

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ И СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.А. КОМАРОВА¹, канд. хим. наук
И.А. ГРИШИН¹
Н.О. МЕЛЬНИКОВ^{1,2,✉}, канд. техн. наук
М.В. ШАЛАБИН¹
И.А. ВЛАСКИН²

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

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

Аннотация

Введение. Развитие деревянного домостроения требует совершенствования нормативной базы по пожарной безопасности применения строительных конструкций из новых видов древесных материалов, что невозможно без проведения исследований в части огнестойкости и пожарной опасности таких конструкций. Сегодня все большее распространение в строительстве получают новые виды материалов, такие как брус многослойный клееный из шпона (LVL), древесина перекрестноклееная (CLT) и брус многослойный клееный.

Целью настоящей работы является получение достоверных экспериментальных и расчетно-аналитических данных для создания рекомендаций по увеличению пределов огнестойкости и снижению пожарной опасности исследуемых строительных конструкций.

Материалы и методы. В работе методами определения предела огнестойкости по ГОСТ 30247.1-94 и класса пожарной опасности по ГОСТ 30403-2012 проведены испытания строительных конструкций, выполненных из новых видов древесных материалов, с различными облицовками и средствами огнезащиты.

Результаты. Применение облицовок и средств огнезащиты повышает пределы огнестойкости вертикальных и горизонтальных исследуемых деревянных конструкций: до R30 и K0(15) – при применении огнезащитной краски по ГОСТ Р 59274-2020 с расходом 800 г/м² – конструкций ферм, балок, прогонов и опорных колонн бесчердачных покрытий; до R120 и K0(45) – при применении усиленной конструктивной облицовки из гипсокартонного листа (2 листа по 12,5 мм) и негорючих минераловатных плит (толщина 50 мм) – несущих конструкций зданий: ферм, балок, и колонн.

Выводы. Результаты работы предполагается использовать при разработке и совершенствовании нормативных документов в области пожарной безопасности, в развитии дорожной карты деревянного домостроения при разработке нормативных документов, в частности при подготовке изменений в СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции».

Ключевые слова: деревянное домостроение, деревянные строительные конструкции, облицовочные материалы, средства огнезащиты, огнестойкость, класс пожарной опасности

Для цитирования: Комарова М.А., Гришин И.А., Мельников Н.О., Шалабин М.В., Власкин И.А. Повышение огнестойкости и снижение пожарной опасности строительных конструкций, выполненных из современных древесных материалов. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2025;44(1):40–60. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1\(44\)-40-60](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1(44)-40-60)

Вклад авторов

Комарова М.А. – постановка целей и задач исследования, участие в испытаниях, участие в написании статьи.

Гришин И.А. – разработка плана испытаний, участие в испытаниях, разработка проекта изменений.

Мельников Н.О. – участие в испытаниях, обработка экспериментальных данных, написание статьи.

Шалабин И.А. – подготовка образцов для проведения испытаний, участие в испытаниях, обработка экспериментальных данных.

Власкин И.А. – проведение расчетов и оформление графических зависимостей экспериментальных данных, участие в испытаниях.

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 24.01.2025

Поступила после рецензирования 01.03.2025

Принята к публикации 06.03.2025

INCREASING FIRE RESISTANCE AND REDUCING FIRE HAZARD OF BUILDING STRUCTURES MADE OF ADVANCED WOOD MATERIALS

M.A. KOMAROVA¹, Cand. Sci. (Chem.)

I.A. GRISHIN¹

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

M.V. SHALABIN¹

I.A. VLASKIN²

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 *Mendeleev University of Chemical Technology, Miusskaya Square, 9, bld. 1, Moscow, 125047, Russian Federation*

Abstract

Introduction. The development of wooden housing construction requires the improvement of regulatory framework for the fire safety of building structures made from advanced wood materials. This appears impossible without conducting research into the fire resistance and fire hazard of such structures. Advanced wood materials such as laminated veneer lumber (LVL), cross-laminated timber (CLT), and laminated timber become increasingly widespread in construction.

Aim. To obtain reliable experimental and analytical data on developing recommendations for increasing fire resistance limits and reducing fire hazard of the studied building structures.

Materials and methods. The article presents tests of building structures made from advanced wood materials with various claddings and fire protection coatings. The tests were performed using State Standard 30247.1-94 and State Standard 30403-2012 methods for determining the fire resistance limit and fire hazard class.

Results. The use of cladding and fire protection coatings increases the fire resistance limits of the studied vertical and horizontal wooden structures: up to R30 and K0(15) under State Standard R 59274-2020 fire-retardant paint with a consumption of 800 g/m² for trusses, beams, purlins, and column supports of attic-less roofs; up to R120 and K0(45) under reinforced structural cladding made of two 12.5 mm plasterboard sheets and 50 mm non-combustible mineral wool slabs for load-bearing structures of buildings, including trusses, beams, and columns.

Conclusions. We suppose to use the results of the study for the development and improvement of regulatory documents in the field of fire safety, as well as for the development of a roadmap for regulatory documents of wooden housing construction, in particular for preparing amendments to the SP 64.13330.2017 "SNiP II-25-80 Wooden Structures".

Keywords: wooden housing construction, wooden building structures, cladding materials, fire protection, fire resistance, fire hazard class

For citation: Komarova M.A., Grishin I.A., Melnikov N.O., Shalabin M.V., Vlaskin I.A. Increasing fire resistance and reducing fire hazard of building structures made of advanced wood materials. *VestnikNIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2025;44(1):40–60. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1\(44\)-40-60](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1(44)-40-60)

Authors contribution statement

Komarova M.A. – setting research goals and objectives, testing, writing the article.

Grishin I.A. – developing a test plan, testing, developing an amendment project.

Melnikov N.O. – testing, processing experimental data, writing the article.

Shalabin I.A. – preparing test samples, testing, processing experimental data.

Vlaskin I.A. – conducting calculations and processing experimental data, testing.

Funding

The study was carried out under the contract between JSC Research Center of Construction and Federal Center for Regulation, Standardization, and Technical Assessment in Construction (FAU "FCC").

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 24.01.2025

Revised 01.03.2025

Accepted 06.03.2025

Введение

Нормативная база РФ в области пожарной безопасности в настоящее время существенно ограничивает область применения деревянных элементов как для ограждающих, так и для несущих конструкций. Эти требования заложены в показателях пожарной опасности строительных материалов и конструкций, которые определяются согласно ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

В классификации строительных материалов и конструкций по пожарной опасности существуют недостатки, которые не позволяют отражать реальные условия пожара:

– не определяются такие параметры, как скорость тепловыделения, время достижения максимальной скорости тепловыделения, общее тепловыделение за определенное время, способность к образованию общей вспышки, определение максимального показателя дымообразующей способности и токсичности продуктов горения с учетом режима пожара и продолжительности огневого воздействия;

– существующие параметры пожарной опасности строительных материалов и конструкций не позволяют производить на их основе математическое моделирование пожара для различных сценариев при прогнозировании динамики образования опасных факторов пожара и расчета пожарного риска с учетом физико-химических параметров горения материалов для возможности успешной эвакуации людей на объектах разного функционального назначения;

– отсутствует взаимосвязь действующих нормируемых параметров пожарной опасности строительных материалов и конструкций с расчетом пожарного риска на объектах разного функционального назначения.

При этом зарубежные нормативные требования постоянно меняются в сторону возможности применения эффективных материалов для зданий более высокой этажности. Здания, которые в России могут иметь максимум 3 этажа, в Европе и Северной Америке разрешается строить высотой 8, 9 или даже 16 этажей.

Сегодня в деревянном домостроении развиваются новые технологии, наиболее перспективными из которых являются деревянные конструкции, выполненные из бруса многослойного клееного из шпона (LVL), древесины перекрестноклееной (CLT) и бруса многослойного клееного. СП 64.13330.2017 [2] не содержит исчерпывающий объем данных, необходимых для обеспечения требуемых пределов огнестойкости и классов пожарной опасности таких строительных конструкций.

Таким образом, выполнение работ по рассматриваемой проблеме является важной и актуальной задачей по внедрению эффективных материалов и конструкций в современное строительство в РФ.

Необходимо рассмотреть и экспериментально исследовать действительные пределы огнестойкости указанных конструкций, а также возможности повышения их огнестойкости и снижения пожарной опасности путем применения облицовок и средств огнезащиты.

Целью настоящей работы является получение достоверных экспериментальных и расчетно-аналитических данных для создания рекомендаций по увеличению пределов огнестойкости и снижению пожарной опасности строительных конструкций, выполненных из бруса многослойного клееного из шпона, древесины перекрестноклееной и бруса многослойного клееного (брус), используемых для многоквартирных жилых и общественных зданий.

Материалы и методы

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

– определения пределов огнестойкости образцов конструкций в соответствии с ГОСТ 30247.1-94 [3]. Определяемые предельные состояния: потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности;

– определения класса пожарной опасности образцов конструкций в соответствии с ГОСТ 30403-2012 [4]. 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.

Исследования проводились на конструкциях LVL, CLT и бруса с типовыми материалами облицовок и средств огнезащиты. Размеры образцов выбирались как максимально возможные по методикам проводимых испытаний.

Предел огнестойкости определялся для следующих видов конструкций:

- узел крепления главной балки длиной 2,7 м и второстепенной балки длиной 5,2 м, размер сечения 400 × 180 мм для LVL и 400 × 200 мм для бруса;
- узел крепления балки длиной 5,2 м и колонны высотой 2,5 м, размер сечения 400 × 180 мм для LVL и 400 × 200 мм для бруса;
- фрагмент конструкции стены из CLT с металлическими узлами крепления и примыкания к колонне, а также между панелями размером 3000 × 3000 мм, толщиной 200 мм. Узел крепления выполнен в виде закладной металлической пластины 100 × 100 × 10 мм, стянутой 4 болтами, утопленными и забитыми заглушками длиной 50 мм.

Узлы крепления испытывались под нагрузкой 5,5 тонн, приложенной в двух точках на каждой 1/3 длины пролета балки.

Класс пожарной опасности определяли на образцах в виде фрагмента конструкции стены размером 2400 × 1300 мм и толщиной 180 мм для LVL и 200 мм для CLT и бруса.

Эскизы испытываемых конструкций представлены на рис. 1–4.

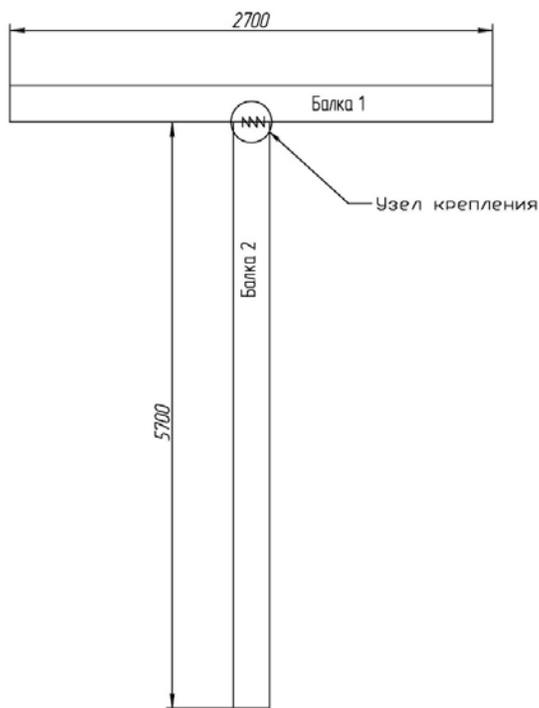


Рис. 1. Узел крепления главной и второстепенной балок

Fig. 1. Main and secondary beam attachment joint

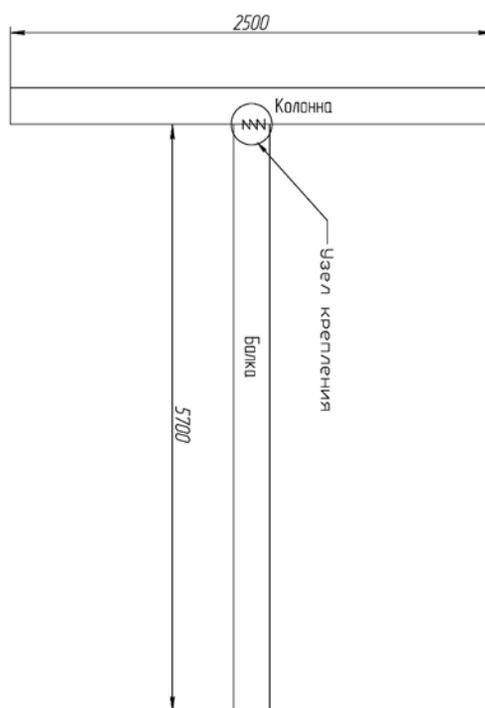


Рис. 2. Узел крепления балки и колонны

Fig. 2. Beam and column attachment joint

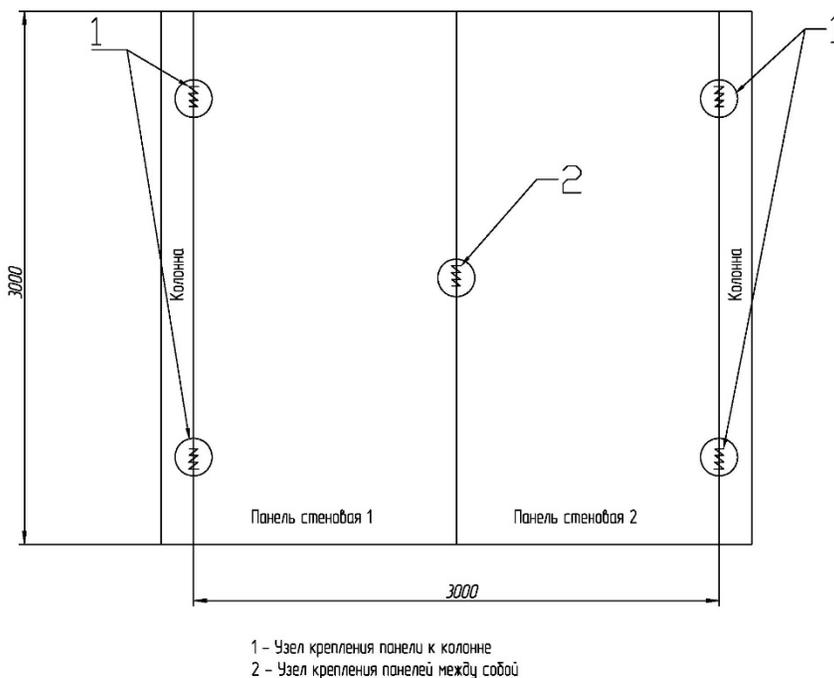


Рис. 3. Фрагмент конструкции стены с металлическими узлами крепления и примыкания к колонне
Fig. 3. Fragment of a wall structure with metal attachment and abutment joints to a column

В качестве облицовок и средств огнезащиты применялись следующие технические решения:

- огнезащитные краски по ГОСТ Р 59274-2020 [5] с расходом 800 г/м²;
- два слоя гипсокартонного листа (ГКЛ) толщиной 12,5 мм, каждый по ГОСТ 6266-97 [6].
- минераловатная плита 50 мм (минплита) и два слоя ГКЛ по ГОСТ 6266-97 [6].

Результаты

В работе проведена серия огневых и расчетно-аналитических исследований по определению фактических пределов огнестойкости и классов пожарной опасности и выработаны технические решения по обеспечению нормативных требований, установленных для данных конструкций, в том числе по применению средств огнезащиты.

На первом этапе необходимо было исследовать собственные пределы огнестойкости

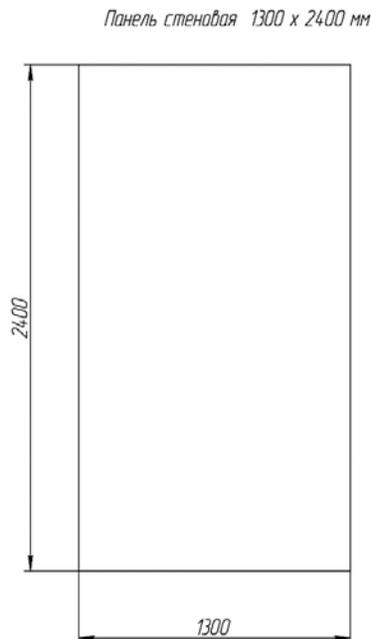


Рис. 4. Фрагмент конструкции стены
Fig. 4. Wall structure fragment

и классы пожарной опасности конструкций без применения огнезащитных материалов и облицовок.

Внешний вид конструкций узлов крепления «балка – балка» и «балка – колонна» перед испытанием представлен на рис. 5.

Внешний вид металлических узлов крепления «балка – балка» и «балка – колонна» представлен на рис. 6.

В результате проведенных испытаний установлено, что потеря несущей способности конструкций наступает при обрушении металлического узла крепления. Среднее время до потери несущей способности составило 23 минуты для всех видов конструкций. Внешний вид металлического узла крепления после проведения испытаний представлен на рис. 7.

Собственные пределы огнестойкости деревянных балок были рассчитаны по уменьшению их сечения в условиях пожара с распределенной нагрузкой 5,5 т, приложенной в двух точках на каждой 1/3 длины пролета. Схема нагружения балок и сечение при расчетах представлены на рис. 8.

Для балок сечением 400×200 мм под вышеуказанной нагрузкой прогиб составляет 5,4 мм, а предельный прогиб – 29,2 мм. При пожаре сечение балки будет уменьшаться со скоростью обугливания 0,7 мм/мин (в соответствии с [2, п. 10.4]), а температура начала обугливания составляет $270 \text{ }^\circ\text{C}$. Минимальное сечение балки, обеспечивающее прогиб не более 29,2 мм, составляет 90×290 мм, то есть такое сечение при пожаре с момента



Рис. 5. Внешний вид конструкции узлов «балка – балка» и «балка – колонна»
Fig. 5. Beam-beam and beam-column joints



а (a)



б (b)

Рис. 6. Внешний вид металлического узла крепления конструкций: а – «балка – балка»; б – «балка – колонна»
Fig. 6. Metal attachment joints of structures: a – beam-beam; b – beam-column



Рис. 7. Металлический узел крепления после проведения огневых испытаний
Fig. 7. Metal attachment joint after fire testing

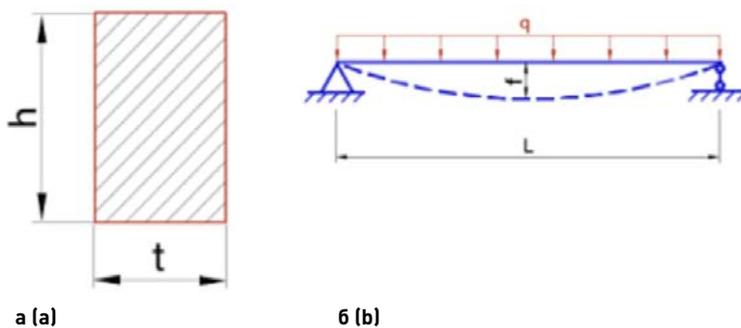


Рис. 8. Схема сечения (а) и нагружения балки (б) при расчетах
Fig. 8. Beam cross-section (a) and loading diagram (b) in calculations

начала обугливания будет через 78 мин, а если учесть время до начала обугливания, то можно принять собственный предел огнестойкости, равный 80 мин.

Для балок сечением 400×180 мм аналогичный расчет дает собственный предел огнестойкости, равный примерно 70 мин.

Таким образом, собственный предел огнестойкости незащищенных деревянных балок больше, чем у металлических узлов их крепления.

В результате проведенных исследований установлено, что предел огнестойкости незащищенных узлов крепления балок и колонн под нагрузкой независимо от вида древесного материала составляет R15 и определяется собственным пределом огнестойкости металлического узлового соединения, если он находится без защиты.

Огнестойкость незащищенного фрагмента конструкции стены из LVL и CLT с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне, а также между панелями размером 3000×3000 мм и толщиной 200 мм составил REI 90. При этом стоит отметить, что потеря несущей способности (R) определялась по достижению температуры 500°C на металлических элементах узлов крепления и примыкания, которые были выполнены в виде закладной металлической пластины $100 \times 100 \times 10$ мм, стянутой 4 болтами, утопленными и забитыми заглушками длиной 50 мм, прогрев которых составил 93 мин. Потеря целостности (E) наступила на 97 мин, при этом потеря теплоизолирующей способности (I) не наступила.

Класс пожарной опасности фрагментов конструкции стен из LVL, CLT и бруса размером 2400×1300 мм без применения облицовок и средств огнезащиты составляет КЗ, так как, в соответствии с [2, п. 10.14], незащищенная древесина относится к классу пожарной опасности элементов конструкций КЗ независимо от времени воздействия огня и требуемого предела огнестойкости.

Полученные в результате исследований данные по фактическим пределам огнестойкости строительных конструкций, выполненных из LVL и бруса, в том числе узловых соединений таких конструкций, ограничивают возможность применения незащищенных конструкций и их узловых соединений в строительстве зданий и сооружений многоквартирными жилыми домами, административными, сельскохозяйственными и складскими зданиями с ограниченной площадью этажа в пределах пожарного отсека и высотой не более 1–2 этажей.

Предел огнестойкости фрагмента конструкции несущей стены из CLT с металлическими узлами крепления и примыкания к колонне, а также между панелями составил REI90, что допускает применение таких конструктивных решений в зданиях II степени огнестойкости.

Для строительства зданий до 28 м пределы огнестойкости конструкций и узлов должны соответствовать требованиям [1, табл. 21, 22]:

- R90 (REI90), K0(45) – для несущих конструкций зданий, конструкций лестничных клеток, площадок и лестничных маршей;
- E15, K0 – для конструкций наружных ненесущих стен;
- REI45, K0(45) – для конструкций междуэтажных перекрытий;
- R15, K0(15) – для конструкций ферм, балок и прогонов бесчердачных покрытий.

С целью повышения пределов огнестойкости и классов пожарной опасности незащищенных конструкций и их узлов, исследуемых в настоящей работе, необходимо использование технических решений по их огнезащите. Для этого были проведены испытания облицовок и средств огнезащиты строительных конструкций.

Исследования класса пожарной опасности конструкций

Определялись классы пожарной опасности фрагмента вертикальной конструкции размером 2400 × 1300 мм, толщиной 200 мм для CLT и бруса и 180 мм для LVL, с облицовками и средствами огнезащиты, описанными выше. Внешний вид образцов до испытаний, в процессе и после представлен на рис. 9–17. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Необходимо отметить, что в процессе испытаний образцы с использованием двух листов ГКЛ показали класс K0(30), но их выгорание происходило после испытания в течение суток, поэтому им присвоен класс K3(30), как это предусмотрено ГОСТ 30403-2012 [4].

По результатам испытаний установлено, что вид древесного материала конструкции не влияет на показатели пожарной опасности.

Расчетно-аналитическое обоснование огнестойкости исследуемых конструкций с облицовками и средствами огнезащиты

При проведении огневых испытаний по определению классов пожарной опасности были получены экспериментальные данные для последующих расчетно-аналитических обоснований пределов огнестойкости узлов крепления с облицовками и средствами огнезащиты.

При исследовании фрагментов конструкций с нанесенной огнезащитной краской на класс пожарной опасности были получены профили динамики прогрева поверхности образца под огнезащитной краской (рис. 18).

Таблица 1
Результаты определения класса пожарной опасности конструкций

Table 1
Results of determining the fire hazard class of structures

№	Наименование материала	Средство огнезащиты	Результат
1	LVL, CLT, брус	Без применения	K3
2	LVL, CLT, брус	Огнезащитная краска	K0(15)
3	LVL, CLT, брус	2 листа ГКЛ	K3(30)
4	LVL, CLT, брус	Минплита + 2 листа ГКЛ	K0(45)



Рис. 9. Фрагмент конструкции стены с нанесенной огнезащитной краской перед испытаниями
Fig. 9. Fragment of a wall structure with applied fire-retardant paint before testing



Рис. 10. Фрагмент конструкции стены с нанесенной огнезащитной краской во время испытаний
Fig. 10. Fragment of a wall structure with applied fire-retardant paint during testing



Рис. 11. Фрагмент конструкции стены с нанесенной огнезащитной краской после испытаний
Fig. 11. Fragment of a wall structure with applied fire-retardant paint after testing



Рис. 12. Фрагмент конструкции стены с двумя слоями ГКЛ перед испытаниями
Fig. 12. Fragment of a wall structure with two plasterboard sheets before testing



Рис. 13. Фрагмент конструкции стены с двумя слоями ГКЛ во время испытаний
Fig. 13. Fragment of a wall structure with two plasterboard sheets during testing



Рис. 14. Фрагмент конструкции стены с двумя слоями ГКЛ после испытаний
Fig. 14. Fragment of a wall structure with two plasterboard sheets after testing



Рис. 15. Фрагмент конструкции стены с минераловатной плитой и двумя слоями ГКЛ перед испытаниями
Fig. 15. Fragment of a wall structure with a mineral wool slab and two plasterboard sheets before testing



Рис. 16. Фрагмент конструкции стены с минераловатной плитой и двумя слоями ГКЛ во время испытаний
Fig. 16. Fragment of a wall structure with a mineral wool slab and two plasterboard sheets during testing



Рис. 17. Фрагмент конструкции стены с минераловатной плитой и двумя слоями ГКЛ после испытаний
Fig. 17. Fragment of a wall structure with a mineral wool slab and two plasterboard sheets after testing

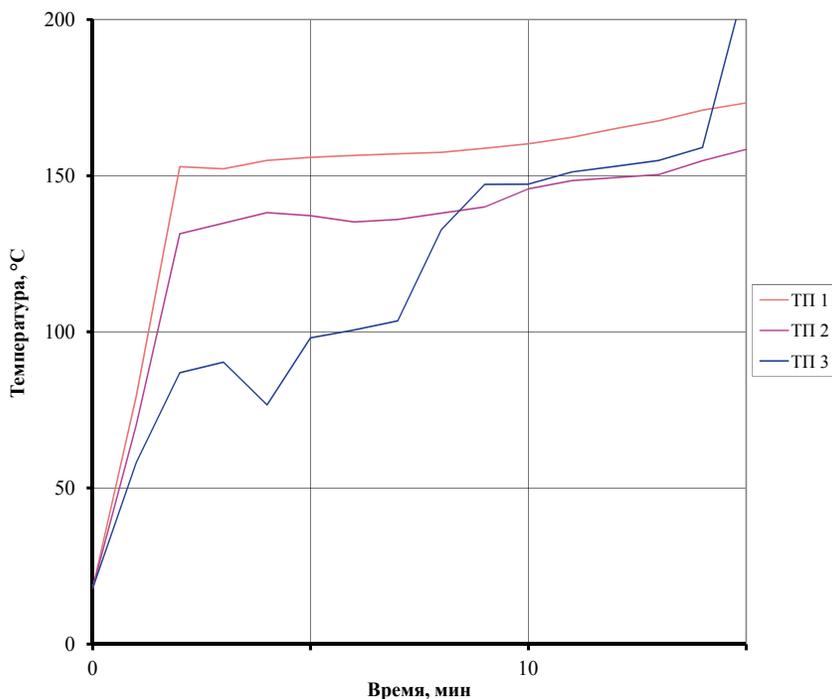


Рис. 18. Зависимости температуры (°C) на поверхности образца под огнезащитной краской от времени (мин) испытания (ТП-1, ТП-2)

Fig. 18. Surface temperature (°C) of TP-1 and TP-2 samples under fire-retardant paint vs time of testing (min)

В результате исследований установлено, что максимальная температура на поверхности образца под огнезащитной краской через 15 мин составила приблизительно 170 °C.

При исследовании фрагментов конструкций с двумя слоями ГКЛ на класс пожарной опасности были получены профили динамики прогрева поверхности образца под ГКЛ (рис. 19).

В результате исследований установлено, что максимальная температура на поверхности образца под двумя листами ГКЛ через 30 мин составила приблизительно 120 °C.

При исследовании фрагментов конструкций стен с минплитой и двумя слоями ГКЛ на класс пожарной опасности были получены профили динамики прогрева поверхности образца под минплитой и ГКЛ (рис. 20).

В результате исследований установлено, что максимальная температура на поверхности образца под минераловатной плитой 50 мм и двумя слоями ГКЛ через 45 мин составила приблизительно 90 °C.

Также дополнительно были получены экспериментальные данные по прогреву поверхности образца под минераловатной плитой и двумя слоями ГКЛ при времени испытания до 100 мин. Результаты представлены на рис. 21.

В результате исследований установлено, что максимальная температура на поверхности образца под минераловатной плитой 50 мм и двумя слоями ГКЛ через 100 мин составила приблизительно 230 °C.

Располагая данными экспериментальных исследований, проведены расчетно-аналитические обоснования пределов огнестойкости исследуемых конструкций с облицовками и средствами огнезащиты.

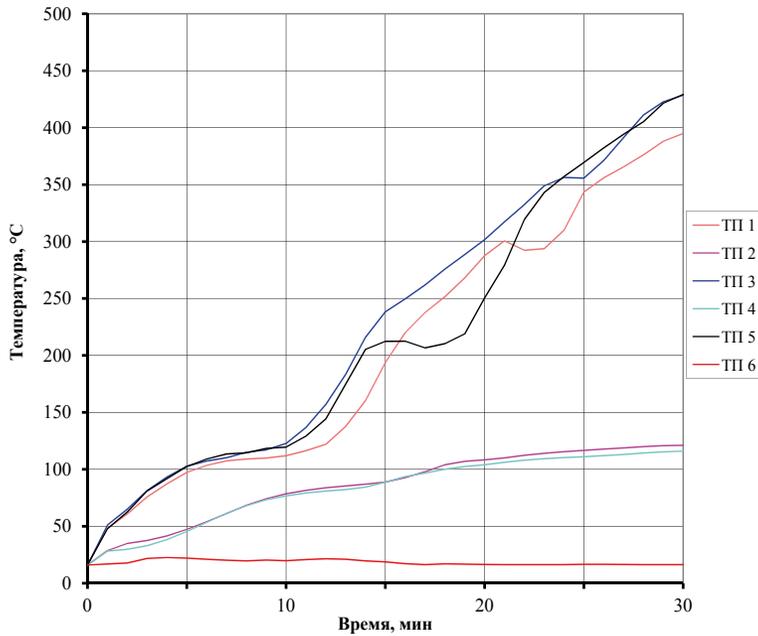


Рис. 19. Зависимости температуры (°C) на поверхности образца под двумя листами ГКЛ от времени (мин) испытания (ТП-2 и ТП-4)

Fig. 19. Surface temperature (°C) of TP-2 and TP-4 samples under two plasterboard sheets vs time of testing (min)

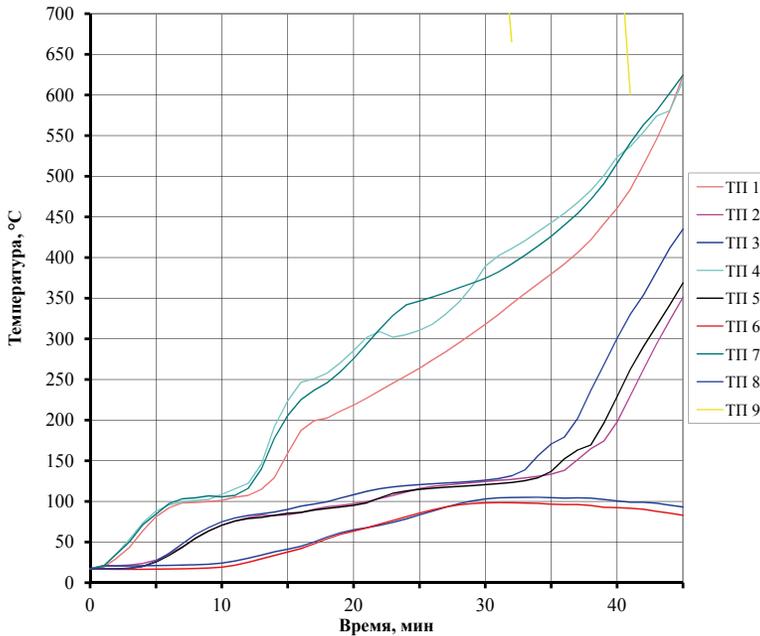


Рис. 20. Зависимости температуры (°C) на поверхности образца под минплитой и двумя слоями ГКЛ от времени (мин) испытания (ТП-6 и ТП-8)

Fig. 20. Surface temperature (°C) of TP-6 and TP-8 samples under a mineral wool slab and two plasterboard sheets vs time of testing (min)

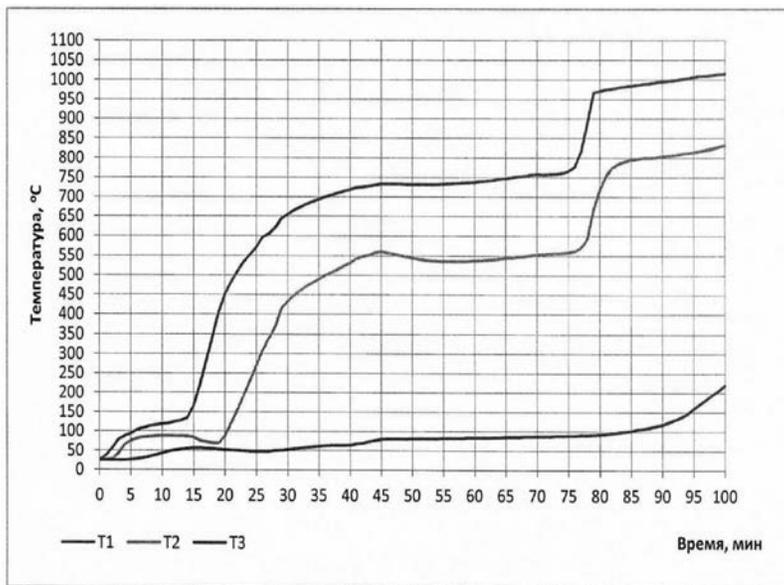


Рис. 21. Динамика прогрева поверхности образца под минплитой и двумя слоями ГКЛ
Fig. 21. Surface heating dynamics of the sample under a mineral wool slab and two plasterboard sheets

На основании данных, полученных при прогреве поверхности конструкций под огнезащитной краской при испытаниях на пожарную опасность, установлено, что через 15 мин температура составила 170 °С, но при этом пенококсовый слой уже начал осыпаться. Предел огнестойкости незащищенного узла при испытаниях составил 15 мин, а расчетный собственный предел огнестойкости незащищенной балки в зависимости от толщины – не менее 70 мин. Поэтому можно утверждать, что предел огнестойкости узла крепления «балка – балка» и «балка – колонна», выполненных из LVL и бруса с огнезащитной краской, будет не ниже R30 по защищенному металлическому узловому соединению.

При испытании на огнестойкость незащищенного фрагмента конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне, а также между панелями размером 3000 × 3000 мм и толщиной 200 мм получен предел REI 90, а из испытаний на класс пожарной опасности получены данные, что огнезащитная краска защищает от обугливания конструкцию на 15 мин. То есть суммарный предел огнестойкости равен 105 мин, но такой предел не нормируется в [1], поэтому он остается не ниже REI 90.

На основании данных, полученных при прогреве поверхности конструкций под двумя листами ГКЛ при испытаниях на пожарную опасность, установлено, что через 30 мин температура составила 120 °С. Предел огнестойкости незащищенного узла при испытаниях составил 15 мин, а расчетный собственный предел огнестойкости незащищенной балки – не менее 70 мин. На основании этого можно утверждать, что предел огнестойкости конструкции узла крепления «балка – балка» и «балка – колонна», выполненных из LVL и бруса, с двумя листами ГКЛ будет не ниже R60 по узловому соединению.

При испытании на огнестойкость незащищенного фрагмента конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне, а также между панелями размером 3000 × 3000 мм и толщиной 200 мм получен предел REI 90, а из испытаний на класс пожарной

опасности получены данные, что два листа ГКЛ защищают от обугливания конструкцию на 30 мин. На основании этого можно утверждать, что нормируемый предел огнестойкости фрагмента конструкции стены из CLT с двумя листами ГКЛ будет не ниже REI 120.

На основании данных, полученных при прогреве поверхности конструкции под минплитой и двумя листами ГКЛ при испытаниях, установлено, что через 100 мин температура составила 230 °С. Предел огнестойкости незащищенного узла при испытаниях составил 15 мин, а расчетный собственный предел огнестойкости незащищенной балки – не менее 70 мин. На основании этого можно утверждать, что предел огнестойкости конструкции узла крепления «балка – балка» и «балка – колонна», выполненных из LVL и бруса, с минплитой и двумя листами ГКЛ будет не ниже R120.

При испытании на огнестойкость незащищенного фрагмента конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне, а также между панелями размером 3000 × 3000 мм и толщиной 200 мм получен предел REI 90. На основании данных, полученных при прогреве поверхности конструкции под минплитой и двумя листами ГКЛ при испытаниях, установлено, что через 100 мин температура составила 230 °С. На основании этого можно утверждать, что нормируемый предел огнестойкости фрагмента конструкции стены из CLT с минплитой и двумя листами ГКЛ будет не ниже REI 150.

Результаты расчетно-аналитических исследований пределов огнестойкости рассматриваемых конструкций представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетно-аналитических исследований пределов огнестойкости

Table 2

Results of calculation and analytical studies of fire resistance limits

№	Образец	Наименование материала	Средство огнезащиты	Результат
1	Узел крепления главной балки и второстепенной балки	LVL, брус	Огнезащитная краска	R30
2	Узел крепления балки и колонны	LVL, брус	Огнезащитная краска	R30
3	Фрагмент конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне, а также между панелями	CLT	Огнезащитная краска	REI 90
4	Узел крепления главной балки и второстепенной балки	LVL, брус	2 листа ГКЛ	R60
5	Узел крепления балки и колонны	LVL, брус	2 листа ГКЛ	R60
6	Фрагмент конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне	CLT	2 листа ГКЛ	REI 120
7	Узел крепления главной балки и второстепенной балки	LVL, брус	Минплита + 2 листа ГКЛ	R120
8	Узел крепления балки и колонны	LVL, брус	Минплита + 2 листа ГКЛ	R120
9	Фрагмент конструкции стены с металлическим узлом крепления и примыкания к колонне	CLT	Минплита + 2 листа ГКЛ	REI 150

Заключение по результатам исследования

Применение описанных в работе технических решений по огнезащите позволяет обеспечивать требования к зданиям I степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности С0 в части обеспечения нормируемых пределов огнестойкости и классов пожарной опасности строительных конструкций и узловых соединений. Для оптимизации расходов на огнезащиту деревянных строительных конструкций рекомендуется использовать все рассмотренные в работе огнезащитные покрытия: лакокрасочное [5], облегченное конструктивное [6], конструктивное [6]. Выбор технического решения следует принимать исходя из требуемых пределов огнестойкости и классов пожарной опасности строительных конструкций.

При строительстве зданий высотой до 28 м необходимо использование технических решений по применению конструктивного огнезащитного покрытия из негорючих минеральных плит толщиной 50 мм и зашивки двумя листами ГКЛ общей толщиной 25 мм для конструкций из бруса, LVL, CLT или иных решений, подтвержденных в соответствии с положениями [1] и обеспечивающих пределы огнестойкости не менее R90 и классы пожарной опасности K0(45).

Применение облицовок и средств огнезащиты повышает пределы огнестойкости вертикальных и горизонтальных стержневых конструкций:

– до R30 и K0(15) – при применении огнезащитной краски по ГОСТ Р 59274-2020 [5] с расходом 800 г/м² – конструкций ферм, балок, прогонов и опорных колонн бесчердачных покрытий [1, табл. 21, 22];

– до R120 и K0(45) – при применении усиленной конструктивной облицовки из ГКЛ по ГОСТ 6266-97 [6] (2 листа по 12,5 мм) и негорючих минераловатных плит (толщина 50 мм) – несущих конструкций зданий: ферм, балок, и колонн [1, табл. 21, 22].

Выводы

Результаты, полученные в работе, предполагается использовать при разработке и совершенствовании нормативных документов в области пожарной безопасности, в развитии дорожной карты деревянного домостроения при разработке нормативных документов, в частности при подготовке изменений в СП 64.13330.2017 [2], п. 10 «Пожарно-технические требования к конструкциям из древесины».

Предлагается внести изменения в СП 64.13330.2017 [2] и дополнить пункт 10.9 следующими абзацами:

«Для конструкций ферм, балок, прогонов и опорных колонн бесчердачных покрытий пределы огнестойкости повышаются до R30 и K0(15), при применении огнезащитной краски по ГОСТ Р 59274 с расходом 800 г/м²;

Для несущих конструкций зданий: ферм, балок, и колонн пределы огнестойкости повышаются до R120 и K0(45), при применении конструктивной облицовки из гипсокартонных листов по ГОСТ 6266 (2 листа толщиной по 12,5 мм) и негорючих минераловатных плит (толщина 50 мм)».

Список литературы

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [интернет]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219>
2. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-25-80 [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456082589>
3. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. Москва: ИПК Издательство стандартов; 1995.
4. ГОСТ 30403-2012. Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность. Москва: Стандартинформ; 2014.
5. ГОСТ Р 59274-2020. Огнезащитный состав (покрытие) по древесине на основе композиции из полимерных эмульсий. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2021.
6. ГОСТ 6266-97. Листы гипсокартонные. Технические условия. Москва: Госстрой России; 1999.

References

1. Federal Law of July 22, 2008 No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" [internet]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219>. (In Russian).
2. SP 64.13330.2017. Timber structures. Updated version of SNiP II-25-80 [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456082589>. (In Russian).
3. State Standard 30247.1-94. Elements of building construction. Fire resistance test methods. Loadbearing and separating constructions. Moscow: Publishing House of Standards; 1995. (In Russian).
4. State Standard 30403-2012. Building structures. Fire hazard test method. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).
5. State Standard R 59274-2020. Fire resistant coating for wood based on polimer-emulsion composition. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2021. (In Russian).
6. State Standard 6266-97. Gypsum plasterboards. Specifications. Moscow: Gosstroy of Russia; 1999. (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

Никита Олегович Мельников✉, канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией 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, 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; Associate Professor, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow
e-mail: no.melnikov@yandex.ru

Михаил Валерьевич Шалабин, аспирант, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Mikhail V. Shalabin, Graduate Student, 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

Игорь Андреевич Власкин, студент 4-го курса кафедры техносферной безопасности, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва

Igor A. Vlaskin, 4th Year Student, Technosphere Safety Department, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author