

Современные требования по противопожарной защите многоквартирных жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины

Андрей Владимирович Пехотиков, Александр Анатольевич Абашкин, Александр Васильевич Гомозов ✉, Алексей Викторович Голкин

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская обл., г. Балашиха, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Широкое и эффективное внедрение в практику строительства жилых зданий конструкций из перекрестноклееной древесины обуславливает необходимость разработки современных требований к проектированию систем противопожарной защиты этих зданий в части ограничения распространения пожара, обеспечения возможности безопасной эвакуации и спасения находящихся в этих зданиях людей, повышения результативности действий пожарных подразделений при проведении спасательных работ и пожаротушении, а также оптимизации затрат на объемно-планировочные и конструктивные решения.

Цели и задачи. Целью статьи является разработка актуализированных требований к системам противопожарной защиты одно- и двухэтажных зданий из перекрестноклееной древесины в виде CLT-панелей, разработка новых современных требований к проектированию систем противопожарной защиты этих зданий высотой до четырех этажей включительно, а также разработка технических решений, позволяющих реализовать данные требования, базирующихся на положениях Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее — № 123-ФЗ).

Методы. Используется аналитический метод обоснования и формирования требований к проектированию систем противопожарной защиты жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины, а также технических решений, позволяющих реализовать данные требования для зданий высотой до 4 этажей на основе комплексного применения положений № 123-ФЗ с учетом накопленного опыта проектирования, результатов огневых испытаний строительных конструкций на огнестойкость и пожарную опасность, а также результатов расчетов влияния фактора огнестойкости строительных конструкций на безопасность людей при пожаре.

Результаты. Внедрение результатов работы в стандарты организаций и своды правил, позволяющие обеспечить массовое строительство жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины.

Выводы. На основе исследований проведено обоснование современных противопожарных требований к объемно-планировочным и конструктивным решениям, пределам огнестойкости и классам пожарной опасности строительных конструкций жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины, а также требований к эвакуационным выходам и путям эвакуации, составу активных систем противопожарной защиты и функциональной эффективности данных систем.

Результаты работ позволяют обеспечить массовое строительство жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины высотой до 4 этажей включительно.

Ключевые слова: предел огнестойкости; класс пожарной опасности; противопожарная преграда; эвакуация; спасение; допустимая высота здания; пожаробезопасная зона

Для цитирования: Пехотиков А.В., Абашкин А.А., Гомозов А.В., Голкин А.В. Современные требования по противопожарной защите многоквартирных жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 32. № 1. С. 28–40. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.01.28-40.

✉ Гомозов Александр Васильевич, e-mail: Gomozovav@yandex.ru

Modern requirements for fire protection of multi-apartment residential buildings having structures made of cross-laminated timber

Andrey V. Pekhotikov, Alexander A. Abashkin, Alexander V. Gomozov ✉, Aleksey V. Golkin

All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Widespread and effective introduction of cross-laminated timber structures into construction of residential buildings substantiates the need to develop modern requirements for the design of fire protection systems for these buildings to limit the spread of fire, ensure safe evacuation and rescue of people from these buildings, increase the effectiveness of firefighters performing rescue operations and fire suppression, and optimize the cost of space-planning and design solutions.

Goals and objectives. The purpose of the article is to substantiate modern requirements for the design of fire protection systems of residential buildings having not more than four storeys, if their structures are made of cross-laminated timber, and to develop engineering solutions to implement these requirements in compliance with provisions of the Federal Law of the Russian Federation dated July 22, 2008 No. 123-FZ "Technical regulations on fire safety requirements" (hereinafter – No. 123-FZ).

Methods. An analytical method is used to substantiate and formulate requirements for the design of fire protection systems for residential buildings whose structures are made of cross-laminated timber, as well as the engineering solutions needed to implement these requirements for buildings having up to 4 floors in compliance with provisions of No. 123-FZ, the design experience, results of fire resistance and fire hazard testing of building structures and analysis of the influence of the fire resistance factor of building structures on human safety in case of fire.

Results. The results of the work, if integrated into standards of corporate entities and codes of practice, allow for the mass construction of residential buildings having structures made of cross-laminated timber.

Conclusions. This research project substantiated modern fire safety requirements for space-planning and design solutions, fire resistance limits and fire hazard classes of cross-laminated timber structures of residential buildings, as well as requirements for emergency exits and evacuation routes, composition of active fire protection systems and the functional efficiency of these systems.

The results of the work allow for the mass construction of 4-storey residential buildings whose structures are made of cross-laminated timber.

Keywords: fire resistance limit; fire hazard class; fire barrier; evacuation; rescue; allowable building height; fire safety area

For citation: Pekhotikov A.V., Abashkin A.A., Gomofov A.V., Golkin A.V. Modern requirements for fire protection of multi-apartment residential buildings having structures made of cross-laminated timber. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2023; 32(1):28-40. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.01.28-40 (rus).

✉ Alexander Vasilievich Gomofov, e-mail: Gomofovav@yandex.ru

Введение

Современная архитектура предполагает широкое применение деревянных конструкций при строительстве жилых и общественных зданий. Для этого внедряются новые технологии обработки древесины, среди которых одной из наиболее перспективных является технология производства конструкций из перекрестноклееной древесины в виде CLT-панелей, представляющих собой изготовленные заводским способом деревянные массивные плиты, состоящие не менее чем из трех ортогонально склеенных слоев из цельных или сращенных по длине на зубчатое соединение досок согласно [1, 2]. Данные панели имеют высокие показатели прочности, с учетом чего они применяются в качестве несущих опор и балок, плит перекрытий и стеновых панелей (внешних и внутренних). Технология производства CLT-панелей позволяет производить панели высокой степени готовности — с вырезанными проемами для дверей и окон, что значительно упрощает технологию их монтажа.

Вместе с тем широкое внедрение CLT-панелей в практику строительства многоквартирных жилых зданий невозможно без разработки современных противопожарных требований к системам противопожарной защиты этих зданий, а также разработки технических решений, позволяющих реализовать данные требования.

Это связано с тем, что применение открытых (без огнезащитной облицовки) панелей в конструкции перекрытий и внутренних стен жилых зданий, имеющих класс пожарной опасности КЗ, обуславливает необходимость классификации этих зданий как зданий класса конструктивной пожарной опасности СЗ согласно [3]. Однако нормативные документы по пожарной безопасности не содержат требований по проектированию многоквартирных зданий класса конструктивной пожарной опасности СЗ при их высоте более 2-х этажей в части допустимой высоты, площади этажа в пределах пожарного отсека, устройства противопожарных преград и стен лестничных клеток (в том числе узлов их примыкания к конструкциям класса К1-К3), шахт и каналов для инженерных коммуникаций, составу и функциональной эффективности инженерного оборудования противопожарной защиты и т.д.

Кроме того, существующие нормативные противопожарные требования, позволяющие проектировать одно- и двухэтажные жилые здания с ненормируемыми показателями по пределам огнестойкости и классам пожарной опасности строительных конструкций, разработанные несколько десятилетий назад, не учитывают современные возможности строительства подобных зданий и не в полной мере отражают современные представления о необходимом уровне безопасности людей при эвакуации

и спасении, т.е. требуют корректировки и дополнений с учетом современных тенденций в обеспечении безопасности и строительстве зданий и сооружений.

При разработке требований учитывалось, что особенностью пожаров в жилых зданиях из деревянных конструкций является существенное увеличение выделения массы горючих газов и паров из-за пиролиза нагреваемой древесины стен и перекрытий по сравнению со зданиями из негорючих конструкций, где пиролизу подвергается только мебель, деревянные полы и т.д. Следствием такого увеличения выделения горючих газов и паров является не только более интенсивное горение в помещении очага пожара, но и выбросы пламени на фасад здания, а также на пути эвакуации, что значительно осложняет эвакуацию и спасение людей и способствует быстрому распространению горения по зданию.

Целью настоящей статьи является разработка актуализированных требований к системам противопожарной защиты одно- и двухэтажных зданий из перекрестноклееной древесины в виде CLT-панелей, а также разработка новых требований к проектированию систем противопожарной защиты этих зданий высотой 3 и 4 этажа в части объемно-планировочных и конструктивных решений, пределов огнестойкости и классов пожарной опасности строительных конструкций, обеспечения эвакуации и спасения людей, используемых строительных материалов, составу инженерного оборудования систем противопожарной защиты и функциональной эффективности данных систем. Кроме того, целью статьи является разработка технических решений, обеспечивающих реализацию новых требований.

При этом использован аналитический метод обоснования и формирования требований к проектированию систем противопожарной защиты на основе комплексного применения положений Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее — № 123-ФЗ) [3], результатов огневых испытаний конструкций из перекрестноклееной древесины в виде *CLT-панелей*, результатов расчетной оценки влияния фактора огнестойкости на безопасность людей при эвакуации и спасении.

Объемно-планировочные и конструктивные решения

Особенности конструктивного исполнения жилых зданий с конструкциями из перекрестноклееной древесины в виде *CLT-панелей* предполагают применение открытых (без огнезащитной облицовки) панелей в конструкциях перекрытий и внутренних стен жилых зданий, с учетом чего данные конструкции имеют класс пожарной опасности КЗ,

а здания — класс конструктивной пожарной опасности С3 [3], при котором требования к классу пожарной опасности конструкций не предъявляются.

Положениями [4, 5] предусмотрено, что здания этого класса конструктивной пожарной опасности могут проектироваться одно- и двухэтажными. При этом требования к пределам огнестойкости конструкций таких зданий также могут не предъявляться (здания могут иметь V степень огнестойкости). Данные требования сохранялись неизменными на протяжении последних нескольких десятков лет и позволяли исключить необходимость подтверждения пределов огнестойкости и классов пожарной опасности конструкций протоколами испытаний и сертификатами, упростить проектирование и снизить затраты на строительство.

Вместе с тем современные исследования о влиянии фактора огнестойкости строительных конструкций на безопасность людей [6, 7] показывают, что необходимый уровень безопасности при эвакуации и спасении в 2-этажных жилых зданиях может быть обеспечен только при условии, что предел огнестойкости несущих элементов здания будет не менее R 30, внутренние стены лестничных клеток, межквартирные стены и стены, отделяющие внеквартирный коридор от квартир, имеют предел огнестойкости REI 30/EI 30.

Как показали огневые испытания, CLT-панели позволяют обеспечить данные требования по огнестойкости при толщине панелей не менее 120 мм. С учетом этого для сохранения преемственности нормативных положений, позволяющих не регламентировать требования к пределу огнестойкости строительных конструкций при проектировании зданий высотой не более 2 этажей, новыми дополнительными требованиями предусмотрено обеспечить использование в этих зданиях в качестве несущих элементов, а также межквартирных стен, внутренних стен лестничных клеток и стен, отделяющих внеквартирный коридор от квартиры, панелей толщиной не менее 120 мм. Кроме того, для этих зданий класс пожарной опасности стен лестничных клеток и противопожарных преград К0 за счет конструктивной огнезащиты панелей (2 листами ГКЛ и др.).

Трех- и четырехэтажные жилые здания согласно нормативным требованиям [4, 5] должны быть не ниже III степени огнестойкости. С учетом того, что применение деревянных конструкций вызовет более интенсивное горение в помещении очага пожара, для исключения преждевременного разрушения здания в период проведения спасательных работ новыми дополнительными требованиями предусмотрено использование конструкций с повышенными пределами огнестойкости (см. табл.). Вместе с тем высокая конструктивная пожарная опасность таких зданий

обуславливает возможность его полного и относительно быстрого выгорания, что требует ограничения размеров пожарных отсеков и количества пожарных секций в пределах пожарного отсека. С учетом этого здания должны проектироваться как односекционные с площадью этажа в пределах пожарного отсека не более 550 м² и высотой не более 12 м (высота определяется согласно [8]). Ограничение высоты здания предусмотрено также с целью упростить возможность спасения людей через оконные проемы с помощью ручных пожарных лестниц [9].

Вне зависимости от высоты в жилых зданиях с конструкциями из CLT-панелей необходимо реализовать следующие новые дополнительные противопожарные мероприятия.

При проектировании этих зданий не допускается устройство в них газового оборудования, мусоропроводов и мусоросборных камер, каминов и бань (саун), а также размещение в подвальных и цокольных этажах помещений любого функционального назначения за исключением помещений для инженерного оборудования, технического обслуживания и вnekвартирных кладовых в зданиях III степени огнестойкости.

Новые требования предусматривают, что для ограничения возможности перехода пожара из подземной части в жилые помещения подвальные и цокольные этажи, а также технические подполья должны отделяться от надземной части объекта противопожарными перекрытиями 2-го типа класса К0.

Кроме того, новыми требованиями предусмотрено, что при применении горючих материалов для теплоизоляции цоколей и надземной части фундаментов зданий (на высоту не более 0,8 м от уровня земли или отмостки) необходимо обеспечить их защиту с внешней стороны негорючими материалами толщиной не менее 30 мм в антивандальном исполнении (цементно-песчаной штукатуркой по сетке, керамической плиткой и т.п.). Практическая апробация данного требования показала, что его реализация позволяет значительно упростить и снизить затраты на утепление цоколей и фундаментов, с учетом чего оно распространено на все типы зданий путем внесения в [10].

Для исключения распространения горения по деревянным конструкциям в обход противопожарных преград разработаны новые требования, согласно которым необходимо, чтобы противопожарные перекрытия 3-го типа и перегородки 1-го (в том числе предназначенные для отделения помещений общественного назначения от жилых) пересекали наружные стены, выполненные из деревянных конструкций. При этом противопожарные перегородки 1-го типа допускается проектировать с примыканием к глухим участкам наружных

стен (простенкам) с нормируемым пределом огнестойкости, т.е. без пересечения данных простенков, только при ширине простенков не менее 1,2 м.

Реализация положений ч. 15 ст. 88 № 123-ФЗ [3] предполагает, что во всех зданиях вне зависимости от степени огнестойкости и этажности ограждающие конструкции каналов и шахт для прокладки коммуникаций должны соответствовать требованиям, предъявляемым к противопожарным перегородкам 1-го типа и перекрытиям 3-го типа. Разработанные новые дополнительные требования предусматривают, что данные ограждения должны иметь класс К0 и выполняться из негорючих (НГ) материалов. При этом расположенные друг над другом на разных этажах помещения должны иметь самостоятельные вентиляционные каналы, что позволит исключить распространение огня и дыма между этажами по каналам и шахтам, в том числе по вентиляционным каналам, что особенно актуально для жилых зданий, вентиляционные каналы которых не защищаются противопожарными клапанами.

Для жилых зданий высотой 3 и 4 этажа с деревянными конструкциями из CLT-панелей разработаны следующие новые дополнительные противопожарные требования.

С учетом того, что данные здания проектируются III степени огнестойкости в подвальных и цокольных этажах допускается устройство вnekвартирных хозяйственных кладовых. При этом должны выполняться следующие условия:

- помещение каждой кладовой должно иметь площадь не более 10 м² и выделяться противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее EI 60 и противопожарными перекрытиями 2-го типа;
- помещения кладовых должны оборудоваться автоматическими установками пожаротушения, внутренним противопожарным водопроводом и СОУЭ не ниже 3-го типа;
- из коридоров подвального этажа должна быть предусмотрена система вытяжной противодымной вентиляции;
- в кладовых не допускается хранение взрывоопасных веществ и материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, масел, баллонов с горючими газами, баллонов под давлением, автомобильных (мотоциклетных) шин (покрышек), пиротехнических изделий, аккумуляторных батарей, в том числе установленных на средствах передвижения.

Поскольку для 3 и 4-этажных зданий с наружными деревянными стенами из CLT-панелей фактор распространения пожара по фасаду играет ключевую роль в обеспечении возможности безопасной эвакуации и спасения людей, разработаны следующие

новые дополнительные противопожарные требования, позволяющие ограничить горение наружных ограждений зданий.

1. Наружные стены должны быть защищены фасадными системами, разработанными на основе технических свидетельств (ТС), которые подтверждают класс пожарной опасности К0 с применением материалов облицовки, отделки и теплоизоляции НГ, Г1. Материалы ветровлагозащитных мембран не должны относиться к группе горючих легко-возгораемых материалов по [11] ГОСТ Р 56027. В составе навесных фасадных систем (НФС) должны быть предусмотрены противопожарные отсекки из материалов НГ в уровне междуэтажных перекрытий. По периметру оконных проемов необходимо предусмотреть противопожарные отсекки или противопожарные короба (согласно ТС на данные НФС). Для исключения распространения огня внутрь деревянных конструкций через откосы оконных и наружных дверных проемов данные откосы должны защищаться негорючими материалами толщиной не менее 25 мм или 2 листами ГКЛ.

2. Плиты балконов, выполненные из древесины (CLT-панелей), должны быть облицованы снизу и сверху материалами НГ или Г1 толщиной не менее 3 мм.

3. Конструкции карнизов, подшивки карнизных свесов чердачных покрытий следует выполнять из материалов НГ, Г1 либо выполнять обшивку данных элементов листовыми материалами группы горючести не менее Г1. Для указанных конструкций не допускается использование горючих утеплителей (за исключением пароизоляции толщиной до 2 мм), и они не должны способствовать скрытому распространению горения.

4. В бесчердачных и чердачных покрытиях кровлю следует выполнять из негорючих материалов. Для указанных зданий допускается выполнять кровлю из горючих материалов, уложенную на сплошную конструкцию основания под кровлю, выполненную из негорючих материалов. При этом группа пожарной опасности кровли по [12] должна соответствовать КПО.

5. Козырьки над входом в здание, а также кровлю входного тамбура следует выполнять из негорючих материалов.

Для обеспечения массового строительства жилых зданий на основе CLT-панелей требуется не только разработка требований к пределам огнестойкости и классам пожарной опасности их строительных конструкций, но и обоснование технических решений, позволяющих реализовать данные требования на практике. С учетом того, что современные методы расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций не позволяют с достаточной степенью

точности оценить пределы огнестойкости узлов примыкания деревянных элементов, результаты расчетов пределов огнестойкости панелей проанализированы совместно с результатами огневых испытаний, что позволило определить оптимальные конструктивные решения в части необходимой толщины различных элементов, и изложены в таблице.

Для обеспечения требуемых пределов огнестойкости и классов пожарной опасности деревянных конструкций, указанных в таблице, следует применять только конструктивную огнезащиту.

Испытания показали, что наиболее эффективным техническим решением по обеспечению класса пожарной опасности К0 (45) для стен, перегородок и перекрытий из CLT-панелей является их облицовка двумя гипсокартонными листами согласно стандарту [13] или двумя плитами гипсовыми строительными по стандарту [14], а для обеспечения класса пожарной опасности К0 (15) — облицовка одним листом перечисленных выше материалов.

Для огнестойких строительных конструкций и противопожарных преград на основе CLT-панелей с облицовкой гипсокартонными листами или плитами гипсовыми строительными необходимо разработать дополнительные противопожарные мероприятия, обеспечивающие защиту мест их пересечения инженерными коммуникациями.

Возможность использования других технических решений по конструктивной огнезащите, а также технических решений по устройству узлов примыкания, кабельных и трубных проходок и т.д. должна подтверждаться результатами огневых испытаний.

Обеспечение эвакуации и спасения людей

Для проектирования путей эвакуации в зданиях высотой не более 2-х этажей следует применять Положения [8]. При этом для 2-этажных зданий эвакуация может быть предусмотрена на лестничную клетку типа Л1, имеющую выход непосредственно наружу. Но с учетом применения в конструкциях здания деревянных CLT-панелей в качестве дополнительного мероприятия необходимо предусмотреть устройство эвакуационного выхода из квартир на лестничную клетку через межквартирный коридор.

С учетом наличия у данных зданий фасадов из горючих материалов, что ограничивает возможность спасения людей из окон, для обеспечения их спасения путем перемещения из квартир по лестничной клетке, согласно [6, 7], необходимо обеспечить предел огнестойкости несущих элементов здания не менее R 30 и предел огнестойкости REI 30/EI 30 для внутренних стен лестничных клеток, межквартирных стен и стен, отделяющих межквартирный коридор от квартир.

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций

Fire resistance limits and fire hazard classes of building structures

Строительная конструкция Building construction	Особенности конструктивного исполнения Design features	Предел огнестойкости Fire resistance limit	Класс пожарной опасности Fire hazard class
Противопожарные перекрытия 2-го типа (в том числе междуэтажные перекрытия, отделяющие межквартирные коридоры (холлы) для отделения помещений подвального или цокольного этажа (технического подполья) от надземной части объекта — несущий элемент здания) Fire-prevention floors of the 2nd type (including floor-to-floor ceilings separating inter-apartment corridors (halls) to separate the premises of the basement or basement floor (service basement) from the above-ground part of the facility as the bearing element of the building)	НГ материалы (железобетон), CLT-панели толщиной не менее 180 мм с огнезащитной облицовкой снизу и бетонной стяжкой не менее 20 мм сверху и герметизацией (заделкой) стыков NG materials (reinforced concrete), CLT panels with a thickness of, at least, 180 mm with fire-retardant cladding on the bottom, a concrete screed of, at least, 20 mm on top and sealed joints	REI 60	K0 (45)
Противопожарные перекрытия 3-го типа для отделения помещений общественного назначения от жилых помещений — несущие элементы здания Type 3 fireproof ceilings for separating public premises from residential premises as load-bearing elements of the building	НГ материалы (железобетон), CLT-панели толщиной не менее 180 мм с огнезащитной облицовкой снизу и бетонной стяжкой не менее 20 мм сверху и герметизацией (заделкой) стыков NG materials (reinforced concrete), CLT panels with a thickness of, at least, 180 mm with fire-retardant cladding on the bottom and a concrete screed of, at least, 20 mm on top and sealed joints	REI 45	K0 (45)
Внутренние стены лестничных клеток (несущие элементы здания) Internal walls of stairwells (bearing elements of the building)	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки), с опиранием на конструкции с пределом огнестойкости не менее R 60, CLT-панели толщиной не менее 180 мм с конструктивной огнезащитой со всех сторон, с опиранием на конструкции с пределом огнестойкости не менее R 60 NG materials (reinforced concrete, bricks, blocks), supported by structures with a fire resistance rating of, at least, R 60, CLT panels with the thickness of, at least, 180 mm with structural fire protection on all sides, supported by structures with a fire resistance rating of, at least, R 60	REI 60	K0 (45)
Наружные стены лестничных клеток: External walls of stairwells:	CLT панели толщиной не менее с конструктивной огнезащитой: CLT panels having minimum thickness and structural fire protection:		Изнутри: K0 (45); K0 (15) снаружи — см. наружные стены с внешней стороны
запроектированы как несущие элементы designed as load-bearing elements	180 мм / 180 mm	R 60/E 15	
не являются несущими элементами are not load-bearing elements	120 мм / 120 mm	E 15/E 15	From the inside: K0 (45) K0 (15) outside — see external walls from the outside

Строительная конструкция Building construction	Особенности конструктивного исполнения Design features	Предел огнестойкости Fire resistance limit	Класс пожарной опасности Fire hazard class
Междуэтажные перекрытия между жилыми помещениями (квартирами) и чердачные перекрытия (являются несущими элементами) Floors between residential premises (apartments) and attic floors (are load-bearing elements)	CLT-панели толщиной не менее 180 мм с бетонной стяжкой не менее 20 мм сверху и герметизацией (заделкой) стыков CLT panels with the thickness of, at least, 180 mm with a concrete screed of, at least, 20 mm on top and sealed joints	REI 60	K3 (45)
Стены межквартирные: Inter-apartment walls:	CLT-панели толщиной не менее: CLT panels with the thickness of, at least:		
запроектированы как несущие элементы designed as load-bearing elements	180 мм / 180 mm	R 60/EI 30	K3 (45)
не являются несущими элементами are not load-bearing elements	120 мм / 120 mm	EI 30	K3 (30)
Стены и перегородки, отделяющие межквартирные коридоры (холлы) от других помещений: Walls and partitions separating inter-apartment corridors (halls) from other premises:	CLT-панели толщиной не менее с конструктивной огнезащитой со всех сторон: CLT panels with the minimum thickness and structural fire protection on all sides:		
запроектированы как несущие элементы designed as load-bearing elements	180 мм / 180 mm	REI 60	K0 (45)
не являются несущими элементами are not load-bearing elements	120 мм / 120 mm	EI 45	K0 (45)
Наружные стены: Exterior walls:	CLT-панели толщиной не менее: CLT panels with the thickness of, at least:		Страна внутренняя/ внешняя: From the inside/outside:
запроектированы как несущие элементы designed as load-bearing elements	180 мм / 180 mm	R 60/E 15	K3 (45)/K0
не являются несущими элементами are not load-bearing elements	120 мм / 120 mm	E 15	K3 (15)/K0
–	НФС с внешней стороны NFS from the outside		K0
Бесчердачные покрытия: Open roofs:	CLT-панели толщиной не менее: CLT panels with the thickness of, at least:		
запроектированы как несущие элементы designed as load-bearing elements	180 мм / 180 mm	R 60/E 15	K3 (45)
не являются несущими элементами are not load-bearing elements	120 мм / 120 mm	RE 15	
	Сверху — теплоизоляция из материалов группы горючести НГ, кровля НГ или Г1. При применении горючих материалов группа пожарной опасности кровли по [12] должна соответствовать КПО Thermal insulation is made of materials of the NG combustibility group, roofing is labelled as NG or G1. When combustible materials are used, according to [12], the fire hazard group of the roof must correspond to KP0		

Окончание табл. / End of the Table

Строительная конструкция Building construction	Особенности конструктивного исполнения Design features	Предел огнестойкости Fire resistance limit	Класс пожарной опасности Fire hazard class
Стены шахт пожарных лифтов Fire elevator shaft walls	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки), с опиранием на бетонные перекрытия с пределом огнестойкости REI 120 NG materials (reinforced concrete, bricks, blocks), rest on concrete floors with the fire resistance rating of REI 120	REI 120	K0 (45)
Стены (перегородки) пожаробезопасных зон в виде холлов перед пожарными лифтами Walls (partitions) of fireproof areas in the form of halls in front of fire elevators	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки), с опиранием на бетонные перекрытия NG materials (reinforced concrete, bricks, blocks), supported by concrete floors	REI 60	K0 (45)
Марши и площадки лестниц Flights and landings of stairs	НГ материалы (железобетон) NG materials (reinforced concrete)	R 45	K0 (45)
Противопожарные перегородки 1-го типа для выделения помещений общественного назначения Fireproof partitions of the 1st type for public premises	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки) NG materials (reinforced concrete, brick, blocks)	EI 45	K0 (45)
Каналы и шахты Canals and shafts	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки) NG materials (reinforced concrete, brick, blocks)	EI 45	K0 (45)
Стены шахт лифтов, расположенных вне лестничных клеток Walls of the elevator shafts located outside the stairwells	НГ материалы (железобетон, штучные материалы: кирпич, блоки), с опиранием на бетонные перекрытия NG materials (reinforced concrete, bricks, blocks), resting on concrete floors	EI 45	K0 (45)
Внутриквартирные стены и перегородки Interior walls and partitions	CLT-панели толщиной не менее 100 CLT panels with the thickness of, at least, 100	н.н. n.s.	н.н. n.s.
Чердачные покрытия Attic roofings	CLT-панели толщиной не менее 50 мм. С конструктивной огнезащитой со стороны чердака для обеспечения K0. При применении горючих материалов группа пожарной опасности кровли по [12] должна соответствовать КПО CLT panels with the thickness of, at least, 50 mm. Structural fire protection from the side of the attic to ensure K0. When combustible materials are used, the fire hazard group of the roof, pursuant to [12], must correspond to KP0	н.н. n.s.	K0 (15)

н.н. — не нормируется
n.s. — not standardized

Дополнительными требованиями для проектирования эвакуации в зданиях высотой 3 и 4 этажа предусмотрено устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н2 с выходом из квартир или иных помещений на лестничную клетку через межквартирный коридор (холл). Эвакуационные коридоры должны отделяться от помещений квартир и иных

помещений противопожарными перегородками 1-го типа, с заполнением проемов квартирных дверей противопожарными дверями 2-го типа и защищаться системой вытяжной противодымной вентиляции. Двери незадымляемых лестничных клеток типа Н2 должны предусматриваться противопожарными 2-го типа (кроме дверей выходов наружу).

Это позволяет ограничить распространение опасных факторов пожара из горящих квартир в лестничную клетку.

При проектировании лестничной клетки типа Н2 без оконных проемов в наружных стенах в лестничной клетке должно быть предусмотрено устройство постоянно включенного аварийного (эвакуационного) освещения с электропитанием по первой категории надежности электроснабжения, а также фотолюминесцентных элементов в соответствии с требованиями [15].

При устройстве выхода из незадымляемой лестничной клетки типа Н2 непосредственно наружу через вестибюль указанный вестибюль должен быть отделен от других помещений и коридоров противопожарными перегородками 1-го типа.

Эвакуация маломобильных групп населения должна обеспечиваться в соответствии с [8, 16], а пожаробезопасные зоны должны быть предусмотрены в лифтовых холлах перед лифтами для транспортирования пожарных подразделений или на площадках незадымляемых лестничных клеток типа Н2.

При этом расстояние от двери наиболее удаленной квартиры до выхода на лестничную клетку или в пожаробезопасную зону не должно превышать 10 м.

Дополнительными требованиями предусмотрено, что в зданиях высотой 3 и 4 этажа отделка стен, потолка и пола за пределами квартир (т.е. во внеквартирных коридорах, холлах, лестничных клетках, пожаробезопасных зонах и т.д.) должна быть выполнена из негорючих материалов. С учетом этого деревянные СЛТ-панели стен и потолков на перечисленных выше путях эвакуации должны защищаться листами гипсокартонными по [13] или плитами гипсовыми строительными по [14], по которым и должна выполняться облицовка и отделка негорючими материалами (данные листы и панели служат основанием для облицовки и отделки негорючими материалами). Деревянное основание полов из СЛТ-панелей перед облицовкой негорючими материалами должно быть защищено цементной стяжкой толщиной не менее 25 мм.

Для лестничных клеток вновь разработанными требованиями предусмотрено, что стены лестничных клеток должны пересекать покрытие и возвышаться над ним не менее чем на 0,3 м. Покрытие над лестничной клеткой в зданиях высотой 2 этажа должно иметь предел огнестойкости не менее REI 30 и класс пожарной опасности К0 (30), а люк в покрытии должен иметь предел огнестойкости EI 15. Покрытие над лестничной клеткой в зданиях в 3 и 4 этажа должно иметь предел огнестойкости не менее REI 45 и класс пожарной опасности К0 (45), а люк в покрытии должен иметь предел огнестойкости EI 30. Покрытие над

лестничной клеткой, запроектированной как пожаробезопасная зона, должно иметь предел огнестойкости не менее REI 60 и класс пожарной опасности К0 (45), а люк в покрытии должен иметь предел огнестойкости EI 60.

Внутренние стены лестничных клеток в местах примыкания к наружным ограждающим конструкциям зданий должны их пересекать или примыкать к глухим участкам наружных стен без зазоров. При этом расстояние по горизонтали между проемами лестничной клетки и проемами в наружной стене здания должно быть не менее 1,4 м, а узел примыкания должен иметь предел огнестойкости, равный пределу огнестойкости внутренней стены лестничной клетки по признакам EI. Данные требования позволят ограничить возможность распространения пожара в лестничную клетку, которое будет сопровождаться не только стремительным развитием пожара по всем этажам здания в целом, но и блокированием единственного пути эвакуации с этажей и пути перемещения пожарных подразделений внутри здания.

Для зданий высотой 3 и 4 этажа предъявляются более жесткие требования к подъездам для пожарных автомобилей, так подъезд для данных зданий должен быть обеспечен с двух продольных сторон.

Кроме того, в квартирах, расположенных на 2–4 этажах, необходимо предусмотреть аварийные выходы в соответствии с требованиями [8]. Данные решения позволяют обеспечить возможность спасения людей с помощью автолестниц и раздвижных пожарных лестниц со всех сторон здания, в том числе в случае выброса пламени из окон здания с одной из его сторон.

Требования к инженерному оборудованию систем противопожарной защиты

Дополнительными относительно положений [17] требованиями для зданий высотой 3 и 4 этажа предусмотрено использование систем пожарной сигнализации (СПС) адресного типа с установкой дымовых пожарных извещателей в межквартирных коридорах и помещениях квартир (прихожие, жилые помещения и кухни), также на объекте необходимо предусматривать автоматическое дублирование сигнала о срабатывании систем противопожарной защиты в подразделение пожарной охраны с использованием системы передачи извещений о пожаре. Это позволяет не только идентифицировать место возникновения пожара и передать сигнал о пожаре в пожарную часть, но и обеспечить своевременное прибытие пожарных подразделений.

Для обеспечения необходимого уровня безопасности людей для зданий высотой 3 и 4 этажа необходимо оборудование этих зданий СОУЭ 3-го типа.

Наличие в здании открытых деревянных CLT-панелей в конструкциях стен и перекрытий создает дополнительную горючую нагрузку, которая приведет в условиях пожара к интенсивному выбросу пламени из наружных оконных проемов, а также из квартир на пути эвакуации. С учетом этого для обеспечения эффективных действий пожарных подразделений по тушению пожара дополнительными требованиями предусмотрено увеличение расхода воды на наружное пожаротушение зданий высотой 3 и 4 этажа относительно положений [18] до величины не менее 30 л/с. Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать подачу воды с расчетным расходом на пожаротушение любой точки здания на уровне нулевой отметки не менее чем от двух гидрантов с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м по дорогам с твердым покрытием.

Кроме того, должно быть предусмотрено устройство в этих зданиях внутреннего противопожарного водопровода, проектируемого по [19] и обеспечивающего расход не менее 2,5 л/с от одного пожарного крана, который размещается во внеквартирных коридорах, а также в подвальном или цокольном этаже при наличии в них внеквартирных хозяйственных кладовых. В квартирах в качестве первичного средства внутриквартирного пожаротушения необходимо предусмотреть установку малорасходного пожарного крана (с расходом воды от 0,2 до 1,5 л/с), укомплектованного ручным пожарным стволом (распылителем) и накрученным на барабан пожарным рукавом или шлангом, длина которого должна обеспечивать возможность подачи воды в любую точку квартиры. Пожарный кран подключается к трубопроводу внутреннего противопожарного водопровода или сети хозяйственно-питьевого водопровода.

Дополнительными относительно положений [17] требованиями для зданий высотой 3 и 4 этажа предусмотрено использование спринклерных автоматических установок пожаротушения (АУП) в нежилых помещениях, а также в расположенных в подвальном или цокольном этаже внеквартирных хозяйственных кладовых. Проектирование АУП должно выполняться в соответствии с требованиями к проектированию 1-й группы помещений по [20].

Для зданий высотой 3 и 4 этажа удаление продуктов горения при пожаре системами вытяжной противодымной вентиляции следует предусматривать из межквартирных коридоров и вестибюлей, сообщающихся с незадымляемой лестничной клеткой типа Н2, а также коридоров подвальных или цокольных этажей при наличии в них внеквартирных хозяйственных кладовых, а подпор воздуха при пожаре системами приточной противодымной вентиляции следует предусматривать в незадымля-

емые лестничные клетки типа Н2, пожаробезопасные зоны, лифтовые шахты лифтов для пожарных. Для обеспечения надежной работы противопожарных клапанов необходимо предусматривать автоматический контроль целостности линий электропитания и управления, состояния конечного положения заслонок (створок), с выдачей аварийного сигнала на пульт диспетчерской службы. Кроме того, интервал периодических испытаний систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции по [21] ГОСТ Р 53300–2009 должен быть предусмотрен не реже одного раза в год.

Для снижения пожарной опасности электрооборудования распределительные сети от этажных распределительных щитов до квартирных щитов, а также групповые сети от квартирных щитов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников квартиры должны прокладываться в штробах и каналах из негорючих материалов или стальных трубах. При этом коробки монтажные, распределительные и установочные, предназначенные для установки в деревянных конструкциях и предназначенные для монтажа в них электроустановочных изделий (выключатель, розетка) и соединения токопроводящих жил, должны быть выполнены из материалов, стойких к воздействию пламени (класс ПВ-0 по [22]) и к воздействию накаливаемой проволоки (850 °С по [23]).

Выводы

Проведены аналитические исследования по разработке актуализированных требований к системам противопожарной защиты одно- и двухэтажных зданий из перекрестноклееной древесины в виде CLT-панелей, а также разработаны новые требования к проектированию систем противопожарной защиты этих зданий высотой 3 и 4 этажа в части объемно-планировочных и конструктивных решений, пределов огнестойкости и классов пожарной опасности строительных конструкций, обеспечения эвакуации и спасения людей, используемых строительных материалов, составу инженерного оборудования систем противопожарной защиты и функциональной эффективности данных систем, которые позволяют обеспечить массовое строительство жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины высотой до 4 этажей включительно.

При разработке требований учитывались физические особенности развития пожаров в жилых зданиях из деревянных конструкций, которые обусловлены существенным увеличением выделения горючих газов и паров из-за пиролиза нагреваемой древесины стен и перекрытий по сравнению со зданиями из негорючих конструкций, сопровождающимся

более интенсивным горением в помещении очага пожара, а также выбросами пламени на фасаде здания и на пути эвакуации.

Разработка требований осуществлялась на основе комплексного применения положений Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее — № 123-ФЗ), результатов расчетной оценки влияния фактора огнестойкости на безопасность людей при эвакуации и спасении.

Разработка конкретных технических решений, позволяющих реализовать новые требования на практике, базировалась на расчетах пределов огнестойкости плит из деревянных конструкций, а также результатах огневых испытаний, позволяющих оценить пределы огнестойкости узлов примыкания деревянных элементов и определить оптимальные толщины различных деревянных конструкций зданий.

На основе исследований был подготовлен и введен в действие комплекс новых стандартов организаций, позволяющих обеспечить массовое строительство жилых зданий с применением конструкций из перекрестноклееной древесины высотой до 4 этажей включительно:

- СТО 06202182-001–2022. Многоквартирные жилые дома до 4 этажей с применением деревянных конструкций, созданных промышленным способом (из перекрестноклееной древесины). Требования пожарной безопасности;
- СТО 04416677-001–2022. Многоквартирные жилые дома до 4 этажей с применением конструкций из древесины и древесных материалов. Требования пожарной безопасности.

Кроме того, результаты исследований были внедрены в Изменение № 1 к своду правил СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 56706. Национальный стандарт РФ. Плиты клееные из пиломатериалов с перекрестным расположением слоев. Технические условия.
2. ТУ 16.231-001-6202182–2020. Детали и изделия из перекрестноклееной древесины.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. Федерального закона от 27 декабря 2018 г. № 538-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/
4. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. URL: <https://www.standards.ru/document/6528503.aspx>
5. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01–2003.
6. Пехотиков А.В., Иващук Р.А., Гомозов А.В., Лучкин С.А. Анализ влияния фактора огнестойкости строительных конструкций на обеспечение безопасности людей при пожаре // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 33. № 3. С. 49–62. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.03.84-95
7. Пехотиков А.В., Гомозов А.В., Усолкин С.В., Иващук Р.А. Оценка возможности спасения людей при пожаре в жилом здании // Пожарная безопасность. 2021. № 3 (104). С. 86–97. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.30.18.010
8. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. URL: <https://www.standards.ru/document/6528504.aspx>
9. ГОСТ Р 53275–2009. Техника пожарная. Лестницы ручные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.
10. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. Изменение 1.
11. ГОСТ Р 56027–2014. Материалы строительные. Метод испытаний на возгораемость под воздействием малого пламени.
12. ГОСТ Р 56026–2014. Материалы строительные. Метод определения группы пожарной опасности кровельных материалов.
13. ГОСТ 6266–97. Листы гипсокартонные. Технические условия.
14. ГОСТ 32614–2012. Плиты гипсовые строительные. Технические условия.
15. ГОСТ 34428–2018. Системы эвакуационные фотолуминесцентные. Общие технические условия.
16. СП 59.13330.2020. Свод правил. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01–2001.
17. СП 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. URL: <https://www.standards.ru/document/6713466.aspx>
18. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. Изменение № 1. URL: <https://www.standards.ru/document/6529214.aspx>

19. СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. Изменение № 1. URL: <https://www.standards.ru/document/6636603.aspx>
20. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. URL: <https://www.standards.ru/document/6713467.aspx>
21. ГОСТ Р 53300–2009. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний.
22. ГОСТ 28779–90 (МЭК 707–81). Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения воспламеняемости под воздействием источника зажигания.
23. ГОСТ 27483–87 (МЭК 695-21–80). Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой.

REFERENCES

1. GOST R 56706. National Standard of the Russian Federation. Slabs glued from sawn timber with a cross arrangement of layers. Specifications. (rus).
2. TU 16.231-001-6202182–2020. Parts and products made of cross-laminated wood. (rus).
3. Technical regulations on fire safety requirements : Federal Law of the Russian Federation No. 123-FZ dated July 22, 2008 (as amended by Federal Law No. 538-FZ of December 27, 2018). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (rus).
4. SP 2.13130.2020. Fire protection systems. Ensuring fire resistance of objects of protection. URL: <https://www.standards.ru/document/6528503.aspx> (rus).
5. SP 54.13330.2016. Residential multi-apartment buildings. Updated edition of SNiP 31-01–2003. (rus).
6. Pekhotikov A.V., Ivashchuk R.A., Gomozov A.V., Luchkin S.A. Analyzing the influence of the fire resistance of building structures on human safety in case of a fire. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2022; 33(3):49-62. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.03.84-95 (rus).
7. Pekhotikov A.V., Gomozov A.V., Usolkin S.V., Ivashchuk R.A. Evaluation of the possibility of saving people in a fire in a residential building. *Pozharnaya Bezopasnost'/Fire Safety*. 2021; 3(104):86-97. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.30.18.010 (rus).
8. SP 1.13130.2020. Fire protection systems. Evacuation routes and exits. URL: <https://www.standards.ru/document/6528504.aspx> (rus).
9. GOST R 53275–2009. Fire fighting equipment. Manual fire ladders. General technical requirements. Test methods. (rus).
10. SP 2.13130.2020. “Fire protection systems. Ensuring the fire resistance of objects of protection”. Change 1. (rus).
11. GOST R 56027–2014. Building materials. Small flame flammability test method. (rus).
12. GOST R 56026–2014. Building materials. Method for determining the fire hazard group of roofing materials. (rus).
13. GOST 6266–97. Plasterboard sheets. Specifications. (rus).
14. GOST 32614–2012. Gypsum building boards. Specifications. (rus).
15. GOST 34428–2018. Photoluminescent evacuation systems. General specifications. (rus).
16. SP 59.13330.2020. Set of rules. Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility. Updated edition of SNiP 35-01–2001. (rus).
17. SP 486.1311500.2020. Fire protection systems. The list of buildings, structures, premises and equipment subject to protection by automatic fire extinguishing installations and fire alarm systems. URL: <https://www.standards.ru/document/6713466.aspx>
18. SP 8.13130.2020. Fire protection systems. Sources of external fire water supply. Fire safety requirements. Change No. 1. URL: <https://www.standards.ru/document/6529214.aspx> (rus).
19. SP 10.13130.2020. Fire protection systems. Internal fire water supply. Fire safety requirements. Change No. 1. URL: <https://www.standards.ru/document/6636603.aspx> (rus).
20. SP 485.1311500.2020. Fire protection systems. Automatic fire extinguishing installations. Design norms and rules. URL: <https://www.standards.ru/document/6713467.aspx> (rus).
21. GOST R 53300–2009. Smoke protection of buildings and structures. Acceptance and periodic test methods. (rus).
22. GOST 28779–90 (IEC 707–81) Solid electrical insulating materials. (rus).
23. GOST 27483–87 (IEC 695-2-1–80). Fire tests. Test methods. Hotwiretest. (rus).

Поступила 12.12.2022, после доработки 18.01.2023;

принята к публикации 25.01.2023

Received December 12, 2022; Received in revised form January 18, 2023;

Accepted January 25, 2023

Информация об авторах

ПЕХОТИКОВ Андрей Владимирович, канд. техн. наук, начальник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0003-2396-3136; e-mail: Pekhotikov.a@mail.ru

АБАШКИН Александр Анатольевич, начальник отдела моделирования пожаров и нестандартного проектирования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0002-6347-3257; e-mail: one_15@bk.ru

ГОМОЗОВ Александр Васильевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0001-9660-9221; e-mail: Gomozovav@yandex.ru

ГОЛКИН Алексей Викторович, заместитель начальника отдела моделирования пожаров и нестандартного проектирования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0003-2940-0633; e-mail: 2102pro@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Andrey V. PEKHOTIKOV, Cand. Sci. (Eng.), Head of Department of Fire Resistance of Building Structures and Engineering Equipment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2396-3136; e-mail: Pekhotikov.a@mail.ru

Alexander A. ABASHKIN, Head of Fire Modeling and Custom Design Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-6347-3257; e-mail: one_15@bk.ru

Alexander V. GOMOZOV, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Department of Fire Resistance of Building Structures and Engineering Equipment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-9660-9221; e-mail: Gomozovav@yandex.ru

Aleksey V. GOLKIN, Deputy Head of Fire Modeling and Custom Design Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2940-0633; e-mail: 2102pro@mail.ru

Contribution of the authors: *the authors contributed equally to this article.*

The authors declare no conflicts of interests.