

УДК 624.011.01

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УМЕРЕННО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

**В. В. Жук<sup>1</sup>, В. Л. Шевчук<sup>2</sup>, И. П. Коцюра<sup>3</sup>, Е. А. Тишук<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: sk@bstu.by

<sup>2</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры строительных конструкций  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: sk@bstu.by

<sup>3</sup> Магистр технических наук, заведующий лабораторией (учебной) кафедры строительных конструкций  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: starterokman@yandex.ru

<sup>4</sup> Студентка группы П-356 строительного факультета УО «Брестский государственный технический университет»,  
Брест, Беларусь, e-mail: katea.28112002tishuk29@gmail.com

### Реферат

На основании результатов экспериментальных исследований выполнена оценка несущей способности и деформативности соединений деревянных элементов на металлических зубчатых пластинах при действии кратковременных нагрузок после воздействия высоких температур. Установлена зависимость несущей способности соединений от температуры. С помощью тепловизионной съемки установлен характер распределения температуры по поверхности древесины и металлических зубчатых пластин.

**Ключевые слова:** древесина, металл, пластина, зубья, сдвиг, температура, несущая способность, деформативность.

## BEARING CAPACITY OF JOINTS OF WOODEN ELEMENTS ON METAL TOOTHED PLATES AFTER EXPOSURE TO MODERATELY HIGH TEMPERATURES

**V. V. Zhuk, V. L. Shevchuk, I. P. Kotsiura, E. A. Tishuk**

### Abstract

Based on the results of experimental studies, an assessment of the bearing capacity and deformability of joints of wooden elements on metal toothed plates under the action of short-term loads after exposure to high temperatures was carried out, the dependence of the bearing capacity of the joint on temperature was established. With the help of thermal imaging, the nature of the temperature distribution over the surface of wood and metal toothed plates is established.

**Keywords:** wood, metal, plate, teeth, shear, temperature, bearing capacity, deformability.

### Введение

Для соединения деревянных элементов наряду с традиционными механическими крепежными деталями нашли применение и металлические зубчатые пластины (МЗП), разработанные и запатентованные И. С. Юрейтом [1]. Крепежные элементы МЗП изготавливаются из оцинкованного или нержавеющей стального листа толщиной от 0,9 до 3 мм путём штамповки с отгибом зубьев в одну сторону. Пластины устанавливают попарно по обе стороны соединения в узлах или стыках деревянных элементов и запрессовывают в них в заводских условиях с помощью специальных сборочно-запрессовочных установок или мобильных устройств, которые используют в полевых условиях.

Новый вид крепежных элементов получил признание во всем мире благодаря очевидным преимуществам, таким как экономия времени и материалов при изготовлении; снижение трудоемкости заготовительно-сборочных операций; увеличение прочностных характеристик соединения по сравнению с другими соединителями; снижение требований к качеству заготовительных операций. С помощью МЗП собирают различные деревянные конструкции: стропильные системы, фермы, рамы, каркасы, опалубку для бетонных работ, ремонтируют и усиливают существующие конструкции, упрочняют дефектные места деревянных деталей, ослабленные сучками, надрезами и трещинами [1–6].

В практике проектирования и изготовления несущих деревянных конструкций прослеживается тенденция использования пилотатери-

алов большого сечения, получаемых при конической распиловке с учётом естественного сбега древесины. Так, концерн «Sistembau Wolf» [7, 8] разработал несущие конструкции пролётом до 30 м из двух или трёх брусьев, соединённых по высоте с помощью дискретных связей – металлических плит типа Wolf.

Соединения деревянных элементов на металлических крепежных изделиях имеют существенный недостаток – сравнительно низкую огнестойкость. Авторы [9–11] утверждают, что при воздействии высоких температур при огневых испытаниях строительных конструкций с применением клеенных стальных стержней или после огневого воздействия пожара в зданиях с деревянными конструкциями перекрытий, где в соединениях сопряжений деревянных элементов применялись стальные нагели, болты и гвозди, температура металлических изделий стремительно растёт и, как следствие этого, происходит выгорание древесины в нагельных гнездах.

В качестве конструктивной меры защиты соединений деревянных элементов с применением металлических крепежных деталей от теплового воздействия при постановке болтов, шпилек и клеенных стержней их «втапливают» в древесину таким образом, чтобы на глубину 30–40 мм можно было бы установить деревянные пробки [12]. Металлические закладные детали, в том числе и МЗП от непосредственного воздействия огня можно защищать деревянными накладками толщиной от 20 до 42 мм [12, 13].

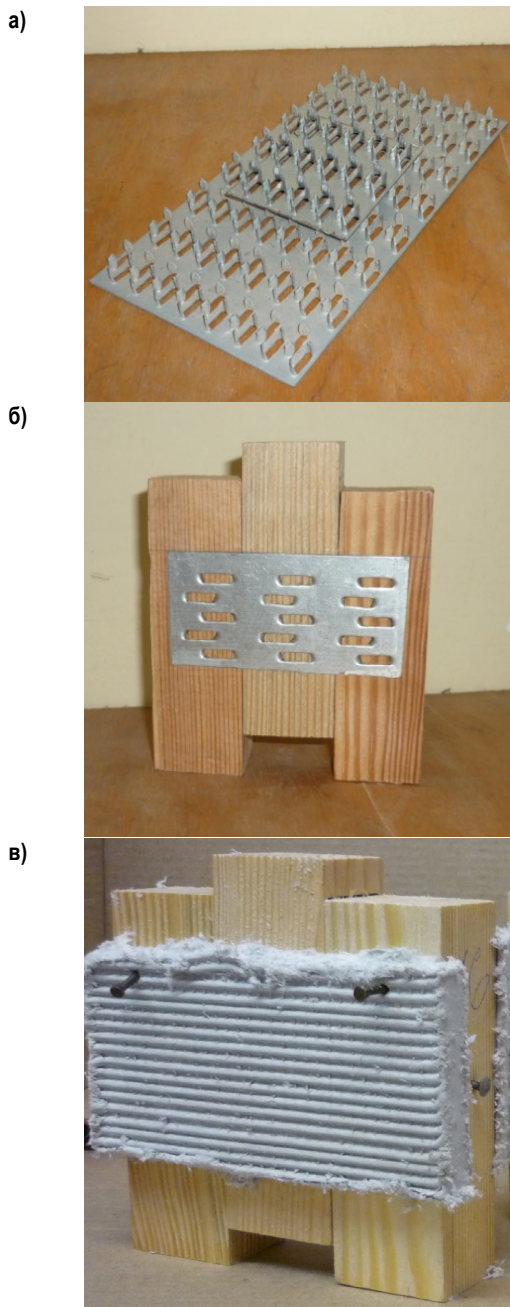
В нормативных документах, касающихся проектирования и эксплуатации деревянных конструкций, авторы не обнаружили рекомендаций, позволяющих оценить изменение несущей способно-

сти соединений на МЗП в условиях огневого воздействия.

Нами предпринята попытка в первом приближении на основе экспериментальных данных оценить влияние воздействия умеренно высоких температур на несущую способность малых образцов соединений деревянных элементов на МЗП.

#### Характеристика объекта исследований

Несущая способность и деформативность соединений деревянных элементов на МЗП при действии сдвигающих усилий исследовались на образцах (рисунок 1), выполненных из сосновой древесины влажностью 9 %.



а – металлическая зубчатая пластина; б – опытный образец;  
в – опытный образец с защитой МЗП экраном

**Рисунок 1** – Общий вид образцов соединения деревянных элементов

Для соединения деревянных элементов между собой использовались гвоздевые оцинкованные пластины российского производства (ТУ 5286-001-1114257-2013). Пластины получены путём штамповки

из стального листа толщиной 1,2 мм и имеют прямое расположение зубьев постоянной по высоте ширины – 3 мм, высота зубьев – 7 мм. Расстояние между каждой парой зубьев по длине пластины – 15,0 мм, по ширине – 3 мм, при этом чётные ряды зубьев сдвинуты по отношению к нечётным на 7,5 мм.

Запрессовку пластин выполняли с использованием универсальной испытательной машины Р-10, при этом давление запрессовки прикладывалось одновременно по всей плоскости МЗП до полного внедрения зубьев в древесину. При изготовлении опытных образцов МЗП устанавливались таким образом, чтобы плоскость зубьев совпадала с направлением волокон древесины. В этом случае несущая способность соединения при сдвиге определяется работой на смятие древесины гнезда зуба [14, 15].

Были изготовлены 15 опытных образцов, которые условно были разделены на 5 серий:

- серия I – контрольные образцы;
- серия II, III, IV – образцы для нагревания температурой 150, 200, 230 °С соответственно;
- серия V – образцы с защитой МЗП экраном из асбестокартонной толщиной 5 мм для нагревания температурой 200 °С.

С учетом рекомендаций [12] для испытаний было принято минимальное число образцов – по три на каждую серию.

#### Методика экспериментальных исследований

В стандартных методах испытаний на огнестойкость используют печи, различающиеся между собой размерами камер, видом топлива, системой вентиляции. Следует отметить, что испытания на огнестойкость строительных конструкций обычно выполняются в испытательных центрах [9, 12]. Определение огнестойкости малых и средних образцов материалов или их соединений выполняют в специальных лабораториях [11–13, 16] при тепловом воздействии. Нагревание образца может выполняться электронагревателями, кварцевыми или кварцево-галогенными лампами, с помощью радиационных панелей [12]. В некоторых случаях, например, для определения возгораемости материала, помимо нагрева, выполняются обдув образца воздухом со скоростью  $1,25 \pm 0,25$  м/с.

С целью определения температурного режима, подбора нагревательного устройства и контролирующей температуры аппаратуры изучена кинетика поведения сосновой древесины при температурном воздействии.

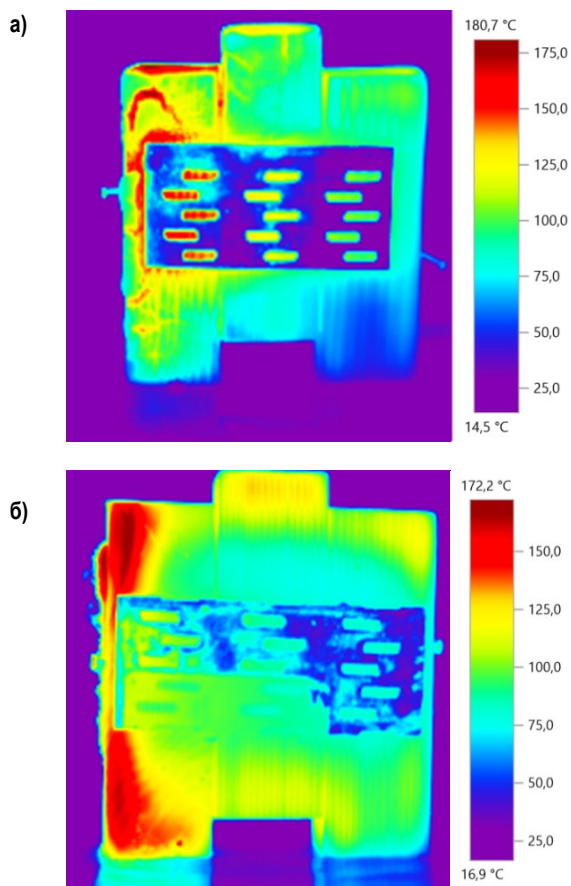
В воздушно-сухой сосновой древесине содержится более 50 % целлюлозы, около 30 % лигнина, до 2 % смолы, жиров и воска, более 4% растворимых в воде веществ и около 13 % воды [17]. По данным [13, 18–21] термоокислительная деструкция древесины характеризуется следующими интервалами. До температуры 105 °С из целлюлозы испаряется свободная влага. Стадия сушки древесины заканчивается при температуре 150 °С, после чего начинается разложение с выделением диоксида углерода, а при температуре более 200 °С – угарного газа, водорода и сгораемых углеводородов. При нагреве до 275 °С усиливается газовыделение и начинают разлагаться смолистые вещества древесины. При температуре 350 – 4500 °С происходит самовозгорание выделяющихся газов.

В лаборатории кафедры «Строительные конструкции» университета была изготовлена камера для нагревания образцов соединений деревянных элементов на МЗП. Камера представляет собой металлический корпус, выполненный из оцинкованной стали с размерами 150x160x155 (h) мм. Внутри камера облицована асбестокартонной толщиной 5 мм. Нагревание образцов выполнялось с помощью обжигателя модели 79320, предназначенного для обдувания поверхностей горячим воздухом высокой температуры. Максимальная рабочая температура – 500 °С, сила дутья – 300 л/мин. Для контроля температуры использовали термометр биметаллический ТБП 100/НХ/у с диапазоном измерения от 0 до 500 °С.

Образцы соединений деревянных элементов на МЗП устанавливали в испытательную камеру и с помощью обжигателя выполняли обдув горячим воздухом в течение 8–10 минут до за-

данной температуры. Для стабилизации температурного поля по сечению образцы выдерживались в камере до 10 минут после отключения нагревателя. После извлечения из испытательной камеры образцы кондиционировались в течение 2 суток при температуре 18–25 °С и влажности воздуха 40–60 % в лабораторных условиях.

С целью изучения характера распределения температуры по поверхности древесины и МЗП часть образцов подвергалась термографии. С помощью тепловизора Testo 875-1 выполнялась регистрация теплового поля образцов сразу же после их извлечения из нагревательной камеры (рисунок 2).



а – образец серии III; б – образец серии V

Рисунок 2 – Температурное поле

После кондиционирования образцы соединений на МЗП устанавливались на плиту основания универсальной испытательной машины «Quasar 50». Сжимающее усилие от машины к образцу передавалось через головку испытательной машины (рисунок 3). Образцы испытывались с непрерывно возрастающей нагрузкой со скоростью нагружения 50Н/сек до полного разрушения соединений по методике [22]. Графики зависимостей деформаций соединений от нагрузки получали в автоматическом режиме с выводом на печать. После разгрузки каждого разрушенного образца соединения проводился его осмотр и фотографирование (рисунки 4 и 5).



Рисунок 3 – Общий вид испытания образцов

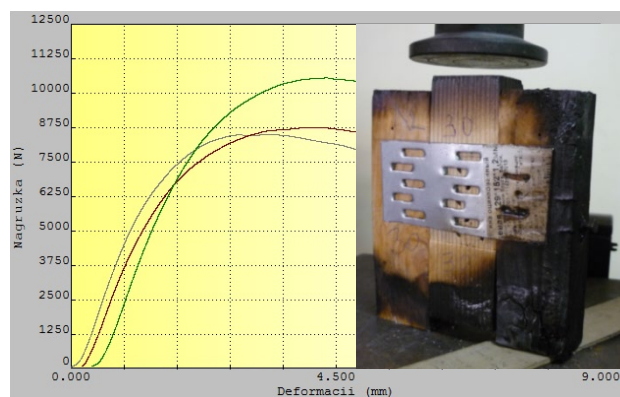


Рисунок 4 – Результаты и характер разрушения образцов серии IV

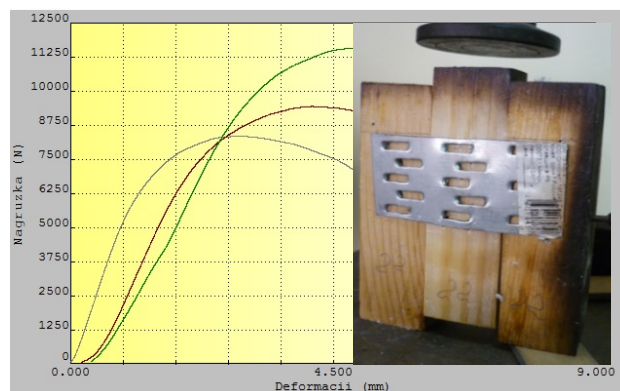


Рисунок 5 – Результаты и характер разрушения образцов серии V

В таблице 1 приводятся результаты испытаний образцов соединений деревянных элементов на МЗП при действии сдвигающих усилий. Несущая способность соединений определялась для пары зубьев при деформации сдвига 1.5 мм [23].

#### Результаты эксперимента и обсуждение

Анализ характера температурного поля поверхности образцов соединений деревянных элементов на МЗП (рисунок 2) показывает, что возгорание древесины начинается с поверхностных слоев ребер и в зонах внедрения зубьев пластин в древесину из-за быстрого нагревания, испарения влаги и затем разложения компонентов древесины с последующим воспламенением их. Нагрев металлических пластин способствует проникновению высоких температур через зубья в глубину древесины. Отметим, что при извлечении образцов из нагревательной камеры происходит быстрое остывание металла. При осмотре

МЗП после температурного воздействия не обнаружено признаков (нагар, обгорание кромок, деформации), снижающих прочные характеристики стали [24].

Анализ характера разрушения контрольных образцов серии I показал, что на первом этапе нагружения происходит обмятие древесины у основания зуба при защемленном его конце в толще древесины. На последних этапах нагружения зубья пластины выдергиваются из древесины, при этом гнезда зуба имеют форму треугольника. Характер разрушения образцов серий II, III, IV после температурного воздействия показал, что в зонах внедрения зубьев в древесину окраска ее имеет коричневый оттенок, и зубья, имеющие малую толщину «прорезают» древесину, утратившую способность сопротивляться силовому воздействию – гнезда зубьев имеют форму трапеции.

Кратковременная несущая способность одной пары зубьев соединений на МЗП (серия II, III, IV) при деформации сдвига 1,5 мм снизилась на 3–15 % по сравнению с контрольными образцами.

После обработки результатов экспериментальных испытаний методами вариационной статистики [25] установлено, что зависимость несущей способности одной пары зубьев ( $F_k$ ) при сдвиге от температуры ( $T$ ) может быть выражена при коэффициенте корреляции 0,906 следующей формулой:

$$F_k = 719,77 - 0,465 T \quad (1)$$

Установка защитного экрана из асбестокартон на металлические пластины (образцы серии V) позволила защитить древесину под экраном от обугливания (рисунок 2). При этом кратковременная несущая способность одной пары зубьев при деформации сдвига 1,5 мм снизилась на 19 % по сравнению с контрольными образцами. Одной из причин низкой эффективности защитного экрана, по нашему мнению, является наличие зазора между асбестокартон и древесиной (равного толщине МЗП), что при высокой теплопроводности стали, во много раз превышающую теплопроводность древесины, приводит к нагреванию зубьев и, как следствие этого, к термодеструкции древесины в зоне контакта с металлом, по аналогии с образцами серий II, III, IV, без защитных экранов.

Деформации сдвига соединений на МЗП после воздействия повышенных температур (рисунок 6) при уровне нагрузки равном 0,5F увеличились в 1,16–1,41 раза по сравнению с контрольными образцами.

Таблица 1 – Результаты испытания образцов

Номер серии	Температура нагрева, °С	Разрушающая нагрузка *, Н	Нагрузка при деформации сдвига $\delta = 1,5 \text{ мм}^*$ , Н	Особенности реакции на температуру
I	20	7000...9670 8450	680...720 700	–
II	150	7830...10330 9030	670...690 680	Коричневый оттенок древесины в гнездах зубьев
III	200	9200...10160 9530	590...630 620	Обугливание наружных граней крайних элементов на глубину 3–5 мм
IV	230	8670...9640 9080	550...630 600	Обугливание наружных граней крайних элементов на глубину 3–5 мм. Темнокоричневый оттенок древесины в гнездах зубьев
V	200	8300...11800 9470	480...710 570	Обугливание наружных граней крайних элементов на глубину до 2 мм

Примечание – \* В числителе – минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние значения.

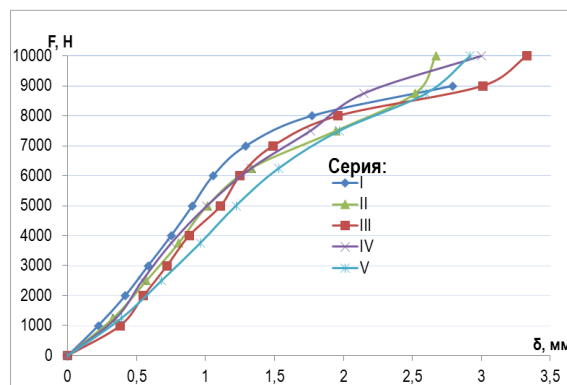


Рисунок 6 – Зависимость деформации от нагрузки

### Заключение

На основании выполненных экспериментальных исследований соединений деревянных элементов на МЗП после воздействия умеренно высоких температур можно сделать следующие выводы:

1. Нагрев металлических зубчатых пластин приводит к проникновению высоких температур через зубья в глубину древесины и, как следствие этого, к снижению способности материала сопротивляться силовым воздействиям.
2. Кратковременная несущая способность одной пары зубьев соединений на МЗП при деформации сдвига 1,5 мм (серии IV) при температуре нагрева 230 °С снизилась на 15 % по сравнению с контрольными образцами.
3. При уровне нагрузки равном 0,5 F деформации сдвига соединений серий II–IV увеличились в 1,16–1,41 раза по сравнению с образцами серии I.
4. Данная работа является лишь первым этапом исследования огнестойкости соединений на МЗП. Целесообразно провести экспериментальные исследования на большем количестве образцов с применением и других типоразмеров МЗП, с увеличением диапазона повышенных температур.

### Список цитированных источников

1. Проспект компании «Аутомейдит Билдинг Компонентс» Система Gang Nail (Гэнг-Нейл).
2. Informationsdienst holz / Aussteifund von NP-Konstruktionen. Holzbau handbuch. Reihe 2. Teil 12. Folge 3.
3. Проспект фирмы «Вольф-система». Техника со знаком качества.
4. Informationsdienst holz / Konstruktionen gestalten: Bauen mit Nagelplatten.
5. Соединение деревянных конструкций / С. Б. Турковский [и др.] ; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т информ. по строительству. – М., 1988. – Вып. 3. – 44 с. – (Строительство и архитектура).
6. Рекомендации по проектированию и изготовлению дощаных конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах. – М. : ЦНИИСК, 1983. – 40 с.
7. Проспект концерна «Sistembay Wolf». Обрато к природе.
8. Проспект концерна «Sistembay Wolf». Металлические плиты с гвоздевыми соединениями.
9. Штык, А. Огнестойкость деревянных клееных конструкций со стальными вклеенными стержнями / А. Штык // Архитектура и строительство. – 2009. – № 3. – С. 26–27.
10. Курлаков, Д. В. Обследование и усиление деревянных перекрытий после огневого воздействия пожара в зданиях постройки конца XIX начала XX веков / Д. В. Курлаков // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций : материалы XVIII науч.-метод. конф. ВИТУ, Санкт-Петербург, 13 марта 2014 г. / ВИ (ИТ) ВА МТО (ВИТУ) ; редкол.: Д. В. Курлаков [и др.]. – СПб., 2014. – С. 76–84.

11. Дмитриев, П. А. Огнестойкость соединений деревянных элементов на стальных цилиндрических нагелях / П. А. Дмитриев, И. М. Заварькин // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1988. – № 6. – С. 133–137.
12. Романенков, И. Г. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов / И. Г. Романенков, В. Н. Зигерн-Корн. – М. : Стройиздат, 1984. – 241 с.
13. Ломакин, А. Д. Защита деревянных конструкций / А. Д. Ломакин. – М. : РИФ «Стройматериалы», 2013. – 424 с.
14. Жук, В. В. Исследование соединений деревянных конструкций на металлических зубчатых пластинах при действии кратковременных нагрузок / В. В. Жук, Д. В. Мелюх // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) : сб. ст. междунар. науч.-техн. конф., Брест, 30–31 марта 2017 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2017. – С. 47–50.
15. Исследование работы металлической пластины в соединениях деревянных конструкций и разработка метода расчета : отчёт о НИР / Горьк. инж.-строит. ин-т им. В.П. Чкалова ; рук. Е. А. Кравцов. – Горький, 1981. – 83 с. – № ГР81086250.
16. Иванова, Е. К. Огнестойкость клееных деревянных стоек / Е. К. Иванова // Исследования по деревянным конструкциям / МИСИ им. В. В. Куйбышева ; под общ. ред. В. В. Большакова, А. Е. Кагана. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1958. – Сборник трудов № 13. – С. 181–190.
17. Кротов, Е. Г. Технология дерева / Е. Г. Кротов. – 2-е изд. – М.-Л. : Государственное лесное техническое издательство, 1932. – 368 с.
18. Справочное руководство по древесине. Лаборатория лесных продуктов США : пер. с англ. / под ред. С. Н. Горшина [и др.]. – М. : Лесн. пром-сть, 1979. – 544 с.
19. Кошелева, О. Э. Термический анализ древесины. Часть I / О. Э. Кошелева, В. А. Логвиненко // Изв. вузов. Строительство. – 2016. – № 2. – С. 98–103.
20. Кошелева, О. Э. Термический анализ древесины. Часть II / О. Э. Кошелева, В. А. Логвиненко // Изв. вузов. Строительство. – 2016. – № 3. – С. 95–99.
21. Чижек, Я. Свойства и обработка древесностружечных и древесноволокнистых плит : пер. с чешск. / Я. Чижек ; отв. ред. В. Д. Бекетов. – М. : Лесн. пром-сть, 1989. – 392 с.
22. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1980. – 40 с.
23. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – Введ. 05.20.2011. – М. : Минрегион России, 2010. – 86 с.
24. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений / НИИСК. – М. : Стройиздат, 1989. – 104 с.
25. Герасимович, А. И. Математическая статистика / А. И. Герасимович, Я. И. Матвеева. – Минск : Вышэйшая школа, 1978. – 200 с.
8. Prospekt koncerna «Sistembay Wolf». Metallicheskie plity s gvozdevymi soedinenijami.
9. Shtyk, A. Ognestojkost' derevjannyh kleennyh konstrukcij so stal'nymi vkleennymi sterzhnjami / A. Shtyk // Arhitektura i stroitel'stvo. – 2009. – № 3. – С. 26–27.
10. Kurlakov, D. V. Obsledovanie i usilenie derevjannyh perekrytij posle ognеvogo vozdeystvija pozhara v zdaniyah postrojki konca XIX nachala XX vekov / D. V. Kurlakov // Defekty zdaniy i sooruzhenij. Usilenie stroitel'nyh konstrukcij : materialy XVIII nauch.-metod. konf. VITU, Sankt-Peterburg, 13 marta 2014 g. / VI (IT) VA MTO (VITU) ; redkol.: D. V. Kurlakov [i dr.]. – SPb., 2014. – С. 76–84.
11. Dmitriev, P. A. Ognestojkost' soedinenij derevjannyh jelementov na stal'nyh cilindricheskih nageljah / P. A. Dmitriev, I. M. Zavarykin // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. – 1988. – № 6. – С. 133–137.
12. Romanenkov, I. G. Ognestojkost' stroitel'nyh konstrukcij iz jeffektivnyh materialov / I. G. Romanenkov, V. N. Zigern-Korn. – М. : Strojizdat, 1984. – 241 s.
13. Lomakin, A. D. Zashhita derevjannyh konstrukcij / A. D. Lomakin. – М. : RIF «Strojmaterialy», 2013. – 424 s.
14. Zhuk, V. V. Issledovanie soedinenij derevjannyh konstrukcij na metallicheskih zubchatyh plastinah pri dejstvii kratkovremennyh nagruzok / V. V. Zhuk, D. V. Meljuh // Teorija i praktika issledovaniy i proektirovaniya v stroitel'stve s primeneniem sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR) : sb. st. mezhdunar. nauch.-tehn. konf., Brest, 30–31 marta 2017 g. / Brest. gos. tehn. un-t ; redkol.: S. M. Semenjuk [i dr.]. – Brest : BrGTU, 2017. – S. 47–50.
15. Issledovanie raboty metallicheskoj plastiny v soedinenijah derevjannyh konstrukcij i razrabotka metoda rascheta : otchjot o NIR / Gor'k. inzh.-stroit. in-t im. V. P. Chkalova ; ruk. E. A. Kravcov. – Gor'kij, 1981. – 83 s. – № GR81086250.
16. Ivanova, E. K. Ognestojkost' kleennyh derevjannyh stоек / E. K. Ivanova // Issledovaniya po derevjannym konstrukcijam / MISI im. V. V. Kujbysheva ; pod obshh. red. V. V. Bol'shakova, A. E. Kagana. – М. : Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nyim materialam, 1958. – Sbornik trudov № 13. – S. 181–190.
17. Krotov, E. G. Tehnologija dereva / E. G. Krotov. – 2-e izd. – М.-Л. : Gosudarstvennoe lesnoe tehniceskoe izdatel'stvo, 1932. – 368 s.
18. Spravochnoe rukovodstvo po drevesine. Laboratorija lesnyh produktov SShA : per. s angl. / pod red. S. N. Gorshina [i dr.]. – М. : Lesn. prom-st', 1979. – 544 s.
19. Kosheleva, O. Je. Termicheskij analiz drevesiny. Chast' I / O. Je. Kosheleva, V. A. Logvinenko // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2016. – № 2. – S. 98–103.
20. Kosheleva, O. Je. Termicheskij analiz drevesiny. Chast' II / O. Je. Kosheleva, V. A. Logvinenko // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2016. – № 3. – S. 95–99.
21. Chizhek, Ja. Svojstva i obrabotka drevесnostruzhechnyh i drevесnovoloknistyh плит : per. s cheshsk. / Ja. Chizhek ; otv. red. V. D. Beketov. – М. : Lesn. prom-st', 1989. – 392 s.
22. Rekomendacii po ispytaniyu soedinenij derevjannyh konstrukcij / CNIISK im. V. A. Kucherenko. – М. : Strojizdat, 1980. – 40 s.
23. SP 64.13330.2011. Derevjannye konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNIp II-25-80. – Vved. 05.20.2011. – М. : Minregion Rossii, 2010. – 86 s.
24. Rekomendacii po ocenke sostojanija i usileniju stroitel'nyh konstrukcij promyshlennyh zdaniy i sooruzhenij / NIISK. – М. : Strojizdat, 1989. – 104 s.
25. Gerasimovich, A. I. Matematicheskaja statistika / A. I. Gerasimovich, Ja. I. Matveeva. – Minsk : Vyshnejshaja shkola, 1978. – 200 s.

#### References

1. Prospekt kompanii «Automejdit Bilding Kompounents» Sistema Gang Nail (Gjeng-Nejl).
2. Informationsdienst holz / Aussteifund von NP-Konstruktionen. Holzbau handbuch. Reihe 2. Teil 12. Folge 3.
3. Prospekt firmy «Volf-sistema». Tehnika so znakom kachestva.
4. Informationsdienst holz / Konstruktionen gestalten: Bauen mit Nagelplatten.
5. Soedinenie derevjannyh konstrukcij / S. B. Turkovskij [i dr.] ; Vsesojuz. nauch.-issled. in-t inform. po stroitel'stvu. – М., 1988. – Вып. 3. – 44 s. – (Stroitel'stvo i arhitektura).
6. Rekomendacii po proektirovaniyu i izgotovleniju doshnyh konstrukcij s soedinenijami na metallicheskih zubchatyh plastinah. – М. : CNIISK, 1983. – 40 s.
7. Prospekt koncerna «Sistembay Wolf». Obratno k prirode.

Материал поступил 12.04.2023, одобрен 14.06.2023, принят к публикации 14.06.2023