

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НАГЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ СТАНДАРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

DETERMINING THE CARRY CAPACITY FOR CONNECTIONS, USING DOWEL-TYPE FASTENERS, ON THE BASIS OF STANDART MATERIAL CHARACTERISTICS

Научный сотрудник Смирнов П.Н. (Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А.Кучеренко).

senior researcher Smirnov P.N., (Moscow, Central Construction Structural Research Institute (TSNIISK)).

Зав.лаб., к.т.н. Погорельцев А.А. (Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А.Кучеренко).

candidate of technical science Pogoreltsev A.A., (Moscow, Central Construction Structural Research Institute (TSNIISK)).

Аннотация

Одной из проблем применения зарубежного крепежа нагельного типа для узловых соединений деревянных конструкций является отсутствие расчетных характеристик, соответствующих Российскими нормами. Предложена методика определения расчетных характеристик крепежа нагельного типа на основании физико-механических свойств материалов.

Ключевые слова: нагельные соединения, несущая способность, предел смятие нагельного гнезда

SUMMARY

The major problem for using dowel-type fasteners, manufactured abroad, for connections of carry wood structures in Russia is the absence of design characteristics, corresponding to Russian construction regulations. We offer the method for determining design characteristics for dowel-type fasteners based upon physical and mechanical properties of materials.

Key words: dowel-type fasteners, carry capacity, embedding strength

В современном строительстве с применением деревянных конструкций актуальной является проблема эффективного решения соединений деревянных элементов, позволяющих при относительно

невысокой стоимости крепежных деталей сократить сроки монтажа конструкции за счет упрощения конструкции узловых сопряжений.

В настоящее время, для решения данной задачи в продаже появилось большое количество соединительных элементов и деталей на их основе различного назначения позволяющие воспринимать большие усилия, в том числе нагельного типа с соединителями большого диаметра. В основном это ввинчиваемые соединители - шурупы и стержни с резьбой по всей длине, например таких европейских фирм как Spax, Несо, Rothoblaas и другие.

При несомненном удобстве использования подобного рода крепежных элементов, возникает вопрос о расчетной несущей способности соединений на их основе. Производитель часто указывает "максимальную" несущую способность соединения с одним или несколькими крепежами, которой невозможно воспользоваться с точки зрения действующих в России норм - СНиП II-25-80. Поэтому чаще всего для сертификации подобного рода крепежа требуется проведение испытаний с целью уточнения расчетных параметров.

Согласно "Рекомендаций по испытанию соединений деревянных конструкций", требуется проведение испытаний образцов соединений деревянных конструкций. Подобного рода экспериментальное исследование является длительным и дорогостоящим, а учитывая большое разнообразие крепежных деталей, для подобного рода исследований потребуется не один год. Следовательно, требуется разработка альтернативной методики, позволяющей с меньшими трудозатратами, определять несущую способность нагельных соединений. Такая методика должна быть основана на стандартных характеристиках материалов используемых в соединении, таких как предел текучести или временное сопротивление материала стального крепежного элемента и предела прочности, плотности и модуля упругости применяемой древесины. Для стальных крепежных элементов, как правило, марка стали подтверждена заводом изготовителем, а следовательно, могут быть определены стандартные механические характеристики материала. Основной механической характеристикой древесины влияющей на свойства основания нагельного гнезда, является предел прочности на сжатие. Данный параметр может быть определен по классу прочности используемой древесины, если на заводе изготовителе имеется оборудование по силовой сортировке древесины, которое позволяет определить предел прочности по модулю упругости и плотности древесины. Если такое оборудование отсутствует, то указанные параметры достаточно легко могут быть определены согласно

имеющихся нормативных документов - ГОСТов. Наличие такой методики позволит избежать большого количества испытаний нагельных соединений, которые в этом случае потребуются лишь для подтверждения полученных значений расчетных величин.

В зарубежных странах данная методика существует и основана она на расчете нагельного соединения по методу предельного равновесия. На основании данной методики, несущая способность соединений нагельного типа, к которым относятся болтовые, нагельные или гвоздевые соединения, может быть определена по теории Йохансена и зависит от геометрии соединения, сопротивления изгибу нагеля и прочности на смятие древесины нагельного гнезда [1]. За сопротивление нагеля изгибу изначально принимался упругий момент поперечного сечения нагеля, при этом игнорировалось возможное увеличение данной характеристики за счет пластических деформаций. Расчетные зависимости в Еврокоде 5 [2], определенные по той же теории, учитывают уже пластическое поведение нагеля при изгибе, а расчетной характеристикой сечения является пластический момент. При этом пластическая работа древесины допускается только при расчете на сейсмические нагрузки, при статических нагрузках древесина нагельного гнезда должна работать в упругой стадии.

Согласно теории Йохансена, возможны три различных вида разрушения для двухсрезных соединений деревянных элементов (см. рисунок 1). Разрушению согласно схемы 1, соответствует смятие древесины основания среднего или крайнего элемента (расчетные зависимости 1 и 2), для схем разрушения 2 и 3 соответствует пластическое деформирование крепежного элемента (расчетные зависимости 3 и 4).

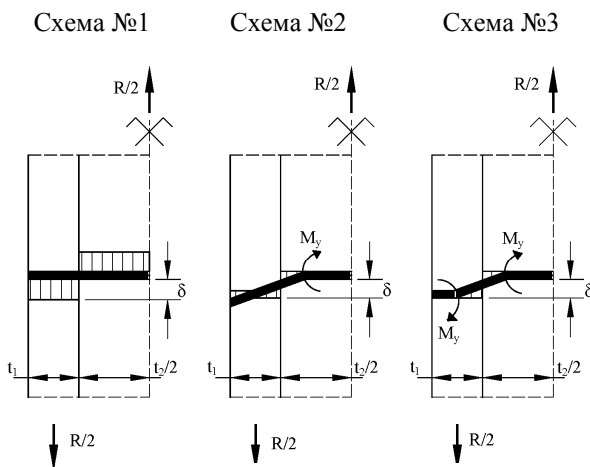


Рис. 1. Расчетные схемы соединения

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (1) \\ 0,5 f_{h,k} t_2 d \quad (2) \\ 1,05 \frac{f_{h,k} t_1 d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (3) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,k} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \quad (4) \end{array} \right.$$

В указанных формулах $F_{v,Rk}$ — нормативная несущая способность одного нагеля на один срез, $f_{h,k}$ — нормативная прочность на смятие древесины нагельного гнезда, t_1, t_2 — глубина заделки нагеля, d — диаметр нагеля, $M_{y,Rk}$ — нормативный момент пластической деформации нагеля при изгибе, $F_{ax,Rk}$ — нормативное сопротивление нагеля выдергиванию, β — масштабный коэффициент для нормативного сопротивления смятию древесины;

В этих формулах изгибающий момент $M_{y,Rk}$ предложено определять в соответствии с EN 409 [3], а прочность древесины на смятие $f_{h,k}$ в соответствии с EN 383 [4].

Аналогичная методика может быть применена и для российских норм, так как формулы СНиП II-25-80 для расчета нагельных сопряжений также основаны на уравнениях предельного равновесия. Кроме того с вступление России в ВТО актуальным становится вопрос гармонизации европейских и отечественных норм проектирования.

Подобные уравнения в СНиП II-25-80 для двухсрезных соединений имеют вид:

1. Из условия смятия средних элементов:

$$T = 25cd$$

- и из условия смятия крайних элементов:

$$T = 80ad$$

Данные уравнения соответствуют расчетной схеме №1.

2. Из условия одновременного смятия древесины и изгиба нагеля (схема №2):

$$T = 180d^2 + 2a^2$$

3. Из условия полного использования несущей способности нагеля на изгиб (схема №3):

$$T = 250d^2,$$

где s – толщина средних элементов (см), a – толщина крайних (см).

Указанные в СНиП уравнения являются частным случаем общих расчетных зависимостей предложенных в В.М.Коченовым в работе [5]:

1. $T_n = l_n d_n R_{cm}$, при $l_n \leq 0,71d_n \sqrt{\frac{R_u}{R_{cm}}}$ - для схемы №1;
2. $T_n = kl_n d_n R_{cm}$ при $0,71d_n \sqrt{\frac{R_u}{R_{cm}}} < l_n < 2,37d_n \sqrt{\frac{R_u}{R_{cm}}}$, а k находится в пределах от 1 до 0,42;
3. $T_n = 0,623d_n^2 \sqrt{R_{cm} R_u}$ при $l_n \geq 2,37d_n \sqrt{\frac{R_u}{R_{cm}}}$

и были преобразованы в формат СНиП II-25-80 путем подставления значений сопротивления нагеля изгибу R_n для стали А240 и усредненного значения сопротивления смятию нагельного гнезда R_{cm} для древесины сосны или ели.

Установление зависимости расчетных характеристик для нагельных соединений R_n и R_{cm} от стандартных механических свойств материала нагеля и древесины: предела текучести или временного сопротивления для нагеля и предела прочности при сжатии для древесины, позволит определять несущую способность нагельных соединений для разного рода крепежных элементов и различных прочностных характеристик используемой древесины.

В ЦНИИСК были проведены исследования с целью определения предела прочности нагельного гнезда при смятии поперек волокон с расположением штампа параллельно волокнам древесины. Была разработана методика испытаний с учетом имеющегося отечественного и зарубежного опыта [6]. В результате были определены основные зависимости:

1. Предела прочности древесины на сжатие поперек волокон R_{c90} от плотности древесины ρ (рис.2а):

$$R_{c90} = 0,11\rho - 13,96$$

2. Модуля упругости древесины поперек волокон E_{90} от плотности древесины ρ (рис.2б):

$$E_{90} = 1,08\rho - 143,4$$

3. Предела прочности древесины на сжатие поперек волокон R_{c90} от модуля упругости поперек волокон E_{90} (рис.2в):

$$R_{cм90} = \frac{68,8E_{90}}{178,5 + E_{90}}$$

4. Предела прочности на смятие поперек волокон нагельного гнезда при установке нагеля по направлению волокон древесины (в торец) от предела прочности древесины на сжатие поперек волокон и диаметра нагеля (штампа) (рис.2г):

$$R_{см90} = R_{с90} (1,77 - 0,02d_n)$$

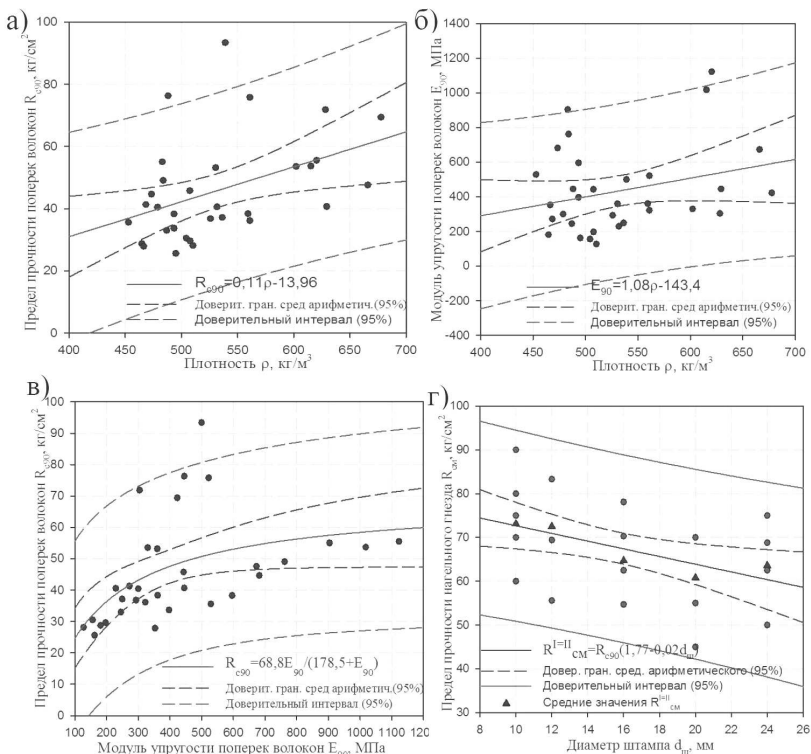


Рис. 2. Зависимость физико-механических характеристик древесины

Определенные экспериментальные зависимости позволяют определить нормативную несущую способность нагельного гнезда для крепежа, установленного в торец деревянного элемента, зная плотность или модуль упругости древесины поперек волокон.

Аналогичные зависимости необходимо определить и для других случаев установки нагельного крепежа, кроме того требуется определить подобным образом расчетные характеристики нагельного крепежа. Работы в этом направлении в ЦНИИСК предполагается продолжить.

Литература

1. *Johansen, K. W.: Theory of Timber Connections. In: International Association of Bridge and Structural Engineering, 1949*
2. *EN 1995-1-1:2004. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings.*
3. *EN 383, Timber structures; Test methods; Determination of embedding strength and foundation values for dowel type fasteners; German version EN 383 : 1993*
4. *EN 409, Timber structures; Test methods; Determination of the yield moment of dowel type fasteners; Nails; German version EN 409 : 1993*
5. *Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1953. – 320с.*
6. *Смирнов П.Н., Шенгелия А.К., Погорельцев А.А. Исследования механических свойств основания нагеля, установленного в торец деревянного элемента в соединении со стальными пластинами.- Современные строительные конструкции из металла и древесины. Сборник научных трудов. – Одесса: 2010.*