

УДК. 624.078

**Особенности определения несущей способности соединений  
на стальных цилиндрических нагелях по национальным  
и зарубежным нормативным документам**

Самсонова Д.В., Серенкова А.П.  
(Научные руководители – Фомичев В.Ф., Ильючик В.В.)  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В работе рассмотрены основные положения определения несущей способности нагельного соединения по национальному нормативному документу ТКП 45-5.05-146-2009 (02250), действующему на альтернативной основе ТКП EN 1995-1-1-2009 (02250), идентичного Европейским нормам – EN 1995-1-1, и СНиП II-25-80.

В выше перечисленных нормативных документах существуют различия в определении механических характеристик материалов, различия в делении на классы условия эксплуатации и в классификации нагрузок.

Выполнены расчеты растянутого деревянного стыка на стальных цилиндрических нагелях по трем методикам.

Исходные данные, принятые в расчетах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№ п/п	Наименование документа	Продольное растягивающее усилие (кН)	Материал	Вид нагрузки	Класс условия эксплуатации	Стальной нагель
1	СНиП II-25-80	120	Сосна 1-й сорт	постоянная	A1	C38/23, d = 16 мм
2	ТКП 45-5.05-146-2009	120	Сосна 1-й сорт	постоянная	1-ый	d = 16 мм
3	ТКП EN 1995-1-1-2009	120	C27	постоянная	1-ый	Класс прочности 4,6, d = 16 мм

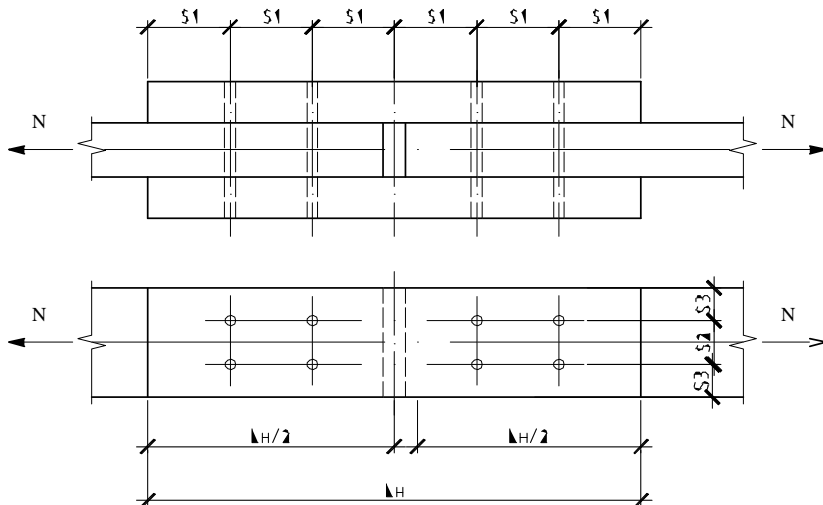


Рисунок 1 – Стык на стальных нагелях

В соответствии с нормативным документом Республики Беларусь ТКП 45-5.05-146-2009 расчетную несущую способность одного среза нагеля в симметричных соединениях (кН) принимают как наименьшее из найденных значений:

1. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия древесины крайних элементов:

$$R_{1d} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot k_\alpha,$$

где  $f_{h,1,k}$  – расчетное сопротивление древесины смятию в глухом нагельном гнезде для крайних элементов (МПа);

$t_1$  – толщина крайних элементов;

$k_\alpha$  – коэффициент, учитывающий угол между направлением усилия по отношению к направлению волокон древесины;

$d$  – диаметр нагеля.

2. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия древесины средних элементов:

$$R_{2d} = f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot k_\alpha,$$

где  $f_{h,2,k}$  – расчетное сопротивление древесины смятию в глухом нагельном гнезде для средних элементов (МПа);

$t_2$  – толщина средних элементов;

3. Расчетная несущая способность одного среза из условия изгиба нагеля:

$$R_{1d} = f_{n,d} \cdot t_1 \cdot d^2 (1 + \beta_n^2) \cdot \sqrt{k_\alpha},$$

где  $\beta_n$  – коэффициент, зависящий от отношения толщины более тонкого элемента к диаметру нагеля.

В соответствии с нормативным документом Российской Федерации СНиП II-25-80. Расчетную несущую способность одного среза нагеля в симметричных соединениях (кН) принимают как наименьшее из найденных значений:

4. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия древесины крайних элементов:

$$T_a = 0,8 \cdot a \cdot d,$$

где  $a$  – толщина крайних элементов (см);

$d$  – диаметр нагеля (см).

5. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия средних элементов:

$$T_c = 0,5 \cdot a \cdot d,$$

где  $c$  – толщина средних элементов (см).

6. Расчетная несущая способность одного среза из условия изгиба нагеля:

$$T_u = 1,8 \cdot d^2 + 0,02 \cdot a^2 \text{ но не более } 2,5 \cdot d^2.$$

Согласно EN 1995-1-1 расчетную несущую способность одного среза нагеля в симметричных соединениях принимают как

наименьшее из найденных значений по приведенным ниже формулам:

7. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия древесины крайних элементов:

$$F_{v,R,k} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d,$$

где  $F_{v,R,k}$  – нормативная несущая способность одного среза нагеля (кН);

$f_{h,1,k}$  – нормативное сопротивление древесины смятию в глухом нагельном гнезде для крайних элементов (МПа);

$t_1$  – толщина крайних элементов.

8. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия смятия древесины средних элементов:

$$F_{v,R,k} = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d,$$

где  $f_{h,2,k}$  – нормативное сопротивление древесины смятию в глухом нагельном гнезде для средних элементов (МПа);

$t_2$  – толщина средних элементов.

9. Расчетная несущая способность одного среза нагеля из условия изгиба нагеля

$$F_{v,R,k} = 1,5 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[ 2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d} - \beta \right] + \frac{F_{ax,R,k}}{4},$$

$$F_{v,R,k} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,R,k}}{4},$$

где  $M_{y,R,k}$  – нормативный момент пластической деформации нагеля, определяемый по формуле:

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6},$$

где  $f_{u,k}$  – нормативное сопротивление растяжению;

$\beta$  – масштабный коэффициент для нормативного сопротивления смятию древесины определяемый по формуле:

$$\beta = \frac{f_{h,1,k}}{f_{h,2,k}};$$

$F_{ax,R,k}$  – нормативное сопротивление связи выдергиванию.

В вышеприведенных формулах первое слагаемое – несущая способность по теории Джохансена, а второе слагаемое, нормативное сопротивление связи выдергиванию ( $\frac{F_{ax,R,k}}{4}$ ) – учет эффекта нити.

Второе слагаемое, учитывающее эффект нити, ограничивается по величине, в процентном отношении от несущей способности по теории Джохансена. Если величина  $F_{ax,R,k}$  не определена, то расчет можно вести без учета эффекта нити. В нагелях эффект нити отсутствует и, следовательно,  $F_{ax,R,k}$  принимается равным нулю.

Выполненные расчеты растянутого деревянного стыка на стальных цилиндрических нагелях по выше рассмотренным документам позволили сформулировать следующие выводы:

1. Размеры поперечных сечений деревянных элементов по EN 1995-1-1 больше на 33%, чем по ТКП 45-5.05-146-2009 и СНиП II-25-80.
2. Требуемое количество нагелей в соединении по EN 1995-1-1 больше на 33%, чем по ТКП 45-5.05-146-2009 и СНиП II-25-80, что приводит к увеличению длины деревянных накладок.
3. Трудоемкость выполнения расчетов растянутого деревянного стыка на стальных цилиндрических нагелях по EN 1995-1-1 в 7-10 раз больше, чем при использовании ТКП 45-5.05-146-2009 и СНиП II-25-80.