

**СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НОРМ РАСЧЕТА СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАГЕЛЬНОГО ТИПА**

*канд. техн. наук, доц. В.В. ЖУК, Е.С. МАТВЕЕНКО  
(Брестский государственный технический университет)*

*В статье приведена хронология разработки нормативной документации по расчету и проектированию деревянных конструкций в Республике Беларусь. Проведен анализ методики расчета симметричных двухсрезных соединений деревянных элементов на металлических нагелях по строительным правилам СП 5.05.01-2021 и нормам зарубежных стран, гармонизировавших строительные нормы со стандартом Еврокод 5 с учетом национальных приложений. Выявлены отличия положений по расчету соединений на металлических нагелях в части назначения величины частного коэффициента свойств материалов соединения. Отмечен разный подход к назначению технологических параметров при изготовлении строительных конструкций с применением металлических нагелей. Выполнен сравнительный расчет стыка нижнего пояса фермы с двухсторонними деревянными накладками на болтах. Произведена оценка результатов расчета по строительным нормам Республики Беларусь, Китая, Польши, Украины и Литвы. Выявлено, что введение национальных приложений, установленных национальными органами стандартизации, влияет на результаты расчета соединений деревянных элементов на нагелях.*

**Ключевые слова:** *нормы проектирования, деревянные конструкции, соединение, металл, стержень, болт, несущая способность.*

**Введение.** Беларусь, как и другие союзные республики, ставшие независимыми государствами, наравне с Россией объявили себя правопреемниками нормативной базы СССР. Проектирование деревянных конструкций осуществлялось в соответствии со СНиП II-25-80<sup>1</sup>, введенным в действие с 1 января 1982 года. В 2001 году были разработаны нормы Республики Беларусь СНБ 5.05.01-2000<sup>2</sup>, а через 10 лет – технический кодекс установившейся практики ТКП 45-5.05-146<sup>3</sup>. Со временем данные нормативные документы были дополнены новыми положениями в части расчета деревянных конструкций по предельным состояниям (расчетные значения нагрузок, коэффициенты условий работы и т.д.). С учетом появления новых механических связей для соединения деревянных элементов (металлические зубчатые пластины, наклонно вклеенные стержни), были введены положения по расчету и конструированию данных соединений. В то же время положения по расчету соединений нагельного типа, в частности соединений деревянных элементов на цилиндрических нагелях, практически не изменились по сравнению со СНиП II-25-80.

В начале 80-х годов прошлого столетия Еврокомиссия развернула широкую деятельность в части создания гармонизированных технических правил проектирования зданий, заменяющих различные правила, применяемые в разных странах – членах ЕС. На первом этапе Еврокоды использовались параллельно с национальными стандартами. Такой «мягкий» переход, в том числе к Еврокоду 5, позволил нашим соседям (Польша, Чехия и др.) разработать национальные приложения (со значениями параметров, установленных национальными органами стандартизации), обеспечить проектировщиков нормативно-методической литературой, переиздать учебники и пособия для расчета конструкций из древесины.

Беларусь в 2010 году присоединилась к прогрессивным наработкам Европейского сообщества: в нашей стране были разработаны и утверждены Минстройархитектуры 58 технических кодексов установившейся практики, идентичных Еврокодам, по расчету и проектированию конструкций из различных материалов. В это же время с целью повышения конкурентоспособности отечественных строительных материалов и изделий утверждено в качестве национальных 709 европейских EN и 8 международных ISO стандартов<sup>4</sup>.

1 января 2010 года был введен в действие технический кодекс установившейся практики ТКП EN 1995-1-1-2009<sup>5</sup>, идентичный европейскому стандарту EN 1995-1-1<sup>6</sup>. С целью обеспечения проектировщиков нормативной литературой в 2013 году был введен в действие ТКП 45-5.05-175-2012<sup>7</sup>, установивший правила расчета деревянных конструкций при проектировании в соответствии с ТКП EN 1995-1-1. После ввода в действие строительных правил

<sup>1</sup> Деревянные конструкции. Нормы проектирования : СНиП II-25-80. – Введ. 01.01.82. – Москва : Стройиздат, 1983. – 31 с.

<sup>2</sup> Деревянные конструкции : СНБ 5.05.01-2000. – Введ. 01.07.01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2001. – 70 с.

<sup>3</sup> Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.05-146-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 63 с.

<sup>4</sup> Лишай, И.Л. Европейские подходы в техническом регулировании строительной отрасли Республики Беларусь / И.Л. Лишай // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского Союза в области строительства : материалы Междунар. науч.-метод. семинара, Минск, 22–23 мая 2013 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: В.Ф. Зверев [и др.]. – Минск, 2013. – С. 7–13.

<sup>5</sup> Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1995-1-1-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 98 с.

<sup>6</sup> Eurocod 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings : EN 1995-1-1:2004+A1:2004. – Introduced 16.04.04. – Brussel : European Committee for standardization, 2004. – 121 p.

<sup>7</sup> Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Правила расчета : ТКП 45-5.05-275-2012 (02250). – Введ. 01.06.13. – Минск : Минстройархитектуры, 2013. – 111 с.

СП 5.05.01-2021<sup>8</sup> в Брестском государственном техническом университете изданы методические указания по расчету ограждающих и несущих конструкций покрытия [1–3].

Ниже приведены результаты сравнительного анализа методики расчета соединений деревянных элементов на цилиндрических нагелях, в том числе и болтах, реализованной в нормативных документах и учебно-методических изданиях ряда стран, гармонизировавших строительные нормы по проектированию деревянных конструкций со стандартом Еврокод 5 с учетом национальных приложений.

**Методика расчета симметричных двухсрезных соединений деревянных элементов на нагелях по отечественным нормам.** Расчетное значение несущей способности  $F_{v,Rd}$  для одного среза нагеля в соединении определяется по формуле:

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M}, \quad (1)$$

где  $k_{\text{mod}}$  – коэффициент модификации<sup>9</sup>;

$F_{v,Rk}$  – характеристическое значение несущей способности для одного среза нагеля в соединении, рассчитываемое по формулам<sup>10</sup> и принимаемое равным минимальному значению из всех расчетных величин;

$\gamma_M$  – частный коэффициент свойств материалов и изделий<sup>11</sup>.

Минимальное характеристическое значение несущей способности для каждой из плоскостей сдвига на один нагель в двухсрезных соединениях древесины с древесиной определяется из выражений:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d, & \text{(а)} \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d, & \text{(б)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}, & \text{(в)} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}, & \text{(г)} \end{cases} \quad (2)$$

где  $f_{h,i,k}$  – характеристическое значение сопротивления древесины  $i$ -го элемента соединения вдавливанию нагеля плашмя по направлению волокон и определяемое по формуле:  $f_{h,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$ ;

здесь  $\rho_k$  – характеристическое значение плотности древесины, кг/м<sup>3</sup><sup>12</sup>;

$d$  – диаметр нагеля, мм;

$t_1$  – толщина крайнего элемента;

$t_2$  – толщина среднего элемента;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий отношение характеристического значения сопротивления материала элемента 1 и элемента 2 при вдавливании в них жесткого нагеля плашмя, определяемый по формуле:  $\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$ ;

$M_{y,Rk}$  – характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении нагеля, определяемое по формуле:  $M_{y,Rk} = 0,3f_{u,k}d^{2,6}$ ;

здесь  $f_{u,k}$  – характеристическое значение прочности материала нагеля при его растяжении;

$F_{ax,Rk}$  – характеристическое значение несущей способности нагеля при выдергивании из элемента соединения, определяемое в соответствии с правилами 9.4<sup>13</sup>.

Технический кодекс установившейся практики ТКП EN 1995-1-1-2009 и строительные правила СП 5.05.01-2021, по сравнению с методикой расчета по СНиП II-25-80, учитывают большее число параметров, влияющих на величину несущей способности одного среза нагеля в соединениях древесины с древесиной: учитываются механические характеристики материалов (характеристическое значение сопротивления вдавливанию нагеля плашмя, характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении нагеля, характеристическое значение несущей способности нагеля при выдергивании); плотность древесины.

Результаты сравнительного расчета растянутого стыка деревянной фермы с применением двусторонних накладок на нагелях (пример 5.3 [4]) по ТКП EN 1995-1-1-2009 и ТКП 45-5.05-146-2009 показали, что расчетное значение несущей способности для одного среза нагеля в симметричном двухсрезном соединении<sup>14</sup> в 1,26 раза выше соответственно, что позволяет уменьшить расход металла на крепежные изделия и древесины на накладки.

<sup>8</sup> Деревянные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь : СП 5.05.01-2021. – Введ. 01.06.21. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 115 с.

<sup>9</sup> См. сноску 8, таблица 5.4.

<sup>10</sup> См. сноску 8, таблица 9.1.

<sup>11</sup> См. сноску 8, таблица 5.6.

<sup>12</sup> См. сноску 8, таблица 6.2.

<sup>13</sup> См. сноску 8.

<sup>14</sup> Жук, В.В. О методике расчета деревянных элементов на цилиндрических нагелях с учетом норм проектирования Еврокод 5 / В.В. Жук // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского Союза в области строительства : материалы Междунар. науч.-метод. семинара, Минск, 29 мая 2012 г. : в 2 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: В.Ф. Зверев [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 1. – С. 49–58.

Отметим, что в выражении (2) второе слагаемое  $F_{ax,Rk}/4$ , учитывающее эффект нити, согласно ТКП EN 1995-1-1-2009, ограничивалось по величине в процентном отношении от несущей способности по теории пластичности Джохансена – для болтов 25%. Более того, согласно<sup>15</sup>, расчет нагельных соединений древесины с древесиной можно было вести без учета эффекта нити при условии, что характеристическое значение несущей способности нагеля при выдергивании  $F_{ax,Rk}$  не определено. Данные положения не были включены в СП 5.05.01-2021.

**Методика расчета симметричных двухсрезных соединений на нагелях по зарубежным нормам.** В последнем нормативном документе по проектированию деревянных конструкций в Украине ДБН В.2.6-161:2017<sup>16</sup>, который фактически содержит положения нормативных документов ТКП EN 1995-1-1-2009 и СП 5.05.01-2021, формулы для расчета значения несущей способности  $F_{v,Rk}$  для одного среза нагеля аналогичны формулам (1) и (2).

Расчетное значение несущей способности  $R_d$  для одного среза нагеля в двухсрезном соединении деревянных элементов по польским нормам PN-B-03150:2000<sup>17</sup> определяют по формулам:

$$R_d = \min \begin{cases} f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d, & (a) \\ 0,5 f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta, & (б) \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right], & (в) \quad (3) \\ 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d}, & (г) \end{cases}$$

где  $f_{h,i,d}$  – расчетное значение сопротивления древесины  $i$ -го элемента соединения вдавливанию нагеля плашмя по направлению волокон и определяемое по формуле:  $f_{h,i,d} = k_{mod,i} \cdot f_{h,i,k} / \gamma_M$ ;

здесь  $k_{mod,i}$  – коэффициент модификации<sup>18</sup>;

$f_{h,i,k}$  – характеристическое значение сопротивления древесины  $i$ -го элемента сопротивления вдавливанию нагеля плашмя по направлению волокон;

$\gamma_M$  – частный коэффициент свойств материалов<sup>19</sup>;

$t_1$  – толщина крайнего элемента;

$t_2$  – толщина среднего элемента;

$d$  – диаметр нагеля;

$\beta$  – коэффициент, определяемый по формуле:  $\beta = f_{h,2,d} / f_{h,1,d}$ ;

$M_{y,d}$  – расчетное значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении нагеля, определяемое по формуле:  $M_{y,d} = M_{y,Rk} / \gamma_M$ ;

здесь  $M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6}$  – характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении нагеля;

$f_{u,k}$  – характеристическое значение прочности материала нагеля при его растяжении.

Анализ нормативно-технической литературы, изданной в Чехии, показывает, что при расчете соединений древесины на нагелях используется методика как Еврокода 5 [5], так и немецких норм DIN 1052:2004 [6]. При определении расчетного значения несущей способности для одного среза нагеля в соединении [5] используют формулу:

$$R = \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_y \cdot f_{h,1} \cdot d}, \quad (4)$$

где  $M_y = M_{y,k} / \gamma_M$ ,  $f_{h,1} = f_{h,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M$ .

В Китае [7] при расчете соединений деревянных элементов на нагелях используют положения Еврокода 5 – формулы (3).

Литовские нормы STR 2.05.07:2005<sup>20</sup> включают положения Еврокода 5 в части общих указаний по проектированию деревянных конструкций, механических свойств древесины и плитных материалов на ее основе. Остальные положения по проектированию, в том числе и соединений деревянных элементов на нагелях, фактически повторяют СНиП II-25-80 и СП 64.13330.2011<sup>21</sup>.

**Сравнительный анализ отечественных и зарубежных норм.** Нормы по проектированию деревянных конструкций, действующие в Республике Беларусь и в странах ближнего и дальнего зарубежья, за исключением литовских норм приведены в соответствии с нормами Европейского Союза. На основе научных исследований и опыта

<sup>15</sup> См. сноску 5, п. 8.2.2.

<sup>16</sup> Дерев'яні конструкції. Конструкції будинків і споруд : ДБН В.2.6-161:2017. – Введ. 01.02.18. – Київ : М-во регіонального розвитку, буд-ва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 111 с.

<sup>17</sup> Konstrukcje drewniane – Obliczenia statyczne i projektowanie : PN-B-03150-2000. – 47 s.

<sup>18</sup> См. сноску 17, таблица 3.2.5.

<sup>19</sup> См. сноску 17, таблица 3.2.2.

<sup>20</sup> Medinių konstrukcijų projektavimas : STR 2.05.07:2005. – 2005 m. vasario 10 d. – Vilnius : Lietuvos Respublikos aplinkos ministro, 2005. – 48 p.

<sup>21</sup> Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 : СП 64.13330.2011. – Введ. 05.20.10. – М. : Минрегион России, 2010. – 86 с.

строительства, в процессе внедрения Еврокода 5, были разработаны национальные приложения, которые отличаются от положений по проектированию, рекомендуемых Еврокодом. Так, только в нормы Беларуси и Украины при расчете соединений деревянных элементов на нагелях включено второе слагаемое  $F_{ax,Rk}/4$  (формулы (2)), учитывающее эффект нити.

Наблюдается разный подход к назначению величины частного коэффициента свойств материала соединений  $\gamma_M$ . В нормах Беларуси, Украины и Литвы этот коэффициент принят равным 1,3, в Польше, Чехии и Китае – 1,1. Кроме того, в нормах Беларуси, Украины, Китая и Литвы приняты разные величины  $\gamma_M$ : для пиломатериалов – 1,3; для клееной древесины – 1,25; LVL, фанеры, ОСП – 1,2. В Польше и Чехии вышеперечисленные материалы объединены в одну группу, для которой принят коэффициент  $\gamma_M=1,3$ .

Отметим разный подход и к назначению диаметра отверстий в элементах соединений из древесины под цилиндрические нагели (таблица 1).

Таблица 1. – Рекомендуемый сортамент метизов и диаметр отверстий

Показатель \ Страна	Беларусь, Россия	Украина	Польша	Чехия	Литва
Диаметр метизов, мм	8-24	6-24	не менее 10	не менее 6	12-24
Рекомендуемый диаметр, мм	$d_n$	$d_n+1$ мм <sup>1)</sup> $d_n+0,1$ мм <sup>2)</sup>	$0,97d_n$	$d_n+0,1$ мм	$d_n$

Примечание.  $d_n$  – диаметр цилиндрического стержня или болта; <sup>1)</sup> – для болтов; <sup>2)</sup> – для стержней.

Специалисты из лаборатории лесных продуктов США<sup>22</sup> утверждают, что на несущую способность и деформативность нагельных соединений влияет качество стенок отверстий в деревянных элементах: скорость подачи сверла и скорость его вращения должны быть такими, чтобы сверло резало, а не разрывало волокна.

Заслуживают внимания справочные материалы к нормам Украины, в которых приведены классы стали для нагелей и классы прочности для болтов, а также соответствующие им величины характеристических значений прочности материала на растяжение.

**Сравнение результатов расчета по разным нормам.** В качестве примера расчета на цилиндрических нагелях рассмотрим расчет растянутого стыка деревянной фермы с применением двухсторонних деревянных накладок (рисунки 1). Исходные данные для расчета приняты по данным примера 5.3 [4]. Результаты расчета по нормам Республики Беларусь, Украины, Польши, Чехии, Китая и Литвы представлены в таблице 2.

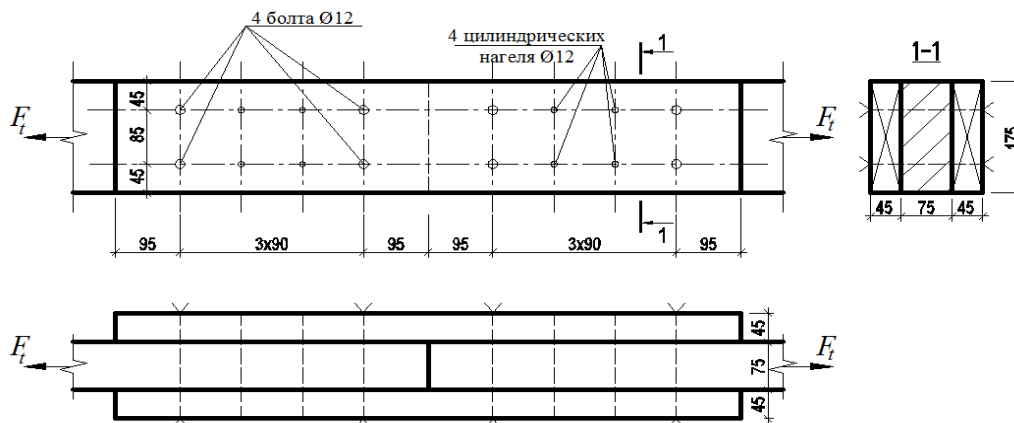


Рисунок 1. – Растянутый стык деревянной фермы [4]

Таблица 2. – Результаты расчета стыка нижнего пояса фермы

Нормативный документ	Значение несущей способности для одного среза нагеля, Н		Число нагелей, $n_{ef}$
	1	2	
PN-B-03150:2000, 木结构 [7]		$R_d = 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \left[ \sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] =$ $= 1,1 \frac{13,71 \cdot 45 \cdot 12}{2+1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1(1+1) + \frac{4 \cdot 1(1+2 \cdot 1) \cdot 49218}{13,71 \cdot 12 \cdot 45^2}} - 1 \right] = 3808$	$\frac{12,8}{16}$
		$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} = 1,1 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1+1}} \sqrt{2 \cdot 49218 \cdot 13,71 \cdot 12} = 4427$	

<sup>22</sup> Справочное руководство по древесине / Лаборатория лесных продуктов США ; пер. с англ. Я. П. Горелика и Т.В. Михайловой ; под ред. С.Н. Горшина [и др.]. – М. : Лесн. пром-сть, 1979. – 544 с.

Окончание таблицы 2

1	2	3
ČSN 73 1702:2007 <sup>23</sup>	$R_k = \sqrt{2M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 54140 \cdot 27,42 \cdot 12} = 5969$ $R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} = \frac{0,55 \cdot 5969}{1,1} = 2985$	$\frac{16,3}{20}$
СП 5.05.01-2021, ДБН В.2.6-161:2017	$F_{v,Rk} = 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \left[ \sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$ $= 1,05 \frac{27,42 \cdot 45 \cdot 12}{2+1} \left[ \sqrt{2 \cdot 1 \cdot (1+1) + \frac{4 \cdot 1 \cdot (2+1) \cdot 54140}{27,42 \cdot 12 \cdot 45^2}} - 1 \right] + \frac{1561}{4} = 6764$ $F_{v,Rd} = \frac{0,55 \cdot 6764}{1,3} = \mathbf{2862}$ $F_{v,Rk} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1+1}} \sqrt{2 \cdot 54140 \cdot 27,42 \cdot 12} + \frac{1561}{4} = 7254$ $F_{v,Rd} = \frac{0,55 \cdot 7254}{1,3} = 3000$	$\frac{17}{20}$
STR 2.05.07:2005	$R_{j,d} = (1,8d^2 + 0,02t_1^2) \sqrt{k} = (1,8 \cdot 1,2^2 + 0,02 \cdot 4,5^2) \sqrt{0,85 \cdot 10^3} = \mathbf{2763}$ $R_{j,d} = 2,5d^2 \sqrt{k} = 2,5 \cdot 1,2^2 \sqrt{0,85 \cdot 10^3} = 3312$	$\frac{17,57}{20}$

*Примечание.*

1. В приведенных выражениях сохранены обозначения соответствующих нормативных документов.
2.  $F_{ax,Rk}$  – характеристическое значение несущей способности цилиндрического стержня при выдергивании из элемента соединения определено в соответствии с правилами 9.4<sup>24</sup> как для гладких гвоздей.
3.  $k=0,85$  – коэффициент, учитывающий класс эксплуатации 3<sup>25</sup>.
4. В числителе приведено расчетное число нагелей, в знаменателе – принятое число нагелей.
5. Выделено минимальное значение несущей способности для одного среза нагеля.

Анализ результатов расчета соединений древесины на цилиндрических нагелях показывает, что величина второго слагаемого  $F_{ax,Rk}/4$ , учитывающего эффект нити, в процентном отношении от несущей способности по теории пластичности Джохансена составляет 6%, что меньше величины 25%<sup>26</sup>. Очевидно, что второе слагаемое  $F_{ax,Rk}/4$ , в запас прочности можно исключить из выражений (2). Тем более, что при конструировании стыка часть цилиндрических нагелей (в пределах 25–40%) необходимо заменить стяжными болтами с круглыми или квадратными шайбами.

**Заключение.** По результатам сравнительного анализа методики расчета соединений деревянных элементов на нагелях по отечественным и зарубежным нормам можно сделать следующие выводы:

1. Отечественные и зарубежные нормы, гармонизированные с Еврокодом 5, учитывают большее число параметров соединений деревянных элементов на нагелях, влияющих на величину расчетного значения несущей способности для одного среза нагеля.
2. Введение национальных приложений (со значениями параметров, установленных национальными органами стандартизации), отличающихся от положений Еврокода 5<sup>27</sup>, влияет на результаты расчета соединений деревянных элементов на нагелях – расхождение результатов расчета, например, по польским нормам PN-B-03150-2000 и СП 5.05.01-2021 составляет 27,5%.
3. Учитывая, что отечественные нормы по проектированию деревянных конструкций, гармонизированные с Еврокодом 5, создают предпосылки для использования мировых достижений строительной науки и дают шанс для качественных изменений в строительстве, необходимо ускорить работы по обеспечению проектировщиков нормативно-методической литературой, переработать учебники и пособия для расчета конструкций из древесины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Найчук, А.Я. Ограждающие конструкции покрытий зданий из древесины и плитных материалов на ее основе / А.Я. Найчук, И.Ф. Захаркевич ; под ред. А.Я. Найчука, И.Ф. Захаркевича. – Брест : БрГТУ, 2021. – 67 с.
2. Найчук, А.Я. Арки из древесины и материалов на ее основе / А.Я. Найчук, И.Ф. Захаркевич, А.Б. Шурина ; под ред. А.Я. Найчука, И.Ф. Захаркевича, А.Б. Шурина. – Брест : БрГТУ, 2022. – 68 с.

<sup>23</sup> Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Obecná pravidla pro pozemní stavby : ČSN 73 1702:2007. – Zav.11.2007. – Praha : Český normalizační institut, 2007. – 173 s.

<sup>24</sup> См. сноску 8.

<sup>25</sup> См. сноску 20, п. 8.8.2.

<sup>26</sup> См. сноску 5.

<sup>27</sup> См. сноску 6.

3. Найчук, А.Я. Рамы из древесины и материалов на ее основе / А.Я. Найчук, И.Ф. Захаркевич, А.Б. Шурина ; под ред. А.Я. Найчука, И.Ф. Захаркевича, А.Б. Шурина. – Брест : БрГТУ, 2022. – 68 с.
4. Kotwica, J. Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym / J. Kotwica. – Warszawa : Arkady, 2004. – 357 s.
5. Krämer, V. Dřevěné konstrukce. Příklady a řešení podle ČSN 73 1702. Modifikovaný překlad 2. Vydání publikace Für den Holsbau-Aufgaben und Lösungen nach DIN 1052 / V. Krämer. – Praha : ČKAIT, 2009. – 316 s.
6. Blass, H.J. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí. Obecha pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Komentář k ČSN 73 1702:2007. Modifikovaný překlad vesvětlivek k německé normě DIN 1052:2004 / H.J. Blass, J. Ehlbeck, H. Kreuzinger, G. Steck. – Praha : ČKAIT, 2008. – 226 s.
7. 成茂王永伟, 木结构 / 成茂王永伟 ; 安景龙主编. – 2009. – 229 s.

## REFERENCES

1. Naichuk, A.Y. & Zakharkevich, I.F. (2021). *Ograzhdayushchie konstruksii pokrytii zdanii iz drevesiny i plitnykh materialov na ee osnove*. Brest: BrGTU. (In Russ.).
2. Naichuk, A.Y., Zakharkevich, I.F., & Shurin, A.B. (2022). *Arki iz drevesiny i materialov na ee osnove*. Brest: BrGTU. (In Russ.).
3. Naichuk, A.Y., Zakharkevich, I.F., & Shurin, A.B. (2022). *Ramy iz drevesiny i materialov na ee osnove*. Brest: BrGTU. (In Russ.).
4. Kotwitsa, J. (2004). *Wooden structures in traditional construction*. Warsaw: Arkady. (In Polish).
5. Kramer, V. (2009). *Wooden structures. Examples and solutions according to ČSN 73 1702. Modified translation 2. Issue of the publication Für den Holsbau-Aufgaben und Lösungen Nach DIN 1052*. Prague: ČKAIT. (In Czech).
6. Blass, H., Ehlbeck, J., Kreuzinger, H., & Steck, G. (2008). *Design, Calculation and assessment of wooden building structures. Obecha rules and rules for land construction. Commentary to ČSN 73 1702:2007. Modified translation of the German standard DIN 1052:2004*. Prague: ČKAIT. (In Czech).
7. Chengmao Wang Yongwei (2009). *Wooden Structure*. Tokyo: Chengmao Wang Yunwei. (In Chinese).

Поступила 12.10.2022

**COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN STANDARDS  
FOR THE CALCULATION OF JOINTS OF WOODEN ELEMENTS OF THE NAGEL TYPE**

**V. ZHYK, E. MATWEENKO**  
(*Brest State Technical University*)

*The article presents the chronology of the development of regulatory documentation for the calculation and design of wooden structures in the Republic of Belarus. The analysis of the methodology for calculating symmetrical double-cut joints of wooden elements on metal nagels according to the construction rules of SP 5.05.01-2021 and the norms of foreign countries that have harmonized building codes with the Eurocode 5 standard, taking into account national applications. The differences in the provisions for the calculation of compounds on metal nagels in terms of assigning the value of the partial coefficient of the properties of the compound materials are revealed. A different approach to the assignment of technological parameters in the manufacture of building structures using metal nagels is noted. A comparative calculation of the joint of the lower belt of the truss with double-sided wooden plates on bolts is performed. The calculation results were evaluated according to the construction standards of the Republic of Belarus, China, Poland, Ukraine and Lithuania. It is established that the introduction of national applications established by national standardization bodies affects the results of the calculation of the joints of wooden elements on the nagels.*

**Keywords:** design standards, wooden structures, connection, metal, rod, bolt, bearing capacity.