

## СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ВИНТОВЫМИ КРЕСТООБРАЗНЫМИ НАГЕЛЯМИ

Описывается новый тип соединения элементов деревянных конструкций на винтовых крестообразных нагелях, позволяющий существенно сократить трудоемкость монтажных работ. Обосновывается целесообразность внедрения предложенного соединительного элемента в строительную практику, его преимущества перед известными аналогами. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность винтовых крестообразных нагелей.

**Ключевые слова:** быстровозводимое здание, соединение, древесина, винтовой крестообразный нагель, экспериментальные исследования, эффективность внедрения.

Одной из важных задач совершенствования технологий строительства быстровозводимых объектов является уменьшение трудоемкости выполнения монтажных стыков, которые в деревянных конструкциях, как правило, решаются на стальных стержнях: нагелях, винтах или гвоздях. В настоящее время такие стержни по существу являются основным средством соединения элементов деревянных конструкций на механических связях, которые работают как изгибаемые, растянутые или растянуто-изгибаемые элементы. Несмотря на широкий спектр стальных соединительных элементов, они все имеют ряд существенных недостатков, а именно:

- цилиндрические нагели работают только на изгиб и не воспринимают выдергивающие (растягивающие) усилия;
- для каждого нагеля требуется сверление гнезда на всю толщину стыка и специальные мероприятия для предотвращения «увода» сверла, при этом в каждом сопряжении необходимо 25% нагелей заменить на стяжные болты с шайбами, обеспечивающие фиксацию соединяемых элементов в проектом положении;
- внедрение в массив древесины гвоздей и винтов диаметром более 6 мм требует также предварительную рассверловку «пилотных» отверстий;
- расчетная несущая способность на выдергивание гвоздей определяется силами трения, возникающими по площади поверхности соприкосновения гвоздя с древесиной, а винтов – работой древесины на срез между витками нарезной части, что предопределяет незначительную несущую способность таких соединений;

- работа гвоздей и винтов на выдергивание при забивке или завинчивании вдоль волокон древесины не допускается;
- известные типы винтов исключают возможность применения ударных, в том числе огнестрельного, способов их внедрения в древесину.

Вышеперечисленные недостатки приводят к повышенной трудоемкости выполнения монтажных стыков, что снижает эффективность быстровозводимого строительства.

Всесторонний анализ эволюции развития способов сопряжения элементов деревянных конструкций позволил авторам сформулировать основные требования, которым должен удовлетворять соединительный стержень, обеспечивающий сокращение трудозатрат при выполнении стыков в условиях строительной площадки. Эти требования содержат следующие положения:

- уменьшение количества соединительных стержней за счет повышения их несущей способности;
- внедрение в массив древесины без какой-либо предварительной рассверловки отверстий;
- способность восприятия как изгибающих, так и растягивающих усилий;
- возможность применения скоростных способов забивки, в частности огнестрельных.

Для реализации сформулированных требований была предпринята попытка разработки нового типа стального соединительного стержня для сопряжения элементов деревянных конструкций при строительстве быстровозводимых зданий. Разработка базировалась на следующих выдвинутых научных гипотезах:

– достичь существенного увеличения несущей способности стержней, работающих как на изгиб, так и на выдергивание, можно за счет увеличения диаметра винтовых элементов с одновременным обеспечением работы древесины на смятие под витками нарезки и легкости внедрения стержней в древесину;

– обеспечить легкость внедрения винтовых элементов большого диаметра в древесину можно путем применения стержней крестообразного поперечного сечения, причем толщина стенок креста должна быть, с одной стороны, минимальной для предотвращения раскалывания древесины, с другой стороны, она должна обеспечивать прочность и неизменяемость стержня при его выдергивании;

– обеспечить работу древесины на смятие под витками нарезной части возможно, применив винтовые крестообразные стержни с увеличенным шагом навивки;

– достичь требуемого поворота винтового элемента с сохранением плотности контакта древесины и стержня при применении скоростного способа забивки можно за счет увеличенного шага навивки и способа заточки конца, при этом способ забивки будет влиять на несущую способность соединения.

На целесообразность применения в соединениях деревянных элементов крупноразмерных гвоздей, забиваемых в массив древесины при помощи тяжелых молотков или огнестрельным способом, указывали еще д-р техн. наук, профессор Г.Г. Карлсен и М.Ф. Котов, при этом М.Ф. Котов отдавал предпочтение крестообразным гвоздям [1, 2]. Эффективность нагелей с прямыми ребрами крестообразного поперечного сечения, забиваемых огнестрельным способом, доказана в исследованиях канд. техн. наук В.Н. Шведова [3]. Такие нагели исключают необходимость предварительного сверления отверстий, обладают высокой прочностью и жесткостью, однако их несущая способность на выдергивание незначительна, что вызывает необходимость замены в таких соединениях, как и в случае цилиндрических стержней, от 25% до 100% нагелей стяжными нагельными болтами, что увеличивает трудоемкость изготовления и материалоемкость соединений.

В результате проведенных разработок был создан новый тип соединительного элемента в виде крупноразмерного винтового нагеля крес-

тообразного поперечного сечения [4], выполненного из термически обработанной стали (рис. 1).

Основным преимуществом предложенного типа соединительного элемента является его возможность воспринимать значительные выдергивающие усилия, что и явилось предметом настоящего исследования.

Стальной винтовой крестообразный стержень может иметь диаметр от 8 мм до 22 мм. Размеры диаметров от 8 мм до 22 мм приняты из условия конструирования узловых соединений деревянных элементов строительных конструкций, а также мощности применяемого порохового, пневматического и электрического инструмента. При диаметре стержня меньше 8 мм теряется целесообразность винтовой формы, так как в качестве соединительных элементов диаметром от 2 мм до 6 мм используются гвозди и винты, которые не требуют предварительного высверливания отверстий. При диа-

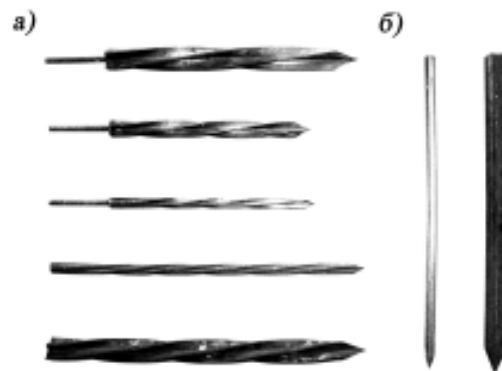


Рисунок 1. Стальные стержни (нагели) крестообразного поперечного сечения: а) с винтовыми ребрами; б) с прямыми ребрами

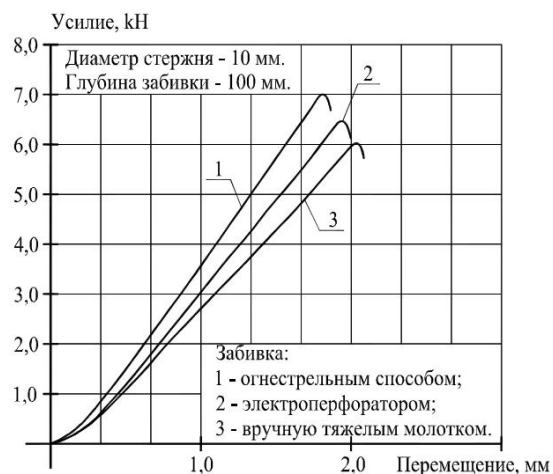


Рисунок 2. Влияние способа забивки стержня на несущую способность соединения в направлении поперек волокон древесины

метре стержня больше 22 мм нарушается принцип дробности, благодаря которому реализуется требование вязкости в соединениях элементов деревянных конструкций.

Внедрение винтового стержня в массив древесины может быть осуществлено вручную при помощи тяжелого молотка, ударным методом электро- или пневмоинструментом, огнестрельным способом. Как показали проведенные опыты, способ забивки влияет на несущую способность соединения (рис. 2). Так, винтовой стержень диаметром 10 мм, забитый на глубину 100 мм, способен выдержать выдергивающее усилие при применении ударного электроинструмента на 8% меньше, чем при огнестрельном способе. При ручной забивке аналогичная цифра равна 10%. Отметим, что при огнестрельной забивке концы опытных стержней имели коническую ножевую заточку под углом 25...30°, что обеспечило формирование достаточно плотного гнезда с ровными стенками в отличие от других проверенных способов заточки (двухступенчатая, коническая ножевая под углом 45°).

При применении огнестрельного способа забивки стержней авторы рекомендуют использовать строительно-монтажные пистолеты типа ПЦ 84, обладающие неоспоримыми преимуществами в сравнении с другими инструментами, применяемыми в аналогичных случаях: широкая маневренность, отсутствие потребности в посторонней энергии (сжатый воздух или электроэнергия), что позволяет уменьшить трудоемкость изготовления узлов или стыков и, как следствие, общую стоимость возводимых конструкций. Использование монтажных пистолетов позволяет изготовить и смонтировать строительные конструкции в кратчайшие сроки, например при ремонтных и восстановительных работах, для чего необходимо лишь изменить наконечник и направляющий пистолета ПЦ 84 для забивки винтовых стержней крестообразного сечения.

Особое внимание было уделено назначению шага навивки и толщины ребер винтового крестообразного стержня. Размеры рассматриваемых параметров должны обеспечивать выполнение следующих условий.

1. Принятый шаг навивки должен быть минимизирован с точки зрения улучшения работы стержня на выдергивание, при этом необ-

ходимо предотвратить разрушение древесины боковых стенок гнезда и обеспечить сохранение плотности контакта древесины и стержня при любом способе забивки.

2. Толщина ребер креста должна быть, с одной стороны, минимальной для предотвращения раскалывания древесины, с другой стороны, она должна обеспечивать прочность и неизменяемость стержня при его выдергивании.

При исследовании поставленных вопросов путем проведения пробных забивок рассматриваемые параметры варьировались в следующих пределах: шаг навивки – от 10d до 25d, толщина ребер – от 1 мм до 4 мм. В результате проведенных опытов было выявлено, что независимо от способа забивки вышеприведенные условия будут выполнены при шаге навивки 20d и толщине ребра 2 мм в случае применения термически обработанной наиболее доступной стали марки 40Х. Отметим, что полученная величина шага навивки хорошо согласуется с шагом нарезки внутренней поверхности ствола огне-

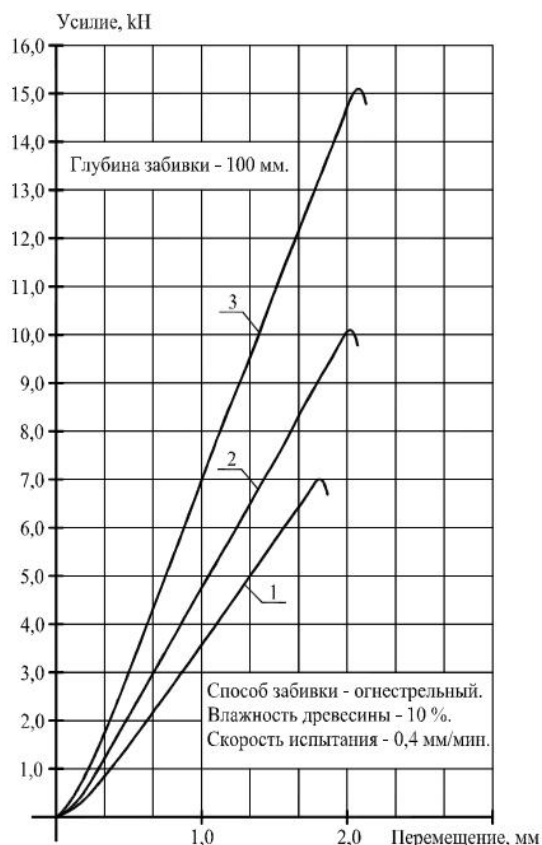


Рисунок 3. Зависимость перемещений стержней от уровня нагрузки и их диаметра при забивке поперек волокон огнестрельным способом: 1 – диаметр 10 мм; 2 – диаметр 16 мм; 3 – диаметр 22 мм

стрельного оружия. В случае применения стали без термической обработки даже при толщине ребра 4 мм наблюдается изменение геометрии стержня после его выдергивания (забивка стержней в направлении поперек волокон диаметром 16 мм и более на глубину 100...250 мм). Этот факт подтверждает обоснованность применения для изготовления крестообразных винтовых стержней термически обработанной стали.

Для исследования особенностей работы предложенного соединительного элемента на выдергивание были проведены кратковременные испытания стержней при их забивке поперек и вдоль волокон. Опыты выполнены на разрывной машине ИР 5047-50, с помощью которой проводились испытания, при этом номинальная цена единицы наименьшего разряда при индикации нагрузки составляет 1 Н.

Для проведения испытаний были изготовлены стержни диаметром 10, 16 и 22 мм, которые забивались на глубину  $100 \pm 20$  мм огнестрельным способом. Влажность древесины образцов находилась в интервале от 7 до 12%. В соответствии с рекомендациями [5] скорость испытаний составляла 0,4 мм/мин, которая

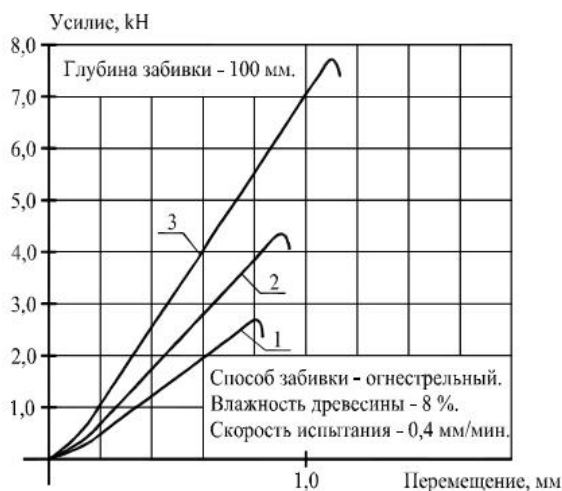


Рисунок 4. Зависимость перемещений стержней от уровня нагрузки и их диаметра при забивке вдоль волокон огнестрельным способом: 1 – диаметр 10 мм; 2 – диаметр 16 мм; 3 – диаметр 22 мм

выставлялась в стандартном ряде скоростей разрывной машины. Полученные результаты приведены на графиках (рис. 3, 4), из которых видно, что несущая способность стержней на выдергивание зависит от их диаметра, причем эта зависимость практически линейная. Обращает на себя внимания тот факт, что предложенные винтовые крестообразные стержни обладают существенной прочностью и малой деформативностью при их забивке вдоль волокон.

Эффективность исследуемого соединительного элемента можно подтвердить следующим примером. Несущая способность одного винтового крестообразного стержня диаметром 16 мм на выдергивание при глубине забивки 100 мм составит 0,71 кН с учетом коэффициента длительности действия нагрузки  $K_{дл} = 0,6$ . Из такого же количества металла можно изготовить 3,3 гвоздя диаметром 5 мм длиной 100 мм. Несущая способность этих гвоздей на выдергивание в соответствии с [6] будет равна 0,15 кН, что в 4,7 раза меньше величины, определенной для предложенного типа соединительного элемента.

Проведенные опыты и исследования работы стальных винтовых стержней крестообразного поперечного сечения на выдергивание позволяют сделать следующие выводы.

1. В соединениях элементов деревянных конструкций можно с успехом использовать стальные винтовые крестообразные стержни, выполненные из термически обработанной стали.
2. Предложенные стержни легко внедряются в деревянные элементы с сохранением плотности контакта между древесиной и стержнем.
3. Стальные винтовые крестообразные стержни обладают высокой несущей способностью при работе на выдергивание, существенно превышающей несущую способность известных типов гвоздей и винтов.
4. Предложенный тип соединительного элемента позволяет воспринимать выдергивающие усилия при его забивке как поперек, так и вдоль волокон.

#### Список использованной литературы:

1. Карлсен Г.Г. Деревянные конструкции в военном строительстве. – М.: Издательство ВИА, 1947. – 290 с.
2. Справочник проектировщика промышленных сооружений. Деревянные конструкции. – М.-Л: Главная редакция строительной литературы, 1937. – 955 с.
3. Дмитриев П.А., Шведов В.Н. Соединение элементов деревянных конструкций на нагелях, забиваемых огнестрельным способом // Бюллетень технической информации. Техническое управление капитального строительства ОВС СНГ. 1992, № 4, с. 7-11.
4. Патент РФ на изобретение №2353830. МПК F16B 13/00. Соединение деревянных элементов строительных конструкций / Дмитриев П.А., Шведов В.Н., Столповский Г.А., Украинченко Д.А. // Опубл. 27.04.2009. Бюл. 12. – 6 с.

5. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981. – 40 с.
6. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1982. – 32 с.

Сведения об авторах: Столповский Георгий Александрович, аспирант Оренбургского государственного университета, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: stolpovskiy@pochta.ru

Жаданов Виктор Иванович, доцент кафедры строительных конструкций Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: organ-2003@bk.ru

Руднев Игорь Владимирович, заведующий лабораторией сопротивления материалов Оренбургского государственного университета, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: organ-2003@bk.ru

Stolpovskiy G.A., Zhadanov V.I., Rudnev I.V.

Connection for elements of wooden structures of rapidly erected buildings and facilities with screw cruciate pegs

We describe a new type of connection for elements of wooden structures on the screw cruciate pegs, which substantially reduce the complexity of installation work. The feasibility of the proposed introduction of a connecting element in building practice, its advantages over other known analogs is discussed. The results of experimental studies confirming the efficacy of screw cruciate pegs are provided.

Key words: rapidly erected building, connection, timber, screw cruciate peg, experimental study, efficacy of implementation.

**Bibliography:**

1. Karlsen G.G. Wooden constructions in a regimentation. Moscow: Publishing house VIA, 1947, 290 pages.
2. The Reference of a designer of industrial structures. Wooden constructions. Moscow, The main edition of a building literature, 1937, 955 pages.
3. Dmitriev P.A., Shvedov V.N. The junction of wooden constructions with dowels by the fire mode. The bulletin of the technical information. Technical management of the capital construction IAF CIS, 1992, № 4, pages 7-11.
4. Russian Federation Patent on the invention №2353830. IPC F16B 13/00. Wooden junction of building constructions / Dmitriev P.A., Shvedov V.N., Stolpovskiy G.A., Ukrainchenko D.A. // Publ. 27.04.2009. Bull.12 – 6 pages.
5. The recommendation of the examination of wooden constructions joints / V.A. Kucherenko CRIBS. – Moscow, Stroyizdat, 1981. – 40 pages.
6. Building Code P-25-80. The wooden constructions. Design specifications. – Moscow, Stroyizdat. 1982. – 32 pages.