

К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЫДЕРГИВАНИЮ ВИНТА ПОД УГЛОМ 90^0 К НАПРАВЛЕНИЮ ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ

ON THE ISSUE OF METHODS TO DETERMINE THE DESIGN RESISTANCE FOR SCREW PULLING PERPENDICULAR TO THE GRAIN

*д.т.н., **Найчук А.Я.** (филиал «РУП институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г.Брест, Беларусь)
аспирант, **Лещук Е.В.** (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, **Leschuk E.V.** (Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus)*

Аннотация

Выполнены численные исследования напряженного состояния древесины в зоне анкеровки винта, работающего на выдергивание поперек волокон. Приводятся рекомендации по назначению параметров образцов и длины анкеровки винта при определении расчетного сопротивления выдергиванию под углом 90^0 к направлению волокон древесины.

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

Summary

Numerical study of the stress state of wood at the screw anchorage zone are realised when screw pulling perpendicular to the grain. Recommendations for appointment of specimen dimensions and the screw anchorage length in determining the design resistance for screw pulling perpendicular to the grain are made.

Keywords: screw, wood, stress, strength, force, resistance, anisotropy.

В настоящее время для соединения элементов деревянных конструкций в странах СНГ и за рубежом очень широко используют такие

механические связи, как винты. Следует отметить, что номенклатура таких связей довольно разнообразна. Используемые в соединениях элементов деревянных конструкций винты могут отличаться не только диаметром и длиной заделки, но и шагом резьбы, и материалом самого винта. Чаще всего винты изготавливают из углеродистых сталей с последующим нанесением цинкового покрытия. В зданиях и сооружениях с агрессивной средой используют винты, изготовленные из нержавеющей стали. Нормативное сопротивление сталей для винтов при их растяжении не должно быть не менее 500 МПа.

В соединениях элементов деревянных конструкций винты могут работать как растянутые или сжатые связи, как нагели или воспринимать совместное действие осевых и сдвигающих усилий. Что же касается проектирования таких соединений, существующая нормативная база [1, 2] не в полной мере позволяет использовать такие механические связи в практике строительства. Следует отметить, что приведенная в [1, 2] методика расчета применима для винтов, работающих на растяжение (выдергивание) поперек волокон древесины, изготовленных в соответствии с требованиями [3, 4]. Что же касается современных винтов, отличающихся по своим параметрам от требований [3,4], то для их использования в соединениях элементов деревянных конструкций должна быть разработана методика, учитывающая особенности работы. Поэтому использование методики, изложенной в [1, 2], для оценки несущей способности винта является некорректным, поскольку зависит от высоты, шага и угла наклона резьбы по отношению к продольной оси винта.

Согласно [1,2] несущая способность на выдергивание одного винта, завинченного в древесину поперек волокон, определяется по формуле

$$T_{v,u} = R_{v,u} \cdot \pi \cdot d \cdot l_1, \quad (1)$$

где $R_{v,u}$ – расчетное сопротивление выдергиванию винта на единицу поверхности соприкосновения нарезанной части винта с древесиной, которое принимается для воздушно-сухой древесины равным 1 МПа, а согласно [5] – 2 МПа;

d – наружный диаметр нарезной части винта;

l_1 – длина нарезной части винта, сопротивляющаяся выдергиванию (длина анкеровки).

Определяемая по формуле (1) несущая способность винта базируется на предположении равномерного распределения всех компонент напряжений, возникающих в древесине, расположенной у контактных площадок при его выдергивании. Общеизвестно, что распределение напряжений в древесине по длине вклеенного поперек волокон

стального стержня при его выдергивании имеет неравномерный характер, а при увеличении длины анкеровки эта неравномерность возрастает. Что же касается винтов, завинченных в древесину поперек волокон, где при их выдергивании контакт осуществляется лишь по поверхностям резьбы винта и древесины, распределение напряжений в древесине будет иметь сложный характер не только по длине винта, но и по его окружности. Поэтому, принятое в [1,2] предположение о равномерности распределения напряжений в древесине по длине винта при его выдергивании поперек волокон является не вполне обоснованным.

Целью настоящих исследований являлось обоснование размеров и формы образцов при определении расчетного сопротивления выдергиванию винта завинченного поперек волокон древесины. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- определение напряженно-деформированного состояния древесины в окрестности винта, завинченного поперек волокон, работающего на выдергивание в зависимости от его диаметра и шага резьбы;
- обоснование длины анкеровки винта, завинченного поперек волокон, при определении сопротивления выдергиванию.

Для определения напряженно-деформированного состояния древесины в окрестности винта, была решена контактная задача в объемной постановке с использованием программного комплекса ANSYS. Всего было рассмотрено две серии образцов (рис. 1): образцы с длиной анкеровки винтов на всю высоту сечения ($l_1=h$) и образцы с длиной анкеровки винтов на части высоты сечения ($l_1=h-2a$).

С точки зрения расчетной схемы, рассчитываемый образец рассматривался в виде анизотропного тела ограниченного объема, моделирующего массив древесины, высотой h , длиной $L = 200$ мм и толщиной $b = 140$ мм. Направление волокон древесины в рассчитываемых образцах соответствовало направлению оси X (рис.1). Упругие характеристики рассчитываемого массива, моделирующего древесину, принимались в соответствии с данными [6], а для винта – принимались как для стали.

При выполнении расчетов варьируемыми параметрами для образцов первой серии являлись: $d/d_0 = 6/3,9$ мм, $11/6,6$ мм; $l_1 = h = 3p, 5p$ и $7p$, где p – шаг резьбы (рис. 1а), а для образцов второй серии – $d/d_0 = 6/3,9$ мм, $11/6,6$ мм; $l_1 = 2a + 5p$, где a – расстояние от верхней/нижней плоскости образца до резьбы. Шаг резьбы p для винтов наружным диаметром $d = 6$ мм составлял 4,5 мм, а для винтов $d = 11$ мм – $p = 5,8$ мм. Величина усилия, прикладываемого к винту, определялась как $F = 3 \cdot \pi \cdot d \cdot l_1$.

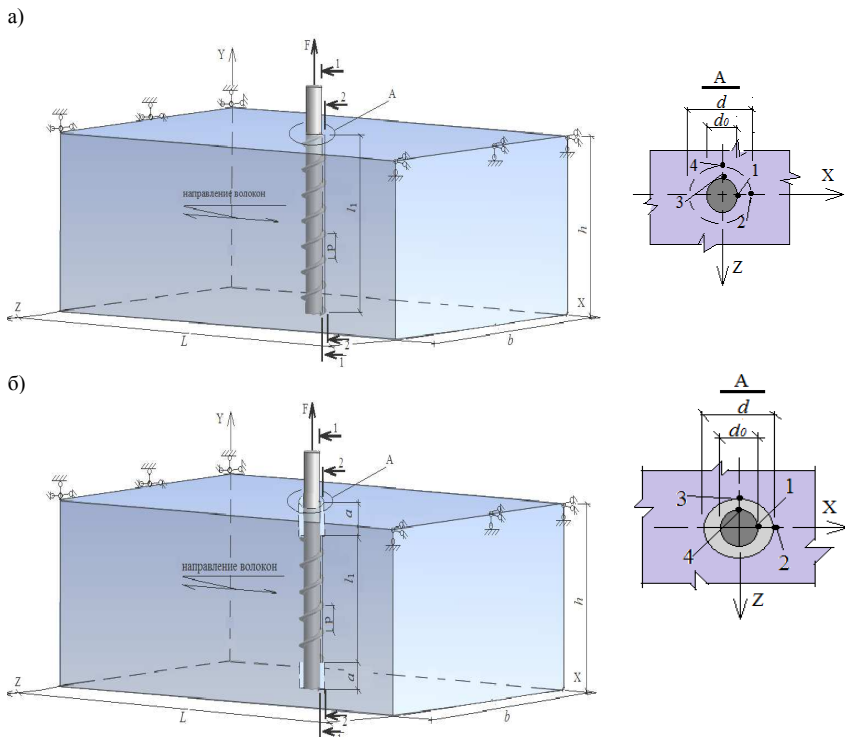


Рис. 1. Расчетные схемы образцов: а – с анкеркой винта по всей высоте поперечного сечения образца; б – с анкеркой винта на части высоты поперечного сечения образца

Во всех расчетных схемах вовлечение массива древесины в работу от действия на винт усилия F , осуществлялось посредством контактирующих поверхностей древесины и резьбы винта. Коэффициент трения по контактирующим поверхностям принимался равным 0.

Некоторые эпюры напряжений, действующих в древесине по длине анкерки винта для двух серий рассчитываемых образцов, приведены на рис.2 – рис.9.

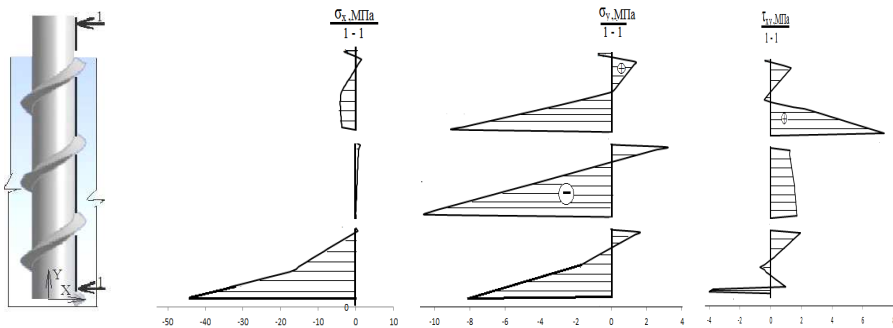


Рис.2. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 1-1 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 3p$

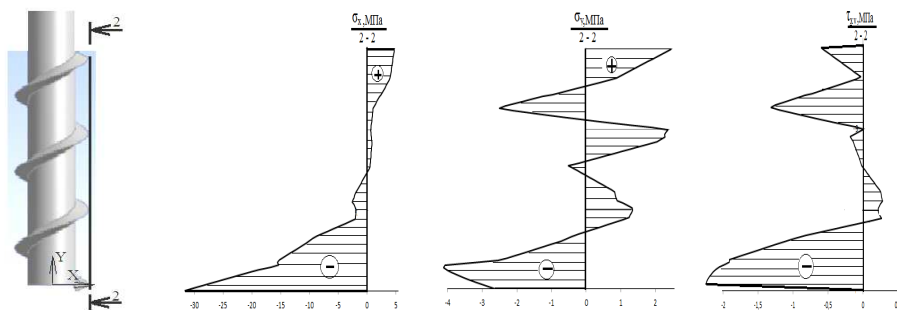


Рис.3. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 2-2 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 3p$

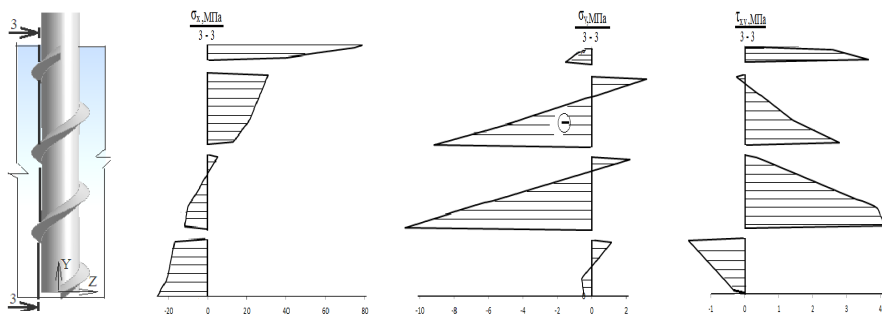


Рис.4. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 3-3 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 3p$

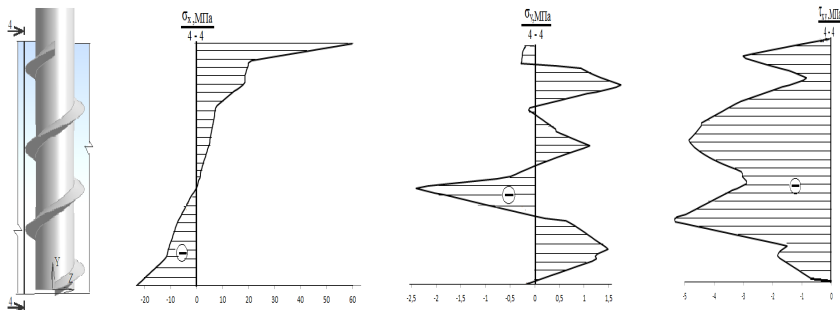


Рис.5. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 4-4 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 3p$

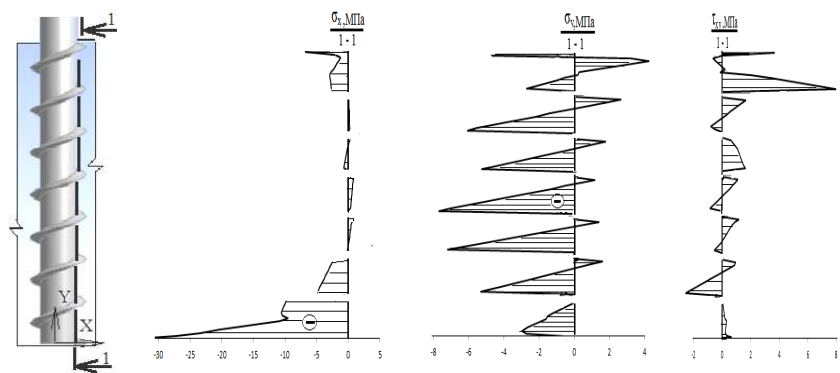


Рис.6. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 1-1 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 7p$

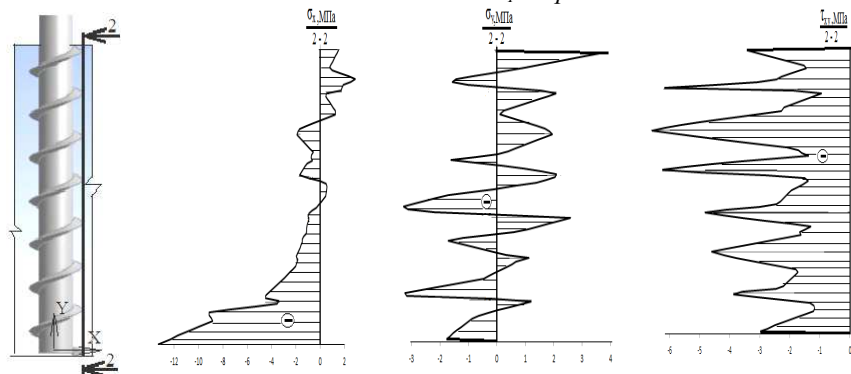


Рис.7. Распределение напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} в древесине по линии 2-2 с винтом $d = 6$ мм и $l_1 = 7p$

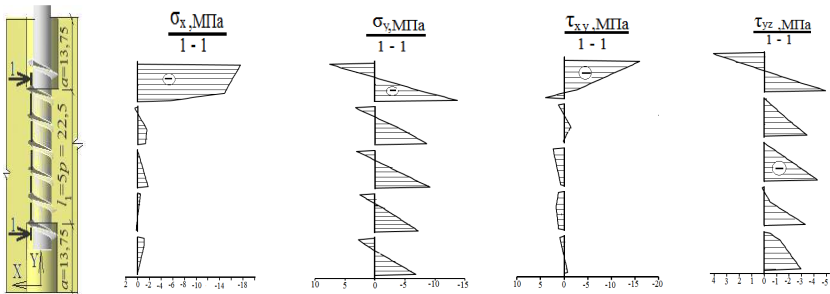


Рис.8. Распределение напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} и τ_{yz} в древесине по линии 1-1 с винтом $d = 6$ мм, $l_1 = 5p$ и $a = 13,75$ мм

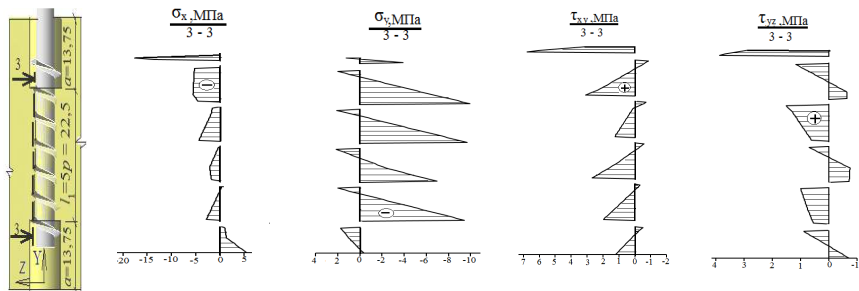


Рис.9. Распределение напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} и τ_{yz} в древесине по линии 3-3 с винтом $d = 6$ мм, $l_1 = 5p$ и $a = 13,75$ мм

В результате выполненных исследований было установлено, что древесина вблизи винта, работающего на выдергивание поперек волокон, находится в условиях сложного неоднородного напряженного состояния (рис. 2 – рис. 9). Характер распределения напряжений в древесине, расположенной между витками резьбы и снаружи резьбы винта, зависит от величины диаметра d , длины анкеровки l_1 , расстояния от оси винта до рассматриваемой точки в древесине, направления по отношению к главным осям анизотропии и расположения зоны анкеровки (резьбы) винта по высоте поперечного сечения образца. По длине анкеровки винта древесина, расположенная между витками резьбы, в основном подвержена действию нормальных сжимающих σ_y и касательных τ_{xy} , τ_{yz} напряжений. Кроме того, в указанной зоне древесина испытывает действие не только сжатия поперек волокон, но и растяжения, а также – действие изгиба и скалывания в двух плоскостях. Максимальных значений касательные напряжения $\tau_{xy,max}$ и $\tau_{yz,max}$ достигают в древесине, расположенной по поверхности наружной грани резьбы. Если длина анкеровки винта (резьбы) l_1 меньше высоты попе-

речного сечения образца h (рис. 1б), то распределение $\tau_{xy,max}$ и $\tau_{yz,max}$ по длине l_1 имеет практически равномерный характер.

Выводы.

1. Древесина в окрестности винта, работающего на выдергивание поперек волокон, находится в условиях сложного неоднородного напряженного состояния.
2. Предельное состояние при выдергивании винта поперек волокон определяется прочностью древесины участков, расположенных между витками резьбы, при сжатии и перерезывании поперек волокон, скалывании вдоль волокон, и изгибе в двух плоскостях.
3. Для экспериментального определения расчетного сопротивления выдергиванию винта поперек волокон на единицу поверхности соприкосновения нарезанной части с древесиной рекомендуется принимать образцы с длиной l_1 анкеровки винта на части высоты поперечного сечения (рис. 1б). Длина анкеровки винта должна удовлетворять условиям: $h > l_1$ и $3p \leq l_1 \leq 5p$, где p – шаг резьбы, h – высота поперечного сечения образца.
4. Высота поперечного сечения h образца при экспериментальном определении расчетного сопротивления $R_{в.ш}$ должна быть не мене $10d$, а расстояние между опорами образца – $12d < L \leq 15d$.

Список литературы

1. СП 64.13330.2011 Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция. СНиП II-25-80
2. ТКП 45-5.05-146 Деревянные конструкции. Нормы проектирования. Минстройархитектуры, Минск, 2009
3. ГОСТ 1144-80 Шурупы с полукруглой головкой. Конструкция и размеры
4. ГОСТ 1146-80 Шурупы с полупотайной головкой. Конструкция и размеры
5. Иванов В.Ф. Деревянные конструкции. Л.: Госстройиздат, 1956, 320 с.
6. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность, 1978, 222 с.