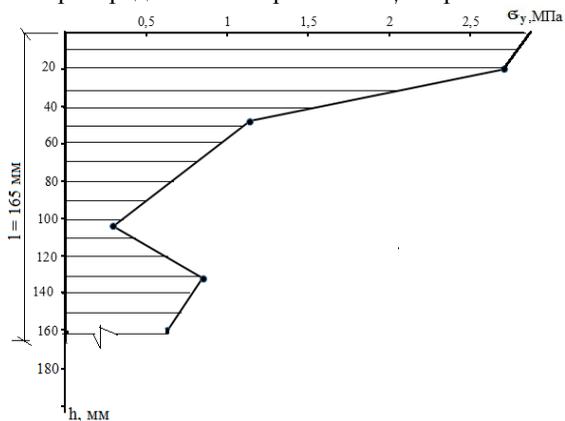
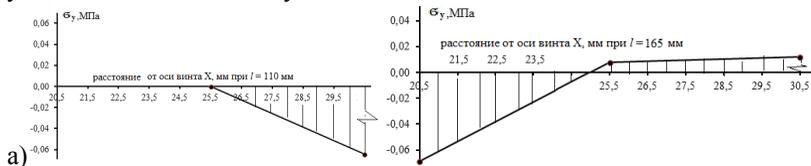
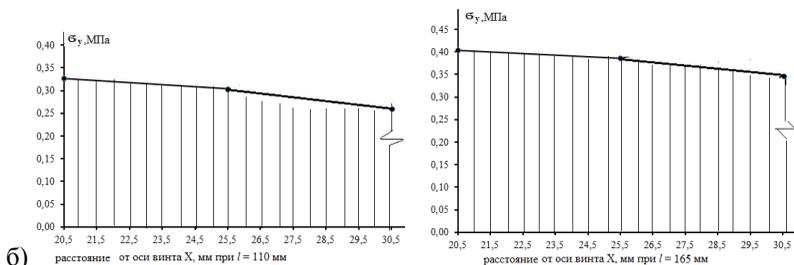


Рис. 3. Распределение напряжений σ_y по высоте образца при действии на винт усилия выдергивания $F = 10,1$ кН

Что же касается распределения напряжений σ_y по длине образца на уровне обрыва анкеровки винта, то при увеличении длины анкеровки на расстоянии $2,5d$ от оси винта при его ввинчивании возникает растяжение древесины поперек волокон (рис. 4а). В случае приложения к винту растягивающего усилия, древесина в зоне винта испытывает только растяжение поперек волокон (рис.4б), которое с удалением от оси винта уменьшается.





а – при ввинчивании винта; б – от совместного действия ввинчивания и выдергивания из массива древесины усилием $F = 10,1 \text{ кН}$

Рис. 4. Распределение напряжений σ_y по длине образца в зоне обрыва анкеровки винта

В результате проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- при ввинчивании винта поперек волокон, в древесине расположенной в зоне винта возникает сложное неоднородное напряженное состояние. С увеличением длины анкеровки винта, неравномерность распределения напряжений в древесине по длине анкеровки увеличивается;

- при действии на установленный поперек волокон винт растягивающего усилия, в древесине, расположенной в зоне винта, возникает растяжение поперек и скалывание вдоль волокон;

- полученное экспериментальным путем распределение напряжений в древесине, расположенной в зоне винта, соответствует результатам численных исследований приведенных в [1];

- в зоне обрыва анкеровки винта в древесине возникает растяжение поперек волокон, которое должно учитываться при определении несущей способности соединения в качестве дополнительного условия.

Список литературы

1. Найчук, А.Я. Численное исследование напряженного состояния древесины в зоне винтов, работающих на выдергивание поперек волокон / А.Я. Найчук, Е.В. Лешук // Строительная наука – 2014: теория, образование, практика, инновации: сб. трудов / Под ред. Б.В. Лабудина – Архангельск, 2014. – С. 276-282.
2. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность, 1978, 222 с.