

УДК 614.841.45

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-57-67](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-57-67)

EDN: JLCOIO

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

М.А. КОМАРОВА¹, канд. хим. наук

И.А. ГРИШИН¹

М.В. ШАЛАБИН¹

А.Н. СТРЕКАЛЕВ¹

Н.О. МЕЛЬНИКОВ^{1,2,✉}, канд. техн. наук

¹ Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко, 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

² Российский химико-технологический университет (РХТУ) им. Д.И. Менделеева, Миусская площадь, д. 9, стр. 1, г. Москва, 125047, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Деревянное домостроение сегодня снова весьма популярно. Появляются новые деревянные конструкции, свойства которых не изучены, и не существует норм пожарной безопасности для их применения.

Целью настоящей работы является получение данных по огнестойкости и пожарной опасности комбинированных металлодеревянных конструкций, используемых в перекрытиях для жилых и общественных зданий.

Материалы и методы. В работе методами определения предела огнестойкости и класса пожарной опасности проведены испытания фрагмента металлодеревянной конструкции перекрытия размером 4300 × 2000 мм и толщиной 160 мм.

Результаты. По результатам испытаний установлено, что предел огнестойкости образцов при приложении вертикальной равномерно распределенной нагрузки 520 кг/м² составил REI 60, а при нанесении на образцы с внешних сторон огнезащитного состава «Эврика» с расходом 500 г/м² он увеличивается до REI 90. Класс пожарной опасности образцов без огнезащитных средств соответствует K3(15), а при их нанесении соответствует K0(15).

Выводы. Новые экспериментальные данные будут использованы при подготовке изменений в СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» для обеспечения нормативных требований пожарной безопасности для данных конструкций.

Ключевые слова: металлодеревянные конструкции, CLT-панели, огнестойкость, огнезащита строительных конструкций, огнезащитные покрытия

Для цитирования: Комарова М.А., Гришин И.А., Шалабин М.В., Стрекалев А.Н., Мельников Н.О. Исследование огнестойкости и пожарной опасности комбинированных металлодеревянных конструкций. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;39(4):57–67. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-57-67](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-57-67)

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ между АО «НИЦ «Строительство» и ФАУ «ФЦС».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 25.10.2023

Поступила после рецензирования 20.11.2023

Принята к публикации 23.11.2023

FIRE RESISTANCE AND FIRE HAZARD STUDY OF COMBINED METAL-TIMBER STRUCTURES

M.A. KOMAROVA¹, Cand. Sci. (Chem.)

I.A. GRISHIN¹

M.V. SHALABIN¹

A.N. STREKALEV¹

N.O. MELNIKOV^{1,2,✉}, Cand. Sci. (Engineering)

¹ Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation

² Russian Chemical-Technological University named after D.I. Mendeleev, Miusskaya Square, 9, bld. 1, Moscow, 125047, Russian Federation

Abstract

Introduction. Due to the increasing popularity of timber housing construction, new timber structures with unstudied properties appear provided with no fire safety standards of their use.

Aim: to obtain data on fire resistance and fire hazard of combined metal-timber structures, used in floors of residential and public buildings.

Materials and methods. In the study, a fragment of a combined metal-timber floor structure with a size of 4300 × 2000 mm and a thickness of 160 mm was tested using the methods for determining fire resistance and fire hazard classes.

Results. According to the test results, uncoated samples under a vertical uniformly distributed load of 520 kg/m² were classified as REI 60, while the Evrika fire retardant, applied to samples from the outside at a consumption of 500 g/m², has improved their fire resistance to REI 90. The fire hazard class of uncoated samples and coated with fire retardants corresponds to K3(15) and K0(15), respectively.

Conclusion. New experimental data will be used in the preparation of amendments to SP 64.13330.2017 “SNIIP II-25-80 Timber Structures” for ensuring regulatory fire safety requirements to these structures.

Keywords: metal-timber structures, CLT-panels, fire resistance, fire protection of building structures, fire-retardant coatings

For citation: Komarova M.A., Grishin I.A., Shalabin M.V., Strekalev A.N., Melnikov N.O. Fire resistance and fire hazard study of combined metal-timber structures. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;39(4):57–67. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-57-67](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-57-67)

Author contribution statements

The authors contributed equally to this work.

Funding

The study was carried out within the framework of contractual works between JSC Research Center of Construction and the Federal Center for Regulation and Standardization.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 25.10.2023

Revised 20.11.2023

Accepted 23.11.2023

В настоящее время с учетом развития новых технологий в строительстве, повышения интереса к вопросам экологии и энергосбережения набирает популярность использование деревянных конструкций при строительстве зданий и сооружений, в том числе многоэтажных. Разрабатываются и внедряются новые нормативные документы по деревянному строительству. Например, специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработаны и введены в действие СП 451.1325800.2019 [1] и СП 452.1325800.2019 [2], регулирующие вопросы проектирования жилых и общественных зданий высотой до 28 м с применением деревянных несущих, самонесущих или ограждающих конструкций.

Сегодня в России помимо классических деревянных конструкций производятся и находят широкое применение в строительстве многослойные деревянные перекрестно клееные (ДПК) панели. Продукция известна за рубежом под аббревиатурой CLT (англ. Cross-Laminated Timber). CLT – это деревянная панель, изготовленная из склеенных между собой слоев сплошного пиломатериала, изготовленного, как правило, из хвойных, высушенных пород древесины. На ее основе производятся массивные деревянные панели.

Во многих современных работах [3–7] проведенные исследования показывают перспективы развития в России деревянного многоэтажного домостроения, в том числе с применением CLT-панелей, не уступающего железобетону и другим конструкционным материалам по своим эксплуатационным характеристикам, степени безопасности и энергоэффективности.

CLT-панели могут применяться как ограждающие конструкции [8] и как эффективный материал для несущих конструкций. Основные преимущества и свойства CLT-технологии: свобода выбора архитектурного стиля; минимальные сроки монтажа; экологичность; высокая прочность, позволяющая соперничать с такими материалами, как камень или кирпич, и выдерживать землетрясения до 7,5 балла [9].

Множество положительных качеств дало понять, что потенциал данной технологии не исчерпывается малоэтажным строительством. В Европе, США, Канаде появились и стали реализовываться проекты 6-, 9- и 10-этажных зданий, размещаемых в городской застройке. Существуют проекты складских, производственных зданий, транспортных объектов, спортивных сооружений [10].

Существует опыт применения таких панелей и в условиях Крайнего Севера. Например, в работе [11] на основе сравнения выявлены положительные аспекты применения материала в городах арктического региона. Рассмотрены примеры жилой застройки из CLT-панелей в России, Норвегии, Швеции, Финляндии, определены основные характеристики архитектурных решений.

В многоэтажных сооружениях из металлических конструкций в качестве плит перекрытий также могут быть использованы перекрестно клееные CLT-панели, что обеспечит пространственную жесткость за счет совместной работы стальных конструкций и плит из древесины.

Преимуществами такой конструктивной схемы являются отсутствие «мокрых» процессов при строительстве и достаточно высокий уровень предварительной заводской готовности конструкций зданий, простота их транспортировки и монтажа. Применение плит CLT для перекрытий, в сравнении с железобетонными конструкциями, позволит снизить расходы на фундаменты за счет уменьшения веса несущих конструкций здания.

В Российской Федерации широкое применение древесины сдерживается как традиционным представлением о повышенной пожарной опасности зданий с применением деревянных конструкций, так и недостаточной нормативной урегулированностью вопросов деревянного домостроения, в первую очередь связанных с обеспечением пожарной безопасности. При этом необходимо отметить, что CLT-панели обладают уникальными характеристиками, в том числе и повышенными показателями пожарной безопасности, по сравнению с традиционными конструкциями из древесины. Применение CLT-панелей требует дополнительных исследований влияния их на пожарную безопасность зданий и сооружений, возводимых с их применением. При этом научных исследований в этой области не так много. В работах [12–15] на основе огневых испытаний, аналитических исследований и расчетов представлены показатели пожарной безопасности деревянных CLT-панелей, рассмотрены процессы распространения горения и обугливания, сделаны предложения о необходимости учета при конструировании таких панелей снижения их несущей способности при пожаре, предложены технические решения по обеспечению пожарной безопасности за счет применения систем противопожарной защиты.

Основными элементами здания с каркасной конструктивной схемой, обеспечивающими пространственную жесткость и геометрическую неизменяемость, как правило, являются:

- ядро жесткости, в котором располагаются лестничные площадки и лифтовые шахты;
- сборные сплошные плиты перекрытия;
- отдельные внутренние стены, выполняющие функции диафрагм жесткости;
- наружные стены, участвующие в обеспечении жесткости.

Опыт строительства зданий с применением стальных и деревянных конструкций показывает, что для таких зданий до 12 этажей жесткость обеспечивается за счет совместной работы ядра жесткости и сборных сплошных плит перекрытия. Для зданий выше 12 этажей для обеспечения жесткости необходимо включение в работу дополнительно диафрагм и/или наружных стен.

Вместе с тем, СП 64.13330.2017 [16] не содержит норм (технических требований) к огнестойкости и пожарной безопасности комбинированных металлодеревянных конструкций в перекрытиях для жилых и общественных зданий.

Таким образом, на сегодня существует необходимость развития нормативной базы в части норм (технических требований) к огнестойкости и пожарной безопасности к металлодеревянным конструкциям в перекрытиях для жилых и общественных зданий. Доработка существующих технических решений по огнестойкости и пожарной безопасности металлодеревянных конструкций в перекрытиях для жилых и общественных зданий с помощью стандартизированных (стандартизованных) материалов и внедрение в СП 64.13330.2017 [16]

технических требований (норм), направленных на обеспечение огнестойкости и снижение пожарной опасности металлодеревянных конструкций.

Целью представленной работы* является получение достоверных экспериментальных и расчетных данных для развития нормативной базы в части назначения технических требований к огнестойкости и пожарной безопасности комбинированных металлодеревянных конструкций в перекрытиях для жилых и общественных зданий.

Для выполнения поставленных целей была разработана программа экспериментальных исследований, состоящая из:

- определения пределов огнестойкости образцов конструкций в соответствии с ГОСТ 30247.1-94 [17]. Определяемые предельные состояния: потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности;
- определения класса пожарной опасности образцов конструкций в соответствии с ГОСТ 30403-2012 [18]. *Пожарную опасность конструкции характеризуют:*
 - наличием теплового эффекта от горения материалов образца, который выражается в превышении температуры в тепловой камере по сравнению с верхней допустимой границей температурного режима;
 - наличием пламенного горения газов, выделяющихся при термическом разложении материалов образца, продолжительностью более 5 с;
 - наличием горящего расплава при продолжительности его горения более 5 с;
 - размером повреждения образца в контрольной зоне.

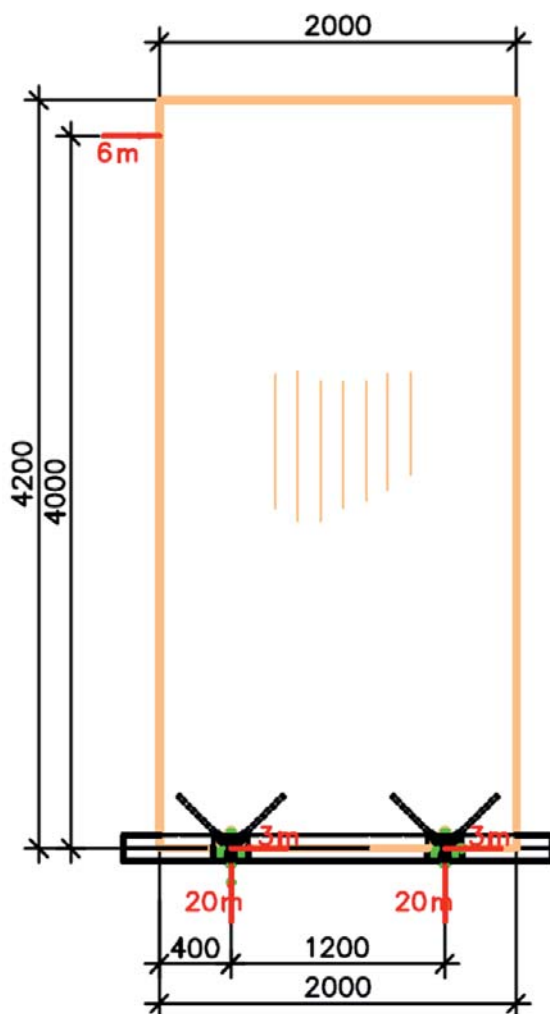


Рис. Схема образца металлодеревянной конструкции перекрытия для испытаний на огнестойкость
Fig. Scheme of a metal-timber floor sample for fire resistance tests

* Работа выполнялась в рамках мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере Государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» по Государственному заданию на выполнение услуг (работ) Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» от 29 декабря 2022 г. № 069-00003-23-00 по реализации комплекса мероприятий по развитию нормативной технической и научной базы в области строительства с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях в соответствии с требованиями Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Для проведения испытаний изготавливали следующие образцы:

1. Для определения предела огнестойкости – фрагмент конструкции перекрытия размером 4300×2000 мм, толщина деревянной плиты – 160 мм. Плита по двум краям закреплена на стальных ригелях (двутавр 20Б1 по ГОСТ Р 57837-2017 [19], длина – 2000 мм).

Схема образца представлена на рисунке.

2. Для определения класса пожарной опасности – фрагмент конструкции перекрытия размером 2400×1300 мм, толщина деревянной плиты – 160 мм. Плита по двум краям закреплена на стальных ригелях (двутавр 20Б1 по ГОСТ Р 57837-2017 [19], длина – 1300 мм).

Размеры образцов выбраны согласно требованиям п. 6 ГОСТ 30247.1-94 [17] и п. 6.3 ГОСТ 30403-2012 [18] как минимально допустимые при проведении испытаний на огнестойкость и пожарную опасность соответственно.

Также проведены аналогичные испытания фрагментов конструкций по тем же параметрам с нанесением средств огнезащиты с расходом 500 г/м^2 по ГОСТ Р 59274-2020 [20] на деревянную плиту и по ГОСТ Р 59272-2020 [21] на стальной ригель.

При определении предела огнестойкости вертикальная равномерно распределенная нагрузка составляла 520 кг/м^2 и горизонтальная точечная боковая нагрузка величиной 85 кН, приложенная на расстоянии $L/10$ от свободно опираемого края плиты перекрытия ($L = 4200$ мм), устанавливались за 30 мин до начала испытания и поддерживались постоянными в течение всего времени. В процессе проведения испытаний температурный режим в огневой камере печи соответствовал п. 6. ГОСТ 30247.0-94 [22].

В соответствии с ГОСТ 30247.1-94 [17] оценивались:

Потеря несущей способности R вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций. Прогиб конструкций оценивался в пролетах между опорами равными 4000 мм. Предельно допустимые значения по потере несущей способности составляют:

– по прогибу $L/20$ – 20,0 см;

– по скорости нарастания деформации $L^2/(9000 h)$ – 1,1 см/мин.

Потеря теплоизолирующей способности I вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140°C или на любой точке этой поверхности более чем на 180°C в сравнении с температурой конструкции до испытания или более 220°C независимо от температуры конструкции до испытания.

Потеря целостности E в результате образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя. В процессе испытания потерю целостности определяют при помощи ватного тампона по ГОСТ 30247.0-94 [22], который помещают в металлическую рамку с держателем и подносят к местам, где ожидается проникновение пламени или продуктов горения, и в течение 10 с держат на расстоянии 20–25 мм от поверхности образца.

Результаты испытаний образцов по определяемым предельным состояниям: потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности – представлены в табл. 1.

Результаты испытаний по определению класса пожарной опасности вертикальной строительной конструкции в соответствии с ГОСТ 30403-2012 [18] представлены в табл. 2.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие **выводы:**

Предел огнестойкости образцов фрагмента комбинированных металлодеревянных конструкций в перекрытиях для жилых и общественных зданий толщиной 160 мм при приложении

Таблица 1

Результаты испытаний по определению предельных состояний: потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности

Table 1

Limit state test results: loss of bearing capacity, loss of integrity, loss of thermal insulation capacity

№ п/п	ГОСТ	Наименование контролируемого параметра	Значение параметра		
			по ГОСТ	Фактическое	
				образец исходный	образец с огнезащитой
1	п. 6.1 ГОСТ 30247.0-94 [22]	Температурный режим в огневой камере	$T - T_o = 345 \lg (8t + 1)$	в норме	в норме
2	Продолжительность проведения испытаний			82 мин	110 мин
3	ГОСТ 30247.1-94 [17]	Потеря теплоизолирующей способности [I]	$T_{cp} = T_o + 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_n = T_o + 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_n = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$	не наступила	не наступила
4	ГОСТ 30247.1-94 [17]	Потеря целостности [E]	образование сквозных трещин или отверстий	не наступила	не наступила
5	ГОСТ 30247.1-94 [17]	Потеря несущей способности [R]	обрушение конструкции	наступила на 82 мин	наступила на 110 мин
			прогиб свыше величины $L/20$	не наступила	не наступила
			скорость нарастания деформации выше величины $L^2/(9000\text{ }h)$	превышение на 81 мин	наступила на 109 мин

вертикальной равномерно распределенной нагрузки 520 кг/м² составил REI 60. При нанесении на образцы с внешних сторон огнезащитного состава «Эврика» с расходом 500 г/м² предел огнестойкости увеличивается до REI 90.

Класс пожарной опасности образцов без огнезащитных средств соответствует КЗ(15), а при нанесении огнезащитного состава «Эврика» с расходом 500 г/м² соответствует К0(15).

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при разработке технических решений по обеспечению нормативных требований, установленных для данных конструкций, в том числе по применению средств огнезащиты, а также при разработке нормативных документов, в частности при подготовке изменений в СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» [16].

Результаты испытаний по определению класса пожарной опасности

Таблица 2

Table 2

Results of fire hazard classification tests

№ п/п	Наименование нормативного документа	Наименование контролируемого параметра	Значение параметра		
			по ГОСТ	образец исходный	образец с огнезащитой
1	п. 6.1 ГОСТ 30247.0-94 [22]	Температурный режим в огневой камере	$T - T_0 = 345lg (8t + 1)$	В пределах нормы	
2	п. 7.4 ГОСТ 30403-2012 [18]	Температурный режим в тепловой камере	$T - T_0 = 200lg (8t + 1)$	В пределах нормы	
3		Продолжительность испытания			15 мин
4	п. 4.2, 10.1 ГОСТ 30403-2012 [18]	Наличие теплового эффекта	Горение или термическое разложение составляющих конструкцию материалов	Наличие	Отсутствует
5	п. 4.2, 9.10 ГОСТ 30403-2012 [18]	Наличие пламенного горения газов	Термическое разложение составляющих конструкцию материалов с выделение газов и их последующим воспламенением более 5 с	Отсутствует	Отсутствует
6	п. 4.2, 9.11 ГОСТ 30403-2012 [18]	Наличие расплавов	Наличие горящих капель, вытекающих из торцов образца или стекающих по поверхности образца в пределах контрольной зоны	Отсутствует	Отсутствует
7	п. 4.2, 9.13, 9.14, 9.15 ГОСТ 30403-2012 [18]	Повреждение конструкции и составляющих ее материалов в пределах контрольной зоны	Обугливание, оплавление и выгорание материалов, из которых изготовлена конструкция, на глубину более 2 мм.	Наличие	Отсутствует
			Повреждение материала длиной более 50 мм. Повреждение материала заполнения стыка более 800 мм	Наличие Наличие	Отсутствует Отсутствует
8	п. 4.2, 9.12 ГОСТ 30403-2012 [18]	Время образования повреждений	Появление и характер развития в образце трещин, отверстий, отслоений, раскрытие стыков, появление дыма, пламени, изменение цвета и состояния поверхностей	Отсутствует	Отсутствует
9	п. 6.4, 10.3 ГОСТ 30403-2012 [18]	Пожарная опасность материалов, составляющих конструкцию	Материалы и детали образцов, подлежащих испытанию, должны соответствовать технической документации на их изготовление и применение	Соответствуют	Соответствуют
10	п. 6.3 ГОСТ 30403-2012 [18]	Габаритные размеры образца	Испытуемые образцы должны иметь длину не менее 2,4 м, ширину не менее 1,3 м, толщину – по технической документации	Соответствуют	Соответствуют

Список литературы

1. СП 451.1325800.2019. Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. Москва: Стандартинформ; 2020.
2. СП 452.1325800.2019. Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. Москва: Стандартинформ; 2020.
3. Есауленко И.В. Перспективы развития высотного деревянного домостроения в России на примере зарубежного опыта. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2021;(4):17–25. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2021-4-17-25>
4. Ван-Хо-Бин Е.А. Перспективы строительства высотных зданий из CLT-панелей в России. Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2016;3:213–217.
5. Туманов А.В., Иванцов Р.А., Пензяков В.Д., Шитова И.Ю. Перспективы многоэтажного деревянного строительства из CLT-панелей в России. *Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование*. 2021;(1):43–49.
6. Ляпина Д.А. Перспективы развития строительства домов из деревянных CLT панелей в России. В: *Образование. Наука. Производство*. XIII Международный молодежный форум. Белгород; 2021, с. 1752–1753.
7. Журович Е.А., Козлова К.С., Шкорко М.Ю. CLT-панели – перспективный строительный материал. *Журнал естественнонаучных исследований*. 2017;2(4):89–98.
8. Третьяков Н.В., Вохрамеева П.С. Ограждающие конструкции каркасных зданий с применением CLT-панелей. В: *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. Строительство: сборник статей. Самара: Самарский государственный технический университет; 2019, с. 56–61.
9. Бойтемирова И.Н., Давыдова Е.А. CLT-панели – эффективный материал из древесины для несущих и ограждающих конструкций зданий. *Вестник научных конференций*. 2016;(12-1):18–21.
10. Мавлюбердинов А.Р., Хоцанян Д.Н. Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018;(1):219–225.
11. Якуненкова М.С., Осетрина Д.А. Возможность использования CLT-панелей в жилом строительстве для условий Салехарда. *Современное строительство и архитектура*. 2022;(6):4–9. <https://doi.org/10.18454/tmca.2022.30.6.001>
12. Амельчугов С.П., Тарасов И.В., Шубкин Р.Г., Иванов Д.В., Никулин М.А. Пожарная безопасность несущей звукозащитной деревянной CLT панели. *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2022;(2):9–14. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.35.47.001>
13. Захватов Д.М., Жантлисов Т.А., Рузаев С.Н. Оценка пожарной опасности конструкций из CLT панелей. В: *Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности*. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург; 2022, с. 128–132.
14. Захватов Д.М., Рузаев С.Н. Пожарная безопасность конструкций из CLT панелей. В: *В фокусе достижений молодежной науки*. Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. Оренбург; 2023, с. 195–197.
15. Пехотикив А.В., Абашкин А.А., Голкин А.В., Гомозов А.В. Особенности противопожарной защиты многоквартирных жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины. В: *Актуальные проблемы пожарной безопасности*. Материалы XXXV Международной научно-практической конференции. Москва; 2023, с. 348–357.
16. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 [интернет]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744725.pdf>
17. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. Москва: Издательство стандартов; 1995.
18. ГОСТ 30403-2012. Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность. Москва: Стандартинформ; 2014.
19. ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
20. ГОСТ Р 59274-2020. Огнезащитный состав (покрытие) по древесине на основе композиции из полимерных эмульсий. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2021.
21. ГОСТ Р 59272-2020. Огнезащитный состав (покрытие) по стали на неорганическом вяжущем. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2021.
22. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. Москва: Издательство стандартов; 2003.

References

1. SP 451.1325800.2019. Public buildings with wooden structures. Design rules. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).
2. SP 452.1325800.2019. Multicompartment residential buildings with wooden structures. Design rules. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).
3. *Esaulenko I.V.* Prospects for the development of high-rise wooden housing construction in Russia on foreign experience. Architecture, construction, transport. 2021;(4):17–25. (In Russian). <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2021-4-17-25>
4. *Van-Kho-Bin E.A.* Perspectives for the High-Rise Buildings Construction from CLT-Panels in Russia. New ideas of new century: materials of the international scientific conference FAD TOGU. 2016;3:213–217. (In Russian).
5. *Tumanov A.V., Ivantsov R.A., Penzyakov V.D., Shitova I.Y.* Prospects of multi-storey wooden construction from CLT panels in Russia. PGUAS Bulletin: construction, science and education. 2021;(1):43–49. (In Russian).
6. *Lyapina D.A.* Prospects for the development of construction of houses made of wooden CLT panels in Russia. In: Education. Science. Production. XIII International Youth Forum. Belgorod; 2021, pp. 1752–1753. (In Russian).
7. *Zhirovich E.A., Kozlova K.S., Shkorko M.Yu.* CLT-panels – promising building material. Journal of Natural Science Research. 2017;2(4):89–98. (In Russian).
8. *Tretyakov N.V., Vokhrameeva P.S.* Enclosing structures of frame building made with the use of CLT-panels. In: Traditions and innovations in construction and architecture. Construction. Collection of articles. Samara: Samara State Technical University; 2019, pp. 56–61. (In Russian).
9. *Boytemirova I.N., Davydova E.A.* CLT-panels – an effective wood material for load-bearing and enclosing structures of buildings. Bulletin of Scientific Conferences. 2016;(12-1):18–21. (In Russian).
10. *Mavlyuberdinov A.R., Khotsanian D.N.* Technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels. News of the Kazan State University of Architecture and Engineering. 2018;(1):219–225. (In Russian).
11. *Yakunenkova M.S., Osetrina D.A.* A possibility of using CLT panels in residential construction for Salekhard. Modern construction and architecture. 2022;(6):pp. 4–9 (In Russian). <https://doi.org/10.18454/mca.2022.30.6.001>
12. *Amelchugov S.P., Tarasov I.V., Shubkin R.G., Ivanov D.V., Nikulin M.A.* Fire safety of the sound-proof wooden CLT panel carrier. Siberian fire and rescue Bulletin. 2022;(2):9–14. (In Russian). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.35.47.001>
13. *Zaxvatov D.M., Zhantlisov T.A., Ruzaev S.N.* Fire hazard assessment of structures made of CLT panels. In: Regional problems of geology, geography, technosphere and environmental safety. Materials of the IV All-Russian scientific and practical conference. Orenburg; 2022, pp. 128–132. (In Russian).
14. *Zaxvatov D.M., Ruzaev S.N.* Fire safety of structures made of CLT panels. In: In the focus of achievements of youth science. Materials of the annual final scientific and practical conference. Orenburg; 2023, pp. 195–197. (In Russian).
15. *Pehotikov A.V., Abashkin A.A., Golkin A.V., Gomozev A.V.* Features of fire protection of multi-apartment residential buildings using structures made of cross-laminated wood. In: Actual problems of fire safety. Materials of the XXXV International Scientific and Practical Conference. Moscow; 2023, pp. 348–357. (In Russian).
16. SP 64.13330.2017. Timber structures. Updated version of SNiP II-25-80. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744725.pdf> (in Russian).
17. State Standard 30247.1–94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. Loadbearing and separating constructions. Moscow: Publishing house of standards; 1995. (In Russian).
18. State Standard 30403-2012. Building structures. Fire hazard test method. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).
19. State Standard R 57837-2017. Hot-rolled steel I-beams with parallel edges of flanges. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
20. State Standard R 59274-2020. Fire resistant coating for wood based on polymer-emulsion composition. Specification. Moscow: Standartinform Publ.; 2021. (In Russian).
21. State Standard R 59272-2020. Non-organic binder-based fire resistant coating for steel. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2021. (In Russian).
22. State Standard 30247.0-94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. General requirements. Moscow: Publishing house of standards; 2003. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Мария Александровна Комарова, канд. хим. наук, руководитель научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Maria A. Komarova, Cand. Sci. (Chem.), Bureau Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

Илья Александрович Гришин, заместитель руководителя научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
Il'ya A. Grishin, Deputy Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

Михаил Валерьевич Шалабин, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
Mikhail V. Shalabin, Laboratory Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

Александр Николаевич Стрекалев, заведующий сектором научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
Aleksandr N. Strekalev, Sectoral Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

Никита Олегович Мельников✉, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; доцент РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва
e-mail: No.melnikov@yandex.ru

Nikita O. Melnikov✉, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Senior Researcher, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; Associate Professor, Russian Chemical-Technological University named after D.I. Mendeleev, Moscow
e-mail: No.melnikov@yandex.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author