

И. Р. ХАСАНОВ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник,
ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха,
мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: irhas@rambler.ru)

УДК 614.841.334

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Дан анализ современного строительства многоэтажных деревянных зданий; приведены примеры создания таких сооружений. Рассмотрена система технического регулирования в строительстве и особенности нормативных требований в области пожарной безопасности многоэтажных зданий с использованием деревянных конструкций в Российской Федерации и за рубежом. Показано, что основные нормативные требования к деревянным домам связаны с этажностью, пределами огнестойкости несущих конструкций и применением материалов из дерева в отделке и фасадах. Представлены результаты экспериментальных огневых испытаний деревянных конструкций на огнестойкость. Показано, что деревянные конструкции имеют пределы огнестойкости, достаточные для использования в строительстве многоэтажных зданий различного функционального назначения. Даны параметры скоростей обугливания различных деревянных конструкций. Определены основные направления исследований в области пожарной безопасности зданий, включающих деревянные конструкции.

Ключевые слова: пожарная безопасность; нормативные требования; деревянные конструкции; многоэтажные жилые дома; огнестойкость строительных конструкций; скорость обугливания.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.51-60

Введение

Строительство зданий с использованием деревянных конструкций в России всегда находило широкое распространение. Так, в сельских и пригородных районах с малоэтажной застройкой доля конструктивных решений на основе дерева достигает 80 % [1]. Внедрение в строительство новых деревокомпозитных материалов и технологий с использованием конструктивных элементов и модулей заводского изготовления значительно повысило интерес к многоэтажным зданиям с деревянными конструкциями. Важную роль в деревянном домостроении играет экологическая и экономическая привлекательность этих проектов.

Вместе с тем деревянные строительные конструкции могут способствовать возникновению и распространению пожара в здании или сооружении. Пожары (особенно в сочетании с лесными пожарами), происходящие в населенных пунктах с преобладающей деревянной застройкой, наносят большой ущерб. Так, в конце июля 2010 г. из-за аномальной жары и отсутствия осадков в европейской части Российской Федерации возникла сложная пожарная обстановка. В Центральном и Приволжском федеральных округах в этот период было зафиксировано до 300 пожаров. Только за двое суток (29 и 30 июля) выгорело девять деревень, было уничтожено огнем около 2 тыс. домовладений, погибло 53 чел.

В связи с этим рассмотрение особенностей пожарной опасности деревянных зданий и сооружений, а также анализ нормативных требований в области пожарной безопасности многоэтажных зданий с деревянными конструкциями представляется актуальной и важной задачей.

Современное строительство многоэтажных зданий

Если в прошлом веке строительство многоэтажных домов с использованием деревянных конструкций носило, как правило, экспериментальный характер, то в последние годы наблюдается реализация типовых проектов с применением таких конструкций во многих европейских и североамериканских государствах.

В шведском г. Векшё в 2008–2009 гг. был построен комплекс “Лимнологен”, состоящий из четырех восьмиэтажных зданий [2]. Комплекс насчитывает 134 квартиры площадью от 37 до 114 м². Нижний этаж зданий выполнен из бетона, а шесть верхних этажей — из перекрестно-клееных панелей CLT (Cross Laminated Timber). Наружные стены домов выполнены из трехслойных CLT-панелей. С внешней стороны устроен слой теплоизоляции толщиной 100–200 мм и фасадной штукатурки толщиной 5 мм. Изнутри стены обшиты 1–2 слоями гипсокартонных листов (ГКЛ) по обрешетке. Для перекрытий

использовалось несколько вариантов конструкций с трех- и семислойными панелями CLT с усилением их тавровыми клееными балками, уложенными с шагом 600 мм.

Еще одним примером деревянного строительства может служить девятиэтажный жилой дом “Мюррей Гров” (г. Лондон), состоящий из 29 квартир разного типа — коммерческих апартаментов и социального жилья [1]. Как и большинство современных многоэтажных деревянных зданий, лондонский “Мюррей Гров” построен по сборно-панельной технологии из перекрестно-клееных деревянных панелей. Панели были изготовлены на заводе и доставлены на стройку с уже установленными в них окнами, дверями, трубами и проводами. Пятислойные клееные панели и двухслойная обшивка ГКЛ обеспечили предел огнестойкости конструкций до 90 мин.

В табл. 1 представлены проекты некоторых многоэтажных деревянных зданий, построенных за последнее десятилетие [3].

Строительству многоэтажных деревянных зданий предшествовал ряд европейских научно-исследовательских программ по изучению технологий деревянного строительства и применения их для многоэтажных жилых и коммерческих зданий, мостов и т. д. В Скандинавских странах был реализован проект по исследованию пожарной безопасности деревянных многоэтажных зданий [4]. В результате были пересмотрены принципы проектирования, что позволило увеличить объемы строительства многоэтажных деревянных зданий.

Новые подходы касались объемно-планировочных решений, строительных конструкций, фасадов, систем обнаружения и тушения пожара и пр. При проектировании здания важную роль играет также оценка риска и анализ возможных угроз безопасности. В первую очередь, при проектировании многоэтажных деревянных зданий одним из решений, способствующих ограничению распространения пожаров, является деление их на пожарные отсеки и секции. При этом требования к огнестойкости деревянных конструкций принимаются как для типовых объектов. Особое внимание следует уделять оконным проемам, откосам крыш, системе вентиляции и дымоудаления.

Для предотвращения распространения огня по фасаду деревянного здания предлагаются различные подходы. К пассивным методам защиты относится огнестойкая пропитка древесины, а также использование над оконными проемами негорючих материалов (минеральная вата, штукатурка), которые препятствуют распространению огня на верхние этажи. К активным методам защиты фасадов деревянного здания относится применение водяных

Таблица 1. Многоэтажные деревянные строения

Проект	Местоположение	Число этажей	Год строительства
Limnologen	Векшё, Швеция	8	2009
Stadthaus	Лондон, Великобритания	8	2010
Bridport House	Лондон, Великобритания	8	2010
Holz 8	Бад-Айблинг, Германия	8	2011
E-3	Берлин, Германия	7	2011
Forte	Мельбурн, Австралия	10	2012
Life Cycle Tower One	Дорнбирн, Австрия	8	2012
Pentagon II	Осло, Норвегия	8	2013
Wagramerstrasse	Вена, Австрия	7	2013
Cenni di Cambiamento	Милан, Италия	9	2013
Panorama Giustinelli	Триест, Италия	7	2013
Treet	Берген, Норвегия	14	2014
Strandparken Wood	Стокгольм, Швеция	8	2014
Innovation Design Centre	Британская Колумбия, Канада	8	2014
Contralaminada	Лерида, Испания	8	2014
St. Die-des-Vosges	Сен-Дье-де-Вож, Франция	8	2014
Puukuokka	Ювяскюля, Финляндия	8	2015
Trafalgar Place	Лондон, Великобритания	10	2015
Banyan Wharf	Лондон, Великобритания	10	2015
Dalston Lane	Лондон, Великобритания	10	2015
Shoreditch	Лондон, Великобритания	10	2015

систем пожаротушения. Предлагается также использовать огнестойкие окна или жалюзи из негорючих материалов, которые при пожаре закрываются автоматически.

Современные элементы деревянных сооружений могут обеспечить не только пожарную безопасность в многоэтажных домах, но и звукоизоляцию. Например, двухслойная деревянная стена, защищенная с двух сторон листами гипсокартона, представляет собой надежную противопожарную перегородку между двумя секциями, обладающую звукоизолирующими свойствами.

Хорошим примером использования деревянных конструкций являются потолки из цельного дерева в офисных зданиях и образовательных учреждениях. Такие потолки способны обеспечивать более высокий предел огнестойкости, чем стальные конструкции.

В Великобритании был реализован полномасштабный исследовательский проект TF2000 (Timber Frame 2000) по изучению многоэтажного деревянного здания [5]. Программа проекта включала в себя изучение устойчивости здания во время строительства и по его завершении, при различных статических и динамических воздействиях, а также исследование акустических характеристик здания и его пожарной опасности.

Целью программы по определению пожарной безопасности здания было исследование развития пожара и возможности использования деревянных лестниц для эвакуации. В ходе эксперимента моделировалось развитие реального пожара в квартире на третьем этаже. Измерялись температура, плотность тепловых потоков, видимость и газовый состав продуктов горения. Максимальные температуры в квартире достигали 1000 °С, а в структурных пустотах, образующих границы отсека, в целом оставались ниже 100 °С.

Эксперимент был прекращен на 64-й минуте после разрушения защитного гипсокартонного слоя на потолке непосредственно над местом возгорания, когда несущие деревянные балки подверглись воздействию открытого огня, продолжавшемуся в течение заданного времени. Результаты эксперимента показали соответствие многоэтажного здания с деревянным каркасом требованиям строительных нормативов Великобритании. Несмотря на более интенсивный огневой режим, чем при стандартном температурном режиме, пожарный отсек сохранил целостность, а несущие конструкции — прочность. Листы гипсокартона показали свою эффективность в защите древесины от открытого огня.

Эксперимент по оценке возможности использования деревянных эвакуационных лестниц в жилых многоэтажных зданиях [5] был направлен на проверку возможности использования их для эвакуации жильцов, а также пожарными. В этих целях все компоненты деревянных лестниц были обработаны антипиренами, а для соединения компонентов был использован термически твердеющий клей. Лестницы были отделаны одним слоем ГКЛ толщиной 12,5 мм, закрепленных через 150 мм. В лестничной клетке и на ступенях лестницы было установлено несколько источников возгорания. Огневой тест продолжался 31 мин. Эксперименты показали, что целостность конструкции лестницы сохраняется в течение

времени, необходимого для эвакуации людей и проведения пожарными работ по тушению пожара.

Нормативная база в области пожарной безопасности многоэтажных деревянных зданий

В Российской Федерации основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности определяются Федеральным законом № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (далее — ФЗ-123) [6], который устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям и сооружениям. В последних должны применяться основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости зданий и сооружений и классу их конструктивной пожарной опасности.

Строительство одно- и двухэтажных деревянных жилых домов V степени огнестойкости в соответствии с СП 2.13130.2012 [7] допускается при наибольшей допустимой площади этажа 800 и 500 м² соответственно. В этом случае показатели огнестойкости строительных конструкций здания не нормируются. Допускается строительство трехэтажных жилых домов класса конструктивной пожарной опасности С2 и IV степени огнестойкости при огнестойкости строительных конструкций не менее R(REI) 15 или E 15. При этом строительные конструкции внутренних лестничных клеток должны иметь предел огнестойкости REI 45, а марши и площадки — предел огнестойкости R 15 и класс пожарной опасности K1.

Аналогичные требования по допустимой высоте здания и площади этажа в пределах пожарного отсека в зависимости от степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности приведены в СП 54.13330.2011 [8].

Свод правил [7] допускает, в принципе, строительство жилых зданий с применением любых конструкций при соблюдении требований к ним по классу конструктивной пожарной опасности и пределу огнестойкости, установленных ФЗ-123 [6].

Нормативная база по строительству деревянных зданий наиболее развита в Европе [4, 9, 10]. Так, в Норвегии строительство деревянных домов допускается до 4 этажей при огнестойкости строительных конструкций не менее R 60. При высоте более 4 этажей использование деревянных конструкций требует оценки величины пожарного риска и доказательной базы. Имеются также ограничения по применению строительных и отделочных материалов в зависимости от площади пожарного отсека (200 м²) и этажности здания (4 этажа).

В Швеции использование деревянных конструкций в качестве несущих не ограничено, если они имеют соответствующие показатели по огнестойкости. Вместе с тем применение незащищенных деревянных конструкций и материалов во внутренней и внешней отделке ограничено двумя этажами.

Датские строительные нормы допускают использование деревянных конструкций в четырехэтажных зданиях при наличии в них автоматических установок пожаротушения (АУПТ). При их отсутствии высота деревянных жилых домов допускается не более 2 этажей. Применение незащищенных деревянных конструкций внутри и снаружи здания возможно также только в двухэтажных зданиях.

По финской классификации жилые здания высотой 1–2 этажа относятся к классу пожароопасности Р3, многоквартирные здания высотой 3–4 этажа — к более высокому классу пожароопасности Р2. Противопожарными правилами разрешается строительство четырехэтажных зданий жилого и нежилого фонда, имеющих деревянный каркас и деревянную фасадную обшивку, при условии выполнения ряда требований. В частности, обязательным требованием является оснащение таких зданий спринклерными установками пожаротушения, подключаемыми к обычной водопроводной сети. Для жилых зданий высотой до 2 этажей это условие обязательно.

В Финляндии между отдельно стоящими деревянными домами и подсобными помещениями рекомендуется устраивать противопожарные разрывы шириной не менее 8 м. Если данное условие выполнить не удастся, то рекомендуется применять дополнительные меры по защите от распространения огня по территории: оборудование жилых помещений пожарной сигнализацией и средствами автоматического пожаротушения; установку пожарных гидрантов; устройство противопожарных преград между зданиями; монтаж противопожарных заполнений в оконных и дверных проемах наружных стен; устройство противопожарных разрывов на фасадах и карнизах зданий; посадку в разрывах между зданиями лиственных деревьев.

В Германии требования к деревянным строениям зависят от этажности. Так, в зданиях до 3 этажей разрешено использовать незащищенные деревянные конструкции с пределами огнестойкости REI 30. В зданиях до 5 этажей допускается применять деревянные конструкции с пределами огнестойкости REI 60. При этом поверхности конструкций должны быть защищены негорючими материалами и иметь показатели защиты по европейской классификации K₂60, т. е. конструкция не должна загораться в течение 60 мин при огневом воздействии по стандартно-

му режиму пожара. Здания выше 5 этажей следует строить по специальным проектам, при этом предел огнестойкости конструкций должен быть не менее REI 90 с негорючей защитой K₂60. Для всех помещений зданий выше 5 этажей необходимо устройство АУПТ.

Наиболее строгие нормы строительства деревянных зданий в Исландии. Согласно им применение дерева в несущих строительных конструкциях, а также для внешней и внутренней отделки допускается только в зданиях не выше 2 этажей.

В Новой Зеландии строительство многоэтажных деревянных строений зависит от наличия АУПТ и огнестойкости строительных конструкций (несущих, на путях эвакуации, наружных стен). Так, для зданий высотой менее 25 м при наличии АУПТ пределы огнестойкости несущих строительных конструкций могут быть снижены с R 45 до R 30. Для зданий высотой более 25 м наличие АУПТ обязательно [11].

В США при строительстве многоэтажных деревянных домов строго соблюдают нормы деления здания на пожарные отсеки [12, 13]. Противопожарная стена с пределом огнестойкости 120 мин служит границей между участками площадью 600 м². Пределы огнестойкости стен между квартирами и стен, граничащих с коридором, также составляют 120 мин. Допускается строительство шестиэтажных деревянных зданий при наличии АУПТ.

Краткий анализ противопожарных требований к деревянным зданиям показывает, что основные ограничения связаны с этажностью и пределами огнестойкости несущих конструкций. При увеличении этажности следует применять АУПТ. Имеются серьезные ограничения по применению горючих материалов для внутренней и внешней отделки.

Вместе с тем в Европе наблюдается устойчивая тенденция к увеличению этажности деревянных зданий. Нормирование этажности в некоторых странах Европы показано в табл. 2. Так, в Швеции, Франции и Нидерландах допускается строительство восьмиэтажных зданий из деревянных конструкций без организации систем автоматического пожаротушения.

Классификация в области огнестойкости строительных конструкций в России и Европе не имеет серьезных различий, однако в области пожарной опасности строительных материалов европейская классификация имеет отличительные особенности. Европейская система классификации строительных материалов по пожарной опасности основана на наборе европейских стандартов (EN) испытаний. Реализация этой системы в национальных строительных нормах и правилах отличается, но большинство стран используют европейскую классификацию параллельно с национальной.

Таблица 2. Нормирование этажности деревянных зданий в Европе

Характеристика здания	Допустимая этажность						
	Чехия	Финляндия	Франция	ФРГ	Нидерланды	Швеция	Велико-британия
Число этажей (без пожаротушения)	3	2	8	5	8	8	8
Деревянные фасады (без пожаротушения)	3	2	8	3	8	2	8
Деревянные перегородки:							
— в квартирах	8	8	8	8	8	2	Нет
— на путях эвакуации	Нет	Нет	8	3	8	Нет	Нет
Деревянные перекрытия:							
— в квартирах	8	8	8	8	8	8	8
— на путях эвакуации	Нет	8	8	8	8	8	Нет
Возможность увеличения этажности при наличии пожаротушения	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет

В европейской системе классификации строительных материалы делятся на семь классов, при этом имеются две подсистемы: одна — для строительных и отделочных материалов, другая — для напольных покрытий. Подсистемы имеют классы от А до F, причем классы А1 и А2 соответствуют негорючим материалам. Краткий обзор европейской классификации строительных и напольных материалов по пожарной опасности представлен в табл. 3 и 4 [14].

Важным элементом технического регулирования в Европе являются еврокоды, разработанные CEN [15], которые представляют собой набор европейских стандартов для проектирования зданий и сооружений и для строительных продуктов.

Каждый из семи еврокодов содержит части (1–2), касающиеся вопросов огнестойкости строительных конструкций. Так, еврокод-5 “Проектирование деревянных конструкций” включает в себя части 1–2

Таблица 3. Европейская классификация строительных материалов по пожарной опасности

Класс	Дымообразующая способность	Образование капель	Примеры материалов
A1	—	—	Камень, стекло
A2	s1, s2 или s3	d0, d1 или d2	Гипсоволокнистые листы (ГВЛ), минеральная вата
B	s1, s2 или s3	d0, d1 или d2	Гипсокартонные листы (ГКЛ), огнезащитная древесина
C	s1, s2 или s3	d0, d1 или d2	Покрывания на ГКЛ, огнезащитная древесина
D	s1, s2 или s3	d0, d1 или d2	Дерево, древесные плиты
E	—	d1 или d2	Некоторые синтетические полимеры
F	—	—	Не определяется

Таблица 4. Европейская классификация напольных материалов по пожарной опасности

Класс	Дымообразующая способность	Примеры материалов
A _{fl}	—	Камень
A _{2fl}	s1 или s2	Гипсовые плиты
B _{fl}	s1 или s2	ПВХ, некоторые текстильные напольные покрытия
C _{fl}	s1 или s2	Некоторые виды деревянных полов
D _{fl}	s1 или s2	Дерево, древесные плиты
E _{fl}	—	Некоторые синтетические полимеры
F _{fl}	—	Не определяется

“Общие правила определения огнестойкости” [16] и устанавливает требования к проектированию зданий и инженерных сооружений из древесины.

В дополнение к еврокоду-5 разработано руководство по проектированию и обеспечению пожарной безопасности деревянных конструкций [17]. Несущие деревянные конструкции должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы они сохраняли несущую способность в течение нормируемой продолжительности регламентируемых воздействий при пожаре.

Огнестойкость деревянных конструкций

Основными закономерностями, которые необходимы при расчете пределов огнестойкости деревянных конструкций, являются: температура начала обугливания древесины (270 °С), которая достигается на поверхности древесины через 4 мин после начала стандартного теплового воздействия пожара; условная скорость обугливания (скорость перемещения фронта обугливания), включающая влияние угловых закруглений (для древесины хвойных пород — 0,7 мм/мин) [18].

Скорость обугливания при одностороннем обугливания принимается постоянной во времени. Расчетное значение глубины обугливания определяется по следующей формуле [16]:

$$d_{char,0} = \beta_0 t,$$

где $d_{char,0}$ — расчетное значение глубины обугливания при одностороннем обугливания;

β_0 — расчетное значение скорости одностороннего обугливания при стандартном воздействии пожара;

t — продолжительность воздействия пожара.

Условная скорость обугливания учитывает влияние угловых закруглений и трещин (рис. 1). Расчетное значение условной глубины обугливания определяется по формуле

$$d_{char,n} = \beta_n t,$$

где $d_{char,n}$ — расчетное значение условной глубины обугливания, включая влияние угловых закруглений;

β_n — расчетное значение условной скорости обугливания, учитывающей влияние угловых закруглений и трещин.

Расчетные значения скорости обугливания при стандартном воздействии пожара для некоторых деревянных конструкций даны в табл. 5.

Представленные в табл. 5 значения скоростей обугливания для некоторых материалов относятся, как правило, к огневому воздействию в условиях стандартных испытаний. В зависимости от влажности, состава, а также конструктивных особенностей деревянной конструкции их значения могут отличаться от табличных.

В целях установления предела огнестойкости деревянных конструкций и оценки глубины обугливания в условиях стандартных огневых испытаний в ФГБУ ВНИИПО МЧС России проведена серия испытаний. На рис. 2 представлен фрагмент внутренней несущей стены, изготовленной из клееного бруса, после огневых испытаний. Испытания двух образцов деревянных конструкций, изготовленных из клееного бруса, размерами 2300×1300×250 мм

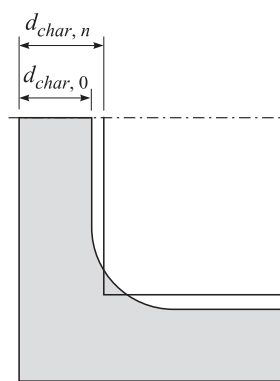


Рис. 1. Расчетная $d_{char,0}$ и условная $d_{char,n}$ глубина обугливания при одностороннем обугливания

Таблица 5. Расчетные значения скорости обугливания β_0 и β_n

Материал	β_0 , мм/мин	β_n , мм/мин
Клееная древесина хвойных пород с нормативной плотностью $\rho \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,70
Цельная древесина хвойных пород с нормативной плотностью $\rho \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,80
Цельная древесина или клееная древесина лиственных пород с нормативной плотностью $\rho \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,70
Цельная древесина или клееная древесина лиственных пород с нормативной плотностью $\rho \geq 450 \text{ кг/м}^3$	0,50	0,55
Брус из клееного шпона с нормативной плотностью $\rho \geq 480 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,70
Деревянные панели	0,90	—
Клееная фанера	1,00	—
Древесные плиты, кроме клееной фанеры	0,90	—

проводились под действием постоянной равномерно распределенной нагрузки 70,56 кН/м. После окончания огневых испытаний было зафиксировано обугливание конструкции на глубину до 40 мм. Средняя скорость обугливания составила 0,69 мм/мин, что соответствует данным, представленным в табл. 5.

Для конструкции внутренней несущей стены предельными состояниями при испытании на огнестойкость являются: потеря несущей способности (R) вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (предельная вертикальная деформация для данного фрагмента конструкции внутренней несущей стены составляет 23,0 мм); потеря целостности (E); потеря теплоизолирующей способности (I). Кривые изменения температур и вертикальных деформаций опытных образцов фрагмента внутренней несущей стены представлены на рис. 3.

За время проведения испытаний опытных образцов зафиксированы следующие характерные особенности их поведения. На 5–7-й минуте испытаний зафиксировано начало термического разложения клееного бруса опытных образцов, характеризующегося интенсивным дымообразованием; на 22–24-й минуте — обугливание поверхностного слоя древесины на глубину 5–7 мм; на 63–65-й минуте — достижение предельного состояния по потере целостности (E) конструкции в результате прогорания стыковых соединений стенового бруса и проникновения на необогреваемую поверхность продуктов горения и пламени. Вертикальная деформация 1-го



Рис. 2. Обугливание фрагмента внутренней несущей стены, изготовленной из клееного бруса

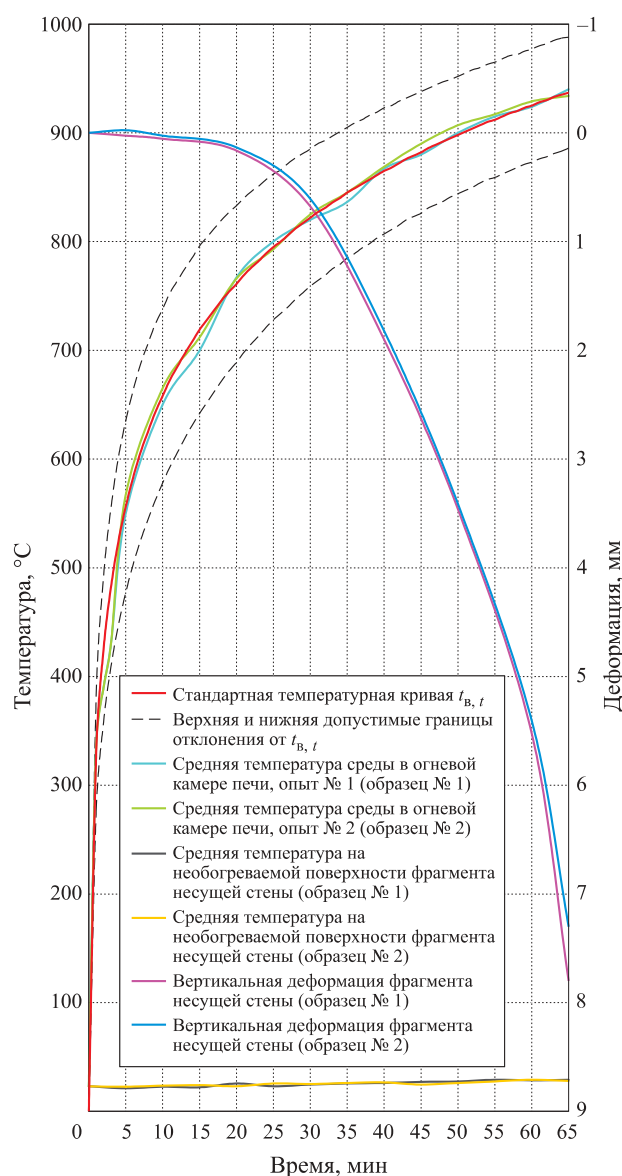


Рис. 3. Кривые изменения температур и вертикальных деформаций испытательных образцов фрагмента внутренней несущей стены, изготовленной из клееного бруса

и 2-го опытных образцов составляла соответственно 7,8 и 7,3 мм. Средняя температура (в контролируемых точках) на необогреваемой поверхности образцов на момент окончания огневого воздействия не превышала 29 °С. Предел огнестойкости фрагмента внутренней несущей стены, изготовленной из клееного бруса, REI 60.

Проведенные огневые испытания различных деревянных конструкций показали, что они имеют пределы огнестойкости, достаточные для использования в строительстве многоэтажных зданий различного функционального назначения.

Вместе с тем вопросы, связанные с использованием деревянных конструкций в современном домостроении, требуют дальнейших исследований. Так, важными направлениями исследований в области пожарной безопасности зданий из деревянных конструкций являются:

- разработка требований и развитие нормативной базы в области пожарной безопасности многоэтажных деревянных зданий;
- проведение огневых испытаний по оценке огнестойкости деревянных конструкций с использованием новых древокомпозитных материалов и технологий;
- в целях моделирования развития пожаров и оценки пожарнотехнических характеристик деревянных конструкций проведение комплексных натурных огневых испытаний деревянных зданий и сооружений;
- в целях обеспечения требуемых параметров пожарной опасности и огнестойкости деревянных конструкций разработка и обоснование типовых технических решений, включая различные способы огнезащиты;
- создание и развитие базы данных по пожарнотехническим характеристикам деревянных конструкций на основе экспериментальных исследований.

Выводы

Анализ современного строительства многоэтажных деревянных зданий показал, что в качестве основных конструктивных схем используются каркасные и объемно-модульные технологии с применением перекрестно-клееных деревянных панелей. Используются также гибридные (комбинированные) технологии строительства, когда в качестве перекрытий, колонн и других элементов, обеспечивающих жесткость конструкции здания, используется железобетон. Наблюдается устойчивая тенденция к увеличению этажности зданий.

Для повышения пределов огнестойкости и снижения пожарной опасности деревянных конструкций используются различные методы огнезащиты (конструктивная огнезащита, обработка антипире-

нами и др.), а в целях повышения пожарной безопасности здания — системы противопожарной защиты (системы обнаружения пожара, установки пожаротушения и др.).

Основные нормативные противопожарные требования к деревянным зданиям связаны с этажностью, пределами огнестойкости несущих конструкций и применением материалов из дерева в отделке и фасадах. Как правило, строительство двухэтажных деревянных жилых зданий не имеет ограничений. При увеличении этажности применяются различные системы противопожарной защиты (системы обнаружения пожара, АУПТ). Особое внимание уде-

ляется созданию противопожарных отсеков и ограничению применения горючих материалов во внутренней и внешней отделке.

Огневые испытания деревянных конструкций показали, что они имеют пределы огнестойкости, достаточные для использования в строительстве многоэтажных зданий различного функционального назначения. Даны параметры скоростей обугливания различных деревянных конструкций.

Определены основные направления исследований и развития нормативной базы в области пожарной безопасности зданий из деревянных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гилетич А. Н., Хасанов И. Р., Макеев А. А. Пожарная безопасность многоэтажных зданий из деревянных конструкций // Пожарная безопасность. — 2014. — № 2. — С. 116–125.
2. Serrano E. Limnologen — experiences from an 8-storey timber building // Internationales Holzbau-Forum. — Garmisch, 2009. URL: http://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf09_Serrano.pdf (дата обращения: 02.09.2016).
3. Modern tall wood buildings: opportunities for innovation. — Minneapolis : Dovetail Partners Inc., 2016. — 15 p.
4. Gusnadóttir I. Timber as load bearing material in multi-storey apartment buildings: a case study comparing the fire risk in a building of non-combustible frame and a timber-frame building. — Reykjavik : Faculty of Civil and Environmental Engineering School of Engineering and Natural Sciences University of Iceland, 2011. — 101 p.
5. Lennon T., Moore D. The natural fire safety concept — full-scale tests at Cardington // Fire Safety Journal. — 2003. — Vol. 38, Issue 7. — P. 623–643. DOI: 10.1016/S0379-7112(03)00028-6.
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. — М. : ВНИИПО, 2012. — 148 с.
7. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. — М. : ВНИИПО, 2012. — 43 с.
8. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01–2003. — М. : Минрегион, 2011. — 40 с.
9. Östman B., Källsner B. National building regulations in relation to multi-storey wooden buildings in Europe. — Sweden : SP Träteknik and Växjö University, 2013. — 26 p. URL : <http://www.researchgate.net/publication/267222079> (дата обращения: 02.09.2016).
10. Frangi A., Fontana M. Fire safety of multistorey timber buildings // Proceedings of the Institution of Civil Engineers — Structures and Buildings. — 2010. — Vol. 163, Issue 4. — P. 213–226. DOI: 10.1680/stbu.2010.163.4.213.
11. Thomas G. Fire safety design of multi-storey timber buildings // New Zealand Journal of Timber Design. — 2008. — Vol. 16, No. 2. — P. 6–12.
12. Хасанов И. Р., Ушаков Д. В., Стернина О. В. Противопожарные расстояния в застройке зданиями из деревянных конструкций // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИИПО, 2015. — Ч. 1. — С. 367–375.
13. Östman B., Rydholm D. National fire regulations in relation to the use of wood in European and some other countries. — Träteknik : Swedish Institute for Wood Technology Research, 2006. — 26 p.
14. Хасанов И. Р., Етумян А. С., Грузинов А. С., Иванов Ю. С. Совершенствование системы классификации строительных материалов по пожарной опасности // XXIV Международная научно-практическая конференция по проблемам пожарной безопасности, посвященная 75-летию создания института : тез. докл. — М. : ВНИИПО, 2012. — Ч. 1. — С. 231–234.
15. Гилетич А. Н., Хасанов И. Р., Зотов С. В. Европейские методы определения тепловых воздействий на строительные конструкции при пожаре // Пожарная безопасность. — 2012. — № 1. — С. 95–108.

16. EN 1995-1-1. Eurocode 5 — Design of timber structures. Part 1–2. General — Structural fire design. — Brussels : CEN, 2004. — 69 p.
17. Östman B., Mikkola E., Stein R., Frangi A., König J., Dhima D., Hakkarainen T., Bregulla J. Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe. — Borås : SP Technical Research Institute of Sweden, 2010. — 210 p.
18. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80 — М. : Минрегион, 2011. — 88 с.

Материал поступил в редакцию 12 сентября 2016 г.

Для цитирования: Хасанов И. Р. Особенности пожарной опасности зданий из деревянных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 11. — С. 51–60. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.51-60.

English

FEATURES OF FIRE SAFETY OF BUILDINGS OF WOODEN STRUCTURES

KHASANOV I. R., Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail address: irhas@rambler.ru)

ABSTRACT

Experience of modern multistorey wooden buildings has shown that as the main structural schemes there are used frame and volumetric-modular technology with the use of cross-laminated timber (CLT) panels. It is a steady tendency to increase the number of stories of buildings.

In the article the analysis of normative requirements in the field of fire safety of high-rise buildings of wooden structures is presented. In the Russian Federation the construction of one- and two-storey wooden residential houses are allowed with maximum floor surface of 800 and 500 m², respectively. In this case, the limits of fire resistance of building structure are not standardized. It's allowed the construction of three-storey houses of the class of constructive fire danger of the C2 and fire resistance of building structures not less than REI 15 (E 15).

Basic regulatory requirements for wooden houses in Europe and North America are associated with the number of floors, the fire resistance rating of load-bearing structures and the application materials of wood finishes and facades. As a rule, the construction of two-storey wooden residential buildings has no limitations. With increasing number of stories there are used various fire protection system: fire detection, automatic fire extinguishing system, etc. Special attention is paid to the creation of fire compartments and limit the use of combustible materials in interior and exterior decoration. However, in some countries (Sweden, France, Netherlands) the construction of eight-story buildings of wooden structures without the use of automatic fire suppression systems is allowed.

Results of fire tests of wooden constructions from laminated veneer lumber are presented. It is shown that wooden structures have a fire-resistance required for use in the construction of multi-storey buildings of different functional purpose. The parameters of the speed of charring of different wood structures are given.

The main directions of research and development of the regulatory framework in the field of fire safety of buildings of wooden structures are defined. Special attention is paid to the further conduct of fire tests for evaluating the fire resistance of wooden structures using new composite materials and technologies, and conducting full-scale fire tests of wooden buildings and constructions in order to simulate the development of fires.

Keywords: fire safety; regulatory requirements; wooden structures; high-rise residential buildings; fire resistance of constructions; charring rate.

REFERENCES

1. Giletiĥ A. N., Khasanov I. R., Makeev A. A. Fire safety of multistoreyed buildings of wooden structures. *Pozharnaya bezopasnost (Fire Safety)*, 2014, no. 2, pp. 116–125 (in Russian).
2. Serrano E. Limnologen — experiences from an 8-storey timber building. In: *Internationales Holzbau-Forum*. Garmisch, 2009. Available at: http://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf09_Serrano.pdf (Accessed 2 September 2016).
3. *Modern tall wood buildings: opportunities for innovation*. Minneapolis, Dovetail Partners Inc., 2016. 15 p.
4. Gusnadóttir I. *Timber as load bearing material in multi-storey apartment buildings: a case study comparing the fire risk in a building of non-combustible frame and a timber-frame building*. Reykjavik, Faculty of Civil and Environmental Engineering School of Engineering and Natural Sciences University of Iceland, 2011. 101 p.
5. Lennon T., Moore D. The natural fire safety concept — full-scale tests at Cardington. *Fire Safety Journal*, 2003, vol. 38, issue 7, pp. 623–643. DOI: 10.1016/S0379-7112(03)00028-6.
6. *Technical regulations for fire safety requirements*. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. Moscow, VNIPO Publ., 2012. 148 p. (in Russian).
7. *Set of rules 2.13130.2012. Fire protection system. Fire resistance protection*. Moscow, VNIPO Publ., 2012. 43 p. (in Russian).
8. *Set of rules 54.13330.2011. Residential buildings. The updated edition of SNiP 31-01–2003*. Moscow, Minregion Publ., 2011. 40 p. (in Russian).
9. Östman B., Källsner B. *National building regulations in relation to multi-storey wooden buildings in Europe*. Sweden, SP Träteĥ and Växjö University, 2013. 26 p. Available at: <http://www.researchgate.net/publication/267222079> (Accessed 2 September 2016).
10. Frangi A., Fontana M. Fire safety of multistorey timber buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers — Structures and Buildings*, 2010, vol. 163, issue 4, pp. 213–226. DOI: 10.1680/stbu.2010.163.4.213.
11. Thomas G. Fire safety design of multi-storey timber buildings. *New Zealand Journal of Timber Design*, 2008, vol. 16, no. 2, pp. 6–12.
12. Khasanov I. R., Ushakov D. V., Sternina O. V. Fire-prevention distances between buildings of wooden structures. In: *Proceedings of XXVII International Scientifical-and-Practical Conference “Actual Problems of Fire Safety”*. Moscow, VNIPO Publ., 2015, part 1, pp. 367–375 (in Russian).
13. Östman B., Rydholm D. *National fire regulations in relation to the use of wood in European and some other countries*. Träteĥ, Swedish Institute for Wood Technology Research, 2006. 26 p.
14. Khasanov I. R., Yetumyan A. S., Gruzinov A. S., Ivanov Yu. S. Improving the system of classification of construction materials on fire hazard. In: *Proceedings of XXIV International Scientifical-and-Practical Conference “Actual Problems of Fire Safety”*. Moscow, VNIPO Publ., 2012, part 1, pp. 231–234 (in Russian).
15. Giletiĥ A. N., Khasanov I. R., Zotov S. V. The European methods of evaluation of thermal effects on structures in case of fire. *Pozharnaya bezopasnost (Fire Safety)*, 2012, no. 1, pp. 95–108 (in Russian).
16. *EN 1995-1-1. Eurocode 5 — Design of timber structures. Part 1–2. General — Structural fire design*. Brussels, CEN, 2004. 69 p.
17. Östman B., Mikkola E., Stein R., Frangi A., König J., Dhima D., Hakkarainen T., Bregulla J. *Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe*. Borås, SP Technical Research Institute of Sweden, 2010. 210 p.
18. *Set of rules 64.13330.2011. Wooden structures. The updated edition of SNiP II-25–80*. Moscow Min-region Publ., 2011. 88 p. (in Russian).

For citation: Khasanov I. R. Features of fire safety of buildings of wooden structures. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 51–60. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.51-60.