

## РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ГВОЗДЯХ. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

**В. В. Жук<sup>1</sup>, Е. С. Матвеевко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций  
Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь

<sup>2</sup> Магистр, аспирант кафедры строительных конструкций  
Брестского государственного технического университета, e-mail: Elizabeth.Brenkovich@yandex.by

### Реферат

Проведен анализ методики расчета соединений деревянных элементов на гвоздях по отечественным и зарубежным нормам. Выполнен сравнительный расчет стыка неразрезного прогона по предельным состояниям несущей способности.

**Ключевые слова:** нормы проектирования, древесина, нагельное соединение, гвоздь, несущая способность.

## CALCULATION OF JOINTS OF WOODEN ELEMENTS ON NAILS. DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE

**V. V. Zhyk, E. S. Matweenko**

### Abstract

The analysis of the method for calculating the joints of wooden elements on nails according to domestic and foreign standards was carried out. A comparative calculation of the joint of a continuous run was performed according to the limit states of the bearing capacity.

**Keywords:** design standards, wood, dowel joint, nail, load-bearing capacity.

### Введение

Проектирование деревянных конструкций в Республике Беларусь осуществлялось в соответствии со СНиП II-25-80 [1], введенными в действие с 1 января 1982 года. Данные нормы были разработаны на основе экспериментальных и теоретических работ, выполненных в СССР в 40–70-е годы прошлого столетия. 1 июля 2001 года взамен СНиП II-25-80 были введены в действие нормы Республики Беларусь СНБ 5.05.01-2000 [2]. 1 января 2010 года взамен СНБ 5.05.01-2000 был введен в действие технический кодекс установившейся практики ТКП 45-5.05-146 [3]. Нормативные документы [2, 3] были дополнены новыми положениями в части расчета деревянных конструкций по предельным состояниям (расчетные значения нагрузок, коэффициенты условий работы для учета влажности и класса длительности нагрузки 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 гвоздях, практически не изменялись по сравнению со СНиП II-25-80.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия заводы по производству метизов, кроме обычных гвоздей из стальной проволоки, начали выпускать гвозди с кольцевой и винтовой резьбой, с винтовой резьбой и заершённые, с заершёнными стержнями [4], в том числе из термически упрочненной стали. Проведенные испытания соединений деревянных элементов на профилированных гвоздях при действии кратковременной нагрузки показали, что гвозди с кольцевой и винтовой резьбой, изготовленные из термически обработанных сталей, при сдвиге обладают большей кратковременной несущей способностью в 1.5 раза по сравнению с соединениями на обычных проволочных гвоздях [5].

С целью приведения национальных стандартов и норм проектирования в строительстве в соответствии с международной и европейской практикой в Республике Беларусь с 01.01.2010 года [6, 7], были введены в действие нормы проектирования Европейского Союза, в том числе ТКП EN 1995-1-1-2009 [8], идентичные европейскому стандарту EN 1995-1-1:2004+A1 [9].

В настоящее время проектирование деревянных конструкций осуществляется в соответствии со строительными правилами

СП 5.05.01-2021 [10], введенными в действие с 1 июня 2021 года. С выходом СП 5.05.01-2021 действующий в Республике Беларусь ТКП 45-5.05-146 утратил силу.

Внедряя в практику технического регулирования строительной сферы европейские подходы, Минстройархитектуры столкнулось с трудностями: не успевают создаваться испытательные центры и лаборатории, отсутствуют практические пособия для расчета конструкций по еврокодам, имеют место ошибки в оригиналах еврокодов [6].

Вступая в Евросоюз, новые члены, например, как Польша, Чехия, Литва, Латвия взяли обязательства ввести Еврокоды на территории своих стран. И они в течение последних лет постепенно их внедряют в практику. Так, в соседней Польше до 2010 года одновременно действовали национальный стандарт PN-B [11] и польская версия Еврокодов PN-EN, в Чехии – ČSN [12] и ČSN P ENV. Такой «мягкий» переход к Еврокоду 5 позволил нашим соседям разработать национальные приложения (со значениями параметров, установленных национальными органами стандартизации), обеспечить проектировщиков нормативно-методической литературой, переиздать учебники и пособия для расчета конструкций из древесины [13–16].

Определенная работа в части обеспечения проектировщиков нормативной литературой проводится и в Республике Беларусь. В 2013 был введен в действие кодекс установившейся практики ТКП 45-5.05-175-2012 [17], установивший правила расчета деревянных конструкций при проектировании в соответствии с ТКП EN 1995-1-1. После ввода в действие строительных правил СП 5.05.01-2021 с целью обеспечения студентов учебно-методической литературой в Брестском государственном техническом университете изданы методические указания по расчету ограждающих и несущих конструкций покрытия [18–20].

Авторами предпринята попытка сравнить методики расчета соединений элементов из древесины на гладких с круглым поперечным сечением гвоздях, работающих на сдвиг по отечественным [8, 10] и зарубежным нормам [9, 11, 12, 21–23], разработанным на основе Еврокода 5 [9], со значениями параметров, установленных национальными органами стандартизации.

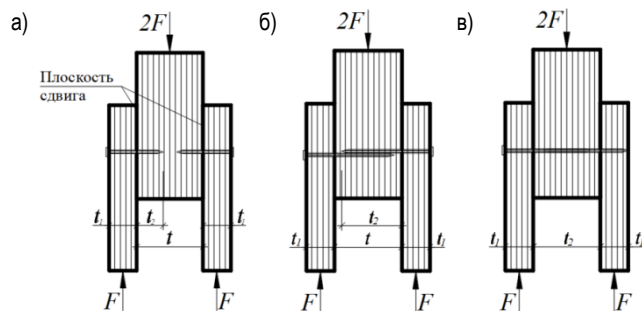
**Методика расчета соединений нагельного типа по отечественным нормам**

Несущая способность  $F_{V,ef,Rd}$  однорядного соединения с одной плоскостью сдвига (рисунок 1а, б) и расположением нагелей по направлению волокон определяют по формуле

$$F_{V,ef,Rd} = F_{V,Rd} \cdot n_{ef}, \quad (1)$$

где  $F_{V,Rd}$  – расчетное значение несущей способности для одного среза нагеля в ряду соединения;

$n_{ef}$  – расчетное число нагелей в ряду, параллельном направлению волокон.



а) и б) – примеры соединений с одной плоскостью сдвига;  
в) – пример с двумя плоскостями сдвига

**Рисунок 1** – Схемы соединений элементов на нагелях

Расчетное значение несущей способности  $F_{V,Rd}$  для одного среза нагеля в соединении определяют по формуле

$$F_{V,Rd} = K_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M}, \quad (2)$$

где  $K_{mod}$  – коэффициент модификации (таблица 5.4 [10]);

$F_{v,Rk}$  – характеристическое значение несущей способности для одного среза нагеля в соединении, рассчитываемое по формулам таблицы 9.1 [10];

$\gamma_M$  – частный коэффициент свойств материалов и изделий (таблица 5.6 [10]).

Согласно [8, 10] минимальное характеристическое значение несущей способности для каждой из плоскостей сдвига на один элемент (гвоздь) в соединениях древесины с древесиной определяется из выражений:

– для односрезовых соединений:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d, & (a) \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d, & (б) \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right], & (в) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}, & (г) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}, & (д) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}. & (е) \end{cases} \quad (3)$$

– для двухсрезовых соединений:

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

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

$f_{h,k} = 0,082\rho_k d^{0,3}$  – для соединений с использованием гвоздей диаметром до 8 мм без предварительного сверления отверстий;

$f_{h,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$  – для соединения с использованием гвоздей диаметром до 8 мм с предварительным сверлением отверстий; здесь  $\rho_k$  – характеристическое значение плотности древесины, кг/м<sup>3</sup> (таблица 6.2 [10]);

$d$  – диаметр гвоздя, мм;

$t_1$  – толщина элемента, в который забивается гвоздь, если соединение с одной плоскостью сдвига (рисунок 1а, б);

$t_1$  – минимальное значение из толщин элементов с основной частью гвоздя и величины забитой части гвоздя в случае с двумя плоскостями сдвига в соединении (рисунок 1в);

$t_2$  – величина забитой части гвоздя с острием, если соединение с одной плоскостью сдвига (рисунок 1а, б);

$t_2$  – толщина среднего элемента в случае с двумя плоскостями сдвига в соединении (рисунок 1в);

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

$F_{ax,Rk}$  – характеристическое значение несущей способности нагеля при выдергивании из элемента соединения, определяемое в соответствии с правилами 9.4 [10];

$M_{y,Rk}$  – характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении нагеля, определяемое для гладких гвоздей круглого поперечного сечения по формуле  $M_{y,Rk} = 0,3f_u d^{2,6}$ ;

здесь  $f_u$  – прочность материала проволоки гвоздя при растяжении.

Технический кодекс установившейся практики ТКП EN 1995-1-1-2009 [8] и строительные правила СП 5.05.01-2021 [10], по сравнению с методикой расчета по СНиП II-25-80 [1], учитывают большее число параметров, влияющих на величину несущей способности одного среза гвоздя 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); физические характеристики (плотность древесины, технологию установки гвоздей).

Результаты сравнительного анализа расчета [24] узла крепления элемента решетки к нижнему поясу фермы из досок (пример 5.1 [13]) по ТКП EN 1995-1-1-2009 [8] и СНиП II-25-80 [1] показали, что расчетное значение несущей способности  $F_{V,Rd}$  для одного среза гвоздя в соединении в 1,5 раза выше соответственно, что, в свою очередь, позволяет уменьшить число крепежных изделий.

Отметим, что в выражениях (3) и (4) второе слагаемое  $F_{ax,Rk}/4$ , учитывающее эффект нити, согласно ТКП EN 1995-1-1-2009 [8] ограничивалось по величине в процентном отношении от несущей способности по теории пластичности Джохансена – для гладких гвоздей 15 %. Более того, согласно п. 8.2.2 [8], 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 [10].

**Методика расчета соединений нагельного типа по зарубежным нормам**

В последнем нормативном документе по проектированию деревянных конструкций в Украине ДБН В.2.6-161:2017 [21], который фактически содержит положения нормативных документов ТКП EN 1995-1-1-2009 [8] и СП 5.05.01-2021 [10], формулы для расчета

значения несущей способности  $F_{v,Rk}$  для одного среза нагеля аналогичны формулам (2), (3) и (4).

Расчетное значение несущей способности  $R_d$  для одного среза нагеля в соединениях деревянных элементов по польским нормам PN-B-03150:2000 [11] определяют по формулам:

– для односрезовых соединений:

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

– для двухсрезовых соединений:

$$R_d = (\min.) \begin{cases} f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d, & (a) \\ 0,5 f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta, & (b) \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right], & (b) \quad (6) \\ 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d}, & (r) \end{cases}$$

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 (таблица 3.2.5 [11]);

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

$\gamma_M$  – частный коэффициент свойств материалов (таблица 3.2.2 [11]);

$t_1$  – толщина элемента, в который забивается гвоздь, если соединение с одной плоскостью сдвига (рисунок 1а, б);

$t_1$  – минимальное значение из толщин элементов с основной частью гвоздя и величины забитой части гвоздя в случае с двумя плоскостями сдвига в соединении (рисунок 1в);

$t_2$  – величина забитой части гвоздя без острия за вычетом зазора между соединяемыми элементами, если соединение с одной плоскостью сдвига (рисунок 1а, б);

$t_2$  – толщина среднего элемента в случае с двумя плоскостями сдвига в соединении (рисунок 1в);

$d$  – диаметр гвоздя;

$\beta$  – 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  $M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_M$ ;

здесь  $M_{y,Rk} = 0,3f_u d^{2,6}$  – характеристическое значение момента, вызывающего образование пластического шарнира в поперечном сечении гладкого гвоздя круглого поперечного сечения;

$f_u$  – прочность материала проволоки гвоздя при растяжении.

Анализ нормативно-технической литературы, изданной в Чехии, показывает, что при расчете соединений древесины на гвоздях используется методика как в Еврокоде 5 [9], так и методика немецких

норм DIN 1052:2004 [14, 15]. При определении расчетного значения несущей способности для одного среза нагеля в соединении [14] используют формулу

$$R = \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_y \cdot f_{h,d} \cdot d}, \quad (7)$$

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

При конструировании соединений деревянных элементов на гвоздях предполагают, что в соединении раньше наступит нелинейное разрушение при изгибе нагеля. Такой подход позволяет значительно сократить время расчета – вместо шести формул Еврокода 5 использовать одну.

В Китае при расчете соединений деревянных элементов на гвоздях используют положения Еврокода 5 [9] – формулы (5) и (6).

Литовские нормы STR 2.05.07:2005 [22] включают положения Еврокода 5 в части общих указаний по проектированию деревянных конструкций и механических свойств древесины и плитных материалов на ее основе. Остальные положения по проектированию, в том числе и соединений деревянных элементов на гвоздях, фактически повторяют СНиП II-25-80 и СП 64.13330.2011 [26].

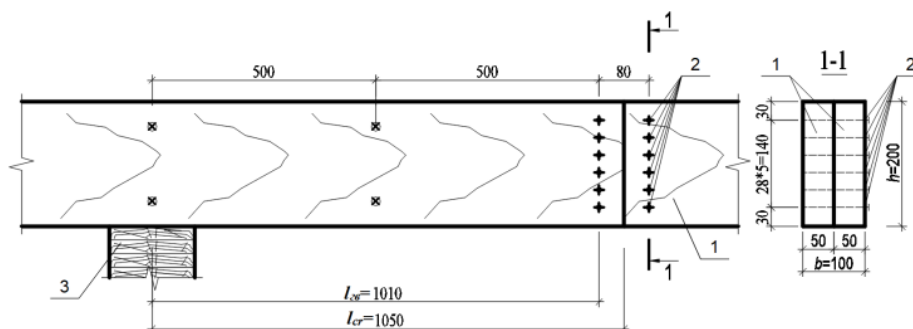
### Анализ результатов расчета по разным нормам

Нормы по проектированию деревянных конструкций, действующие в Республике Беларусь и странах ближнего и дальнего зарубежья, за исключением литовских норм, приведены в соответствии с нормами Европейского Союза. На основе научных исследований и опыта 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 гвоздях, включено второе слагаемое  $F_{ax,Rk}/4$  (формулы (3) и (4)), учитывающее эффект нити. В практических расчетах при конструировании, например, стыков спаренных прогонов [14] или расчете элементов крепления обшивок к деревянному каркасу стеновых панелей [25], когда сопротивление стержня гвоздя непосредственному выдергиванию из древесины является доминирующим в работе соединений, определяют расчетное значение нагеля при выдергивании  $F_{ax,Rd}$ .

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 определению величины забитой части гвоздя ( $t_2$ ). В польских нормах при определении величины  $t_2$  не учитывают острей гвоздя ( $1,5d$ ) и зазоры между соединяемыми элементами (1 мм на зазор). Это положение заложено в литовские нормы с той лишь разницей, что величина зазора принимается равной 2 мм.

В качестве примера конструирования деревянных элементов на гвоздях рассмотрим расчет стыка спаренного прогона (рисунок 2) по предельным состояниям несущей способности. Исходные данные для расчета приняты по данным примера 4 [18]. Результаты расчета по нормам Республики Беларусь, Польши, Чехии, Китая и Литвы представлены в таблице 1.



1 – доски сечением 50x200 мм; 2 – гвозди Ø4 мм, l = 100 мм; 3 – несущая конструкция

Рисунок 2 – Стык неразрезного прогона

Таблица 1 – Результаты расчета стыка прогона

Нормативный документ	Минимальная величина значения несущей способности для одного среза гвоздя, Н	Число гвоздей, $n_{ef}$
СП 5.05.01-2021 [10], ДБН В.2.6-161:2017 [21]	$F_{v,Rk} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{n,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} =$ $= 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1+1}} \sqrt{2 \cdot 6616 \cdot 20 \cdot 4} + \frac{546}{4} =$ $= 1319 \text{ Н},$ $F_{v,Rd} = \frac{0,8 \cdot 1319}{1,3} = 811,6 \text{ Н}$	$\frac{5,39}{6}$
PN-B-03150:2000 [11], 木结构 [23]	$R_d = 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,d} \cdot f_{n,1,d} \cdot d} =$ $= 1,1 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1+1}} \sqrt{2 \cdot 6615 \cdot 15,4 \cdot 4} = 860,8 \text{ Н}$	$\frac{5,29}{6}$
ČSN 73 1702:2007 [12]	$R_k = \sqrt{2M_{y,k} \cdot f_{n,1,k} \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 6016 \cdot 20 \cdot 4} = 1029 \text{ Н},$ $R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 1029}{1,1} = 748,4 \text{ Н}$	$\frac{6,08}{7}$
STR 2.05.07:2005 [22]	$R_{1,d} = (2,5d^2 + 0,01t_1^2) \sqrt{k} =$ $= (2,5 \cdot 0,4^2 + 0,01 \cdot 4,2^2) \sqrt{0,9} \cdot 10^3 = 546,8 \text{ Н}$	$\frac{8,3}{9}$
<p>Примечание :</p> <p>1. <math>M_{y,d} = \frac{M_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{6616}{1,1} = 6015 \text{ Н} \cdot \text{мм};</math></p> <p>2. <math>f_{n,1,d} = \frac{f_{n,1,k}}{\gamma_M} = \frac{20}{1,3} = 15,4 \text{ Н/мм}^2;</math></p> <p>3. <math>t_1 = t_2 - 1,5d - 2\text{мм} = 50 - 1,5 \cdot 4 - 2 = 42 \text{ мм};</math></p> <p>4. <math>k=0,9</math> – коэффициент, учитывающий класс эксплуатации 2 (п. 8.8.2 [22])</p>		

### Заключение

По результатам сравнительного анализа методики расчета соединений деревянных элементов на гвоздях 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 гвоздях, влияющих на величину расчетного значения несущей способности для одного среза нагеля, что позволяет в 1,5 раза увеличить  $F_{v,Rd}$ , по сравнению с расчетами по российским нормам [26], а это, в свою очередь, позволяет снизить расход металла на крепежные детали и расход древесины на накладки из условия конструирования нагельного соединения. Более того, разработанные нормы расширяют область применения методики расчета соединений деревянных элементов: можно рассчитывать соединения на квадратных гвоздях, гвоздях с кольцевой и винтовой резьбой, в том числе из термически упрочненной стали.
2. Введение национальных приложений (со значениями параметров, установленных национальными органами стандартизации), отличающихся от положений Еврокода 5 [9], незначительно влияют

на результаты расчета соединений деревянных элементов на гвоздях: расхождение результатов расчета по СП 5.05.01-2021 и ČSN 73 1702 составляет 12,8 %.

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 форсировать работы по обеспечению проектировщиков нормативно-методической литературой, переработать учебники и пособия для расчета конструкций из дерева.

### Список цитированных источников

1. Деревянные конструкции. Нормы проектирования : СНиП II-25-80. – Введ. 01.01.1982. – Москва : Стройиздат, 1983. – 31 с.
2. Деревянные конструкции : СНБ 5.05.01-2000. – Введ. 01.07.2001. – Минск : Минстройархитектуры, 2001. – 70 с.
3. Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.05-146-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Министерство арх. и ст-ва Респ. Беларусь, 2009. – 63 с.

4. Справочное руководство по древесине Лаборатория лесных продуктов США : пер. с англ. / под ред. С. Н. Горшина и [др.]. – Москва : Лесн. пром-сть, 1979. – 544 с.
5. Жук, В. В. Исследование соединений деревянных элементов на профилированных гвоздях при действии кратковременных нагрузок / В. В. Жук, Н. В. Замойская, К. М. Куиш // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – № 1(25) : Строительство и архитектура. – С. 213–214.
6. Лешкевич, Ю. Жизнь по Еврокодам / Ю. Лешкевич // Мастерская. Современное строительство. – 2010. – № 2. – С. 77–79.
7. Лишай, И. Л. Совершенствование системы технического нормирования и стандартизации в области строительства. Основные итоги и перспективы / И. Л. Лишай // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2011. – № 6. – С. 60–61.
8. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкции. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1995-1-1:2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Министерство арх. и ст-ва Респ. Беларусь, 2010. – 98 с.
9. Eurocod 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings6: EN 1995-1-1:2004+A1 : 2004. – Brussel: European Committee for standardization, Introduced 16 April 2004. – 121 p.
10. Деревянные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь : СП 5.05.01-2021. – Введ. 01.06.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 115 с.
11. PN-B-03150-2000. Konstrukcje drewniane – Obliczenia statyczne i projektowanie.
12. ČSN 73 1702:2007. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Obecná pravidla pro pozemní stavby.
13. Kotwica, J. Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym / J. Kotwica. – Warszawa: Arkady, 2004. – 357 s.
14. 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.
15. Blass, H. J. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí. Obecná 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.
16. Nożyński, W. Konstrukcje budowlane. Przykłady obliczeń konstrukcji budowlanych z drewna / W. Nożyński. – Wydanie drugie zmienione. – Warszawa : WSiP, Akcyjra, 2000. – 359 s.
17. Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Правила расчета : ТКП 45-5.05-275-2012 (02250). – Введ. 01.06.2013. – Минск : Минстройархитектуры, 2013. – 111 с.
18. 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 : Издательство БрГТУ, 2021. – 67 с.
19. Арки из древесины и материалов на ее основе / А. Я. Найчук, И. Ф. Захаркевич, А. Б. Шурин; под ред. А. Я. Найчука, И. Ф. Захаркевича, А. Б. Шурина. – Брест : Издательство БрГТУ, 2022. – 68 с.
20. Рамы из древесины и материалы на ее основе / А. Я. Найчук, И. Ф. Захаркевич, А. Б. Шурин; под ред. А. Я. Найчука, И. Ф. Захаркевича, А. Б. Шурина. – Брест : Издательство БрГТУ, 2022. – 68 с.
21. Дерев'яні конструкції. Конструкції будинків і споруд : ДБН В.2.6-161:2017. – Введ. 01.02.2018. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 111 с.
22. Medinių konstrukcijų projektavimas : STR 2.05.07:2005.
23. 成茂王永伟, 木结构 / 成茂王永伟; 安景龙主编. – 2009. – 229 s.
24. Жук, В. В. К вопросу оценки несущей способности соединений деревянных элементов на гвоздях / В. В. Жук // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений / редкол.: С.И. Меркулов (отв. ред.) и [др.] : Курск : гос. ун-т – Курск : 2011. – С. 79-88.
25. Navrhování stěnových panelů podle ČSN 73 1702.
26. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 : СП 64.13330.2011. Введ. 05.20.2010. – Москва : Минрегион России, 2010. – 86 с.
3. Tehniceskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Derevyannye konstrukcii. Stroitel'nye normy proektirovaniya : TKP 45-5.05-146-2009. – Vved. 01.01.2010. – Minsk : Ministerstvo arh. i st-va Resp. Belarus', 2009. – 63 s.
4. Spravochnoe rukovodstvo po drevesine Laboratoriya lesnyh produktov SSHA ; per. s angl. / pod red. S. N. Gorshina i [dr.]. – Moskva : lesn. prom-st', 1979. – 544 s.
5. Zhuk, V. V. Issledovanie soedinenij derevyannyh elementov na profilirovannyh gvozdyah pri dejstvii kratkovremennyh nagruzok / V. V. Zhuk, N. V. Zamojskaya, K. M. Kuish // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2004. – № 1(25) : Stroitel'stvo i arhitektura. – S. 213–214.
6. Leshkevich, Yu. Zhizn' po Evrokodam / Yu. Leshkevich // Masterskaya. Sovremennoe stroitel'stvo. – 2010. – № 2. – S. 77–79.
7. Lishaj, I. L. Sovershenstvovanie sistemy tehničeskogo normirovaniya i standartizacii v oblasti stroitel'stva. Osnovnye itogi i perspektivy / I. L. Lishaj // Tehničeskoe normirovanie, standartizaciya i sertifikaciya v stroitel'stve. – 2011. – № 6. – S. 60–61.
8. Tehniceskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Evrokod 5. Proektirovanie derevyannyh konstrukcii. CHast' 1-1. Obshchie pravila i pravila dlya zdaniy : TKP EN 1995-1-1-2009. – Vved. 01.01.2010. – Minsk : Ministerstvo arh. i st-va Resp. Belarus', 2010. – 98 s.
9. Eurocod 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings6: EN 1995-1-1:2004+A1 : 2004. – Brussel: European Committee for standardization, Introduced 16 April 2004. – 121 p.
10. Derevyannye konstrukcii. Stroitel'nye pravila Respubliki Belarus' : SP 5.05.01-2021. – Vved. 01.06.2021. – Minsk : Ministrojarhitektury, 2021. – 115 s.
11. PN-B-03150-2000. Konstrukcje drewniane – Obliczenia statyczne i projektowanie.
12. ČSN 73 1702:2007. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Obecná pravidla pro pozemní stavby.
13. Kotwica, J. Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym / J. Kotwica. – Warszawa: Arkady, 2004. – 357 s.
14. 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.
15. Blass, H. J. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí. Obecná 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.
16. Nożyński, W. Konstrukcje budowlane. Przykłady obliczeń konstrukcji budowlanych z drewna / W. Nożyński. – Wydanie drugie zmienione. – Warszawa : WSiP, Akcyjra, 2000. – 359 s.
17. Tehniceskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Derevyannye konstrukcii. Pravila rascheta : TKP 45-5.05-275-2012 (02250). – Vved. 01.06.2013. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2013. – 111 s.
18. Ograzhdayushchie konstrukcii pokrytij zdaniy iz drevesiny i plitnyh materialov na ee osnove / A. Ya. Najchuk, I. F. Zaharkevich ; pod red. A. Ya. Najchuka, I. F. Zaharkevicha. – Brest : Izdatel'stvo BrGTU, 2021. – 67 s.
19. Arki iz drevesiny i materialov na ee osnove / A. Ya. Najchuk, I. F. Zaharkevich, A. B. SHurin; pod red. A. Ya. Najchuka, I. F. Zaharkevicha, A. B. SHurina. – Brest : Izdatel'stvo BrGTU, 2022. – 68 s.
20. Ramy iz drevesiny i materialy na ee osnove / A. Ya. Najchuk, I. F. Zaharkevich, A. B. Shurin; pod red. A. Ya. Najchuka, I. F. Zaharkevicha, A. B. Shurina. – Brest : Izdatel'stvo BrGTU, 2022. – 68 s.
21. Derevyani konstrukcii. Konstrukcii budinkiv i sporud : DBN V.2.6-161:2017. – Vved. 01.02.2018. – Kiiv : Ministerstvo regional'nogo rozvittku, budivnictva ta zhitlovo-komunal'nogo gospodarstva Ukraini, 2017. – 111 s.
22. Medinių konstrukcijų projektavimas : STR 2.05.07:2005.
23. 成茂王永伟, 木结构 / 成茂王永伟; 安景龙主编. – 2009. – 229 s.
24. Zhuk, V. V. K voprosu ocenki nesushchej sposobnosti soedinenij derevyannyh elementov na gvozdyah / V. V. Zhuk // Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya: materialy mezhdunarodnyh akademicheskikh chtenij / redkol.: S.I. Merkulov (otv. red.) i [dr.] : Kursk : gos. un-t – Kursk : 2011. – S. 79-88.
25. Navrhování stěnových panelů podle ČSN 73 1702.
26. Derevyannye konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNIP II-25-80: SP 64.13330.2011. Vved. 05.20.2010. – Moskva : Minregion Rossii, 2010. – 86 s.

#### References

1. Derevyannye konstrukcii. Normy proektirovaniya : SNiP II-25-80. – Vved. 01.01.1982. – Moskva : Strojizdat, 1983. – 31 s.
2. Derevyannye konstrukcii : SNB 5.05.01-2000. – Vved. 01.07.2001. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2001. – 70 s.

Материал поступил в редакцию 01.07.2022