

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕЙ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Столповский Г.А., Руднев И.В., Данилов Р.А.  
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург

Для узловых сопряжений деревянных элементов, а также для повышения несущей способности и жесткости составных конструкций на кафедре строительных конструкций ОГУ разработаны новые типы соединительных элементов (рис. 1, 4).

Исследуемые крестообразные стержни как прямолинейной, так и витой формы в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами имеют такие преимущества как:

- высокая несущая способность при работе на изгиб;

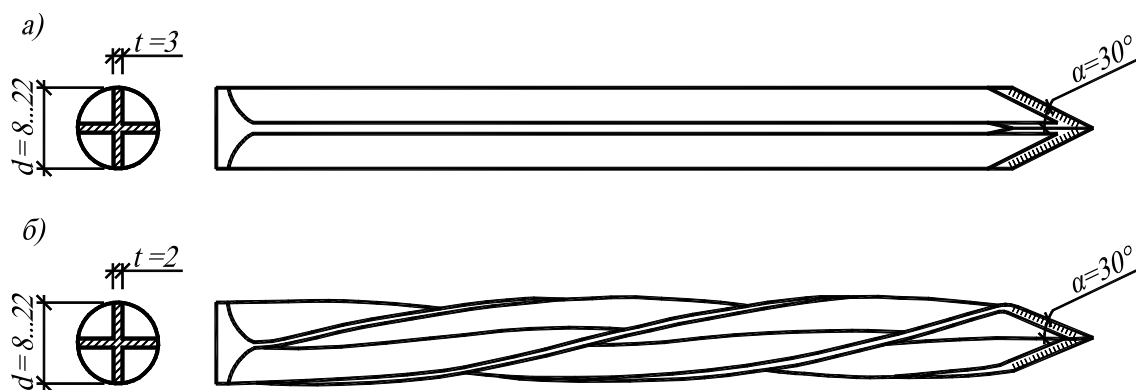


Рис. 1. Стальные крестообразные стержни:  
а – прямолинейной формы; б – витой формы.

- высокая несущая способность витых стержней при работе на выдергивание;
- возможность забивки прямых и витых стержней как вдоль, поперек, так и под углом к волокнам древесины;
- возможность применения механического, пневматического, гидравлического и огнестрельного способов забивки;
- отпадает необходимость предварительного высверливания отверстий при соединении деревянных конструкций;
- отпадает необходимость постановки стяжных болтов при соединении деревянных конструкций на витых стержнях;
- забивка в древесину без предварительного высверливания отверстий исключает рыхлые (нерабочие) деформации, что способствует повышению несущей способности и жесткости узлов.

Проведенные экспериментальные исследования двусрезных симметричных нагельных соединений показали, что при диаметрах от 12 мм до 22 мм

опытные образцы на крестообразных стержнях как прямолинейной, так и витой формы в сравнении с соединениями на стальных цилиндрических стержнях имеют на 24-30 % большую несущую способность и жесткость, при этом стоимость «в деле» таких соединений сокращается на 14-29 % в зависимости от типа рассматриваемого узла.

При поиске оптимальной формы стержней были испытаны различные их формы заточки. По результатам испытаний было получено, что стержни (или нагели) с "ножевой" конической заточкой под углом  $30^\circ$  при забивке в древесину формируют достаточно плотное гнездо с ровными стенками [ 1, 2 ].

Исследования влияния формы стержней показали, что витые стержней крестообразного сечения с "ножевой" конической заточкой, при забивке, продвигаясь вглубь древесины, вращаются вокруг своей продольной оси, образуя плотное гнездо. В результате такое соединение с применением витых стержней не требует применения стяжных болтов, для обеспечения плотного прилегания брусьев и сохранения их проектного положения.

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов авторами получено, что как прямоугольные, так и витые стержни способны воспринимать высокие изгибные нагрузки. Отличительной особенностью витых стержней является дополнительное восприятие выдергивающих усилий за счет работы древесины на смятие под ребрами креста. В прямолинейных стержнях (нагелях) работа на выдергивание воспринимается только силами трения по поверхности стержня, что предопределяет их незначительную несущую способность на выдергивание. Вопрос работы витых стержней на выдергивание потребовал проведения дополнительных исследований, которые были проведены по следующей методике.

При проведении испытаний на выдергивание для обеспечения фиксированной величины глубины забивки витые стержней с разными геометрическими параметрами задавливались в древесину с влажностью 8 % с одинаковой скоростью 20 мм/мин, а выдергивались со скоростью 0,4 мм/мин, при этом фиксировалась максимальная нагрузка выдергивания с точностью  $\pm 1$  Н. Задавливались нагели при помощи гидравлического пресса УММ-50, а выдергивали на универсальную разрывную машину ИР 5047-50-10 (рис. 2, 3) с соответствующими модернизированными приспособлениями. Испытание проводились в соответствии с рекомендациями [3].

Проведенные опыты витых стержней на выдергивание позволили сделать следующие выводы:

- предложенные типы связей легко внедряются в массив древесины с сохранением плотности контакта между древесиной и стержнем без предварительной рассверловки отверстий;
- на расчетное усилие комплекс факторов, учитывающих фактические характеристики как самого стержня, так и древесины, в которую он внедряется;

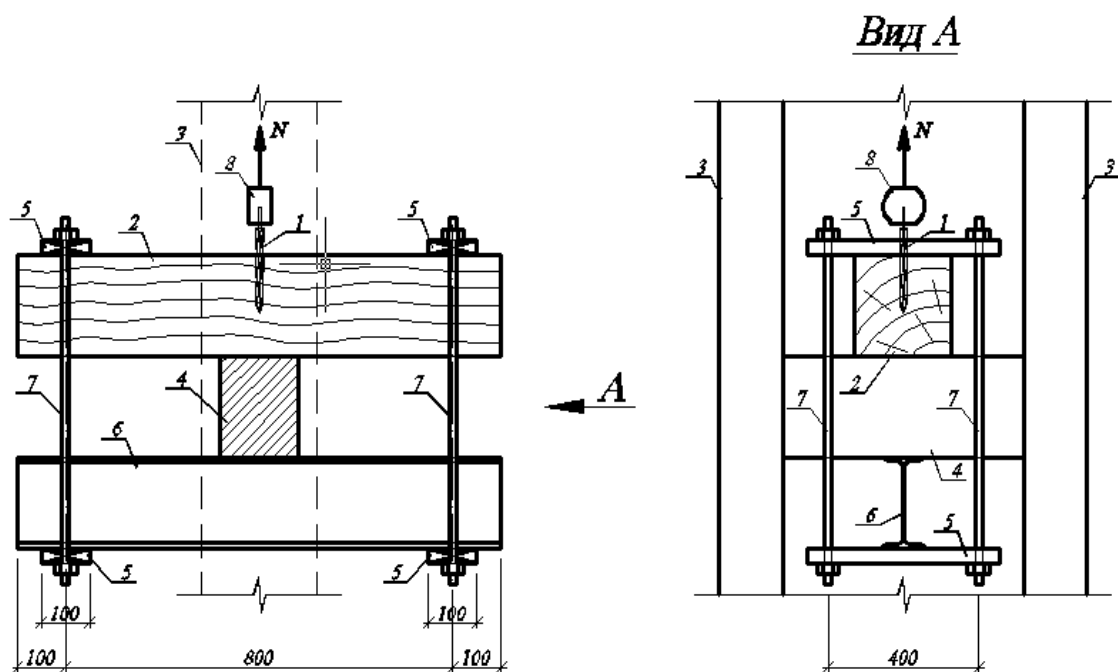


Рис. 2 – Схема установки для испытания витых стержней на выдергивание: 1 – витой стержень; 2 – деревянный образец; 3 – направляющие разрывной машины; 4 – опора на разрывной машине; 5 – опоры крепежного механизма; 6 – балка крепежного механизма; 7 – тяжи крепежного механизма; 8 – захватное устройство для стержня



Рис. 3 – Универсальная разрывная машина ИР5047-50-10

- степень влияния исследуемых факторов на усилие выдергивания различна, при этом наиболее значимыми являются диаметр стержня, глубина его забивки и шаг навивки ребер;

- ряд параметров стержня, таких как марка стали и способ ее термообработки, способ заточки, толщина ребра обеспечивают геометрическую неизменяемость стержня при его выдергивании и плотность гнезда, в связи с чем, они должны приниматься постоянными и равными: марка стали для изготовления стержней и способ ее термообработки – сталь марки не ниже 40Х, закалка от 860 °С в воде, отпуск 500 °С); заточка – ножевая, коническая с углом заточки острия 30°; толщина ребра стержня – 2 мм;

- при проектировании соединений на стальных витых стержнях крестообразного поперечного сечения фактические значения плотности древесины и способа забивки должны учитываться в расчетных формулах путем введения соответствующих корректировочных коэффициентов;

- диаметр стержня и глубину его внедрения в массив древесины необходимо назначать в зависимости от расчетных усилий выдергивания с точки зрения оптимизации проектируемого соединения, при этом необходимо учитывать, что максимальная несущая способность нагель на выдергивание достигается при его диаметре 22 мм, глубине забивки 440 мм и шаге навивки ребер 20d.

Для внедрения в более твердые материалы (модифицированная древесина, кирпичная кладка и т.п.) предложен другой тип механической связи – нагель с цилиндрическим сердечником и витыми ребрами (рис. 4). Забивка таких стержней необходимо осуществлять в предварительно просверленное отверстие механическим способом.

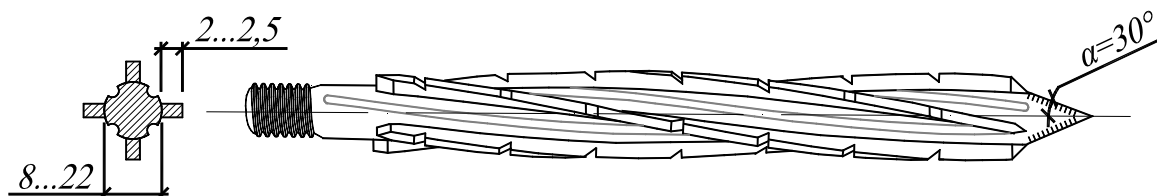


Рис. 4. Стальной стержень с цилиндрическим сердечником

Исследуемый стальной стержень за счет цилиндрического сердечника обладает повышенной жесткостью, что позволяет ему продвигаться вглубь материала с сохранением своей первоначальной формы. Витая форма ребер и зубья на них позволяют воспринимать высокие выдергивающие усилия. Заточка, по результатам «пилотных» испытаний, принята "ножевой" конической под углом 30° по аналогии с крестообразными стержням (нагельми) без сердечника. Дополнительно на другом конце стержня предусмотрена резьба, на которую наворачивается декоративный или фиксирующий колпачок. При помощи резьбы упрощается крепление дополнительных элементов (например, крепежных пластин при фиксации облицовочного и несущего слоев кладки) к стержню. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить наиболее оптимальные параметры витых стержней с сердечником, при которых достигается как простота внедрения стержня в массив материала, так и целостность

формируемого витыми ребрами гнезда. В частности, диаметр сердечника должен находиться в интервале от 8 мм до 12 мм, толщину ребер – 1,5-2,0 мм, высота ребер – 2,0-3,0 мм.

Таким образом, универсальность соединений на крестообразных стержнях и стержнях с цилиндрическим сердечником предопределяет широкий круг узловых соединений, в которых могут быть использованы предложенные элементы.

#### *Список литературы*

- 1. Дмитриев П. А., Шведов В. Н. О соединениях деревянных элементов на дюбелях-гвоздях и нагелях, забитых огнестрельным способом. // Изв. вузов. Строительство. – Новосибирск, 1992.- № 3. - 20-22 с.*
- 2. Столповский Г.А., Шведов В.Н., Муртазина Л.А. Эволюция совершенствования нагельных соединений деревянных конструкций // «Прочность и разрушение материалов и конструкций». Материалы V Международной научной конференции. – Оренбург, 2008 г. Том 2, с. 157-161.*
- 3. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981. – 40 с.*