

Е. А. АНОХИН, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: dzhefa@inbox.ru)

Е. Ю. ПОЛИЩУК, канд. техн. наук, докторант, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: epyur@ya.ru)

А. Б. СИВЕНКОВ, д-р техн. наук, доцент, ученый секретарь, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: sivenkov01@mail.ru)

УДК 614.8:699.8

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Представлены результаты исследования пожарной опасности ограждающих деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации. Испытания образцов конструкций проводились согласно ГОСТ 30403–2012 в условиях стандартного температурного режима пожара с регистрацией температуры как в огневой и тепловой камерах, так и внутри образцов по толщине. Установлено, что для деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации (81 год) средняя температура в огневой и тепловой камерах на 50 °С выше, чем для образца современной деревянной конструкции, фактически на всем протяжении огневых испытаний. Для деревянной конструкции длительного естественного старения установлен значительный прогрев по толщине образца и аномально высокие скорости обугливания, превышающие в зоне огневой камеры в 1,7 раза значения данного показателя для образца современной конструкции из древесины. Отмечается, что при разработке и применении огнезащитных составов и покрытий необходимо учитывать установленные особенности поведения деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации в условиях пожара.

Ключевые слова: пожарная опасность; древесина; деревянные конструкции; срок эксплуатации; прирост температуры; скорость обугливания.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.30-40

Введение

В настоящее время в мире эксплуатируется достаточно большое количество зданий и сооружений из древесины различного функционального назначения, имеющих срок эксплуатации несколько десятков и даже сотен лет. Большая часть из них составляет общественный и жилой фонд. В России одними из наиболее распространенных являются здания со смешанными деревянными рублеными или брусчатыми стенами, гарантийный срок службы которых составляет 90 лет [1].

Вопрос обеспечения пожарной безопасности рассматриваемых объектов в настоящее время чрезвычайно актуален. Основной особенностью этих объектов с точки зрения пожарной опасности является значительный объем пожарной нагрузки и возможность нахождения людей внутри зданий и сооружений с конструкциями из древесины.

Мировая пожарная статистика свидетельствует о том, что 35 % всех пожаров возникают в подавляющем большинстве в зданиях жилого назначения.

При этом наиболее разрушительный характер пожаров с большим числом погибших и травмированных людей, а также со значительным материальным ущербом проявляется в зданиях, построенных с применением древесины. В большинстве регионов Российской Федерации большие площади традиционно застроены зданиями и сооружениями IV–V степени огнестойкости (Архангельская, Вологодская, Костромская, Ярославская и ряд других областей) [2].

По результатам проведенных мировых научных исследований были сформированы классические представления об особенностях поведения деревянных конструкций в условиях нагрева или пожара [2–8], в том числе интенсивности обугливания древесины разных пород и видов [9–11].

Несмотря на это научные публикации последних лет свидетельствуют о значительном влиянии условий и сроков эксплуатации древесины на ее пожарную опасность [11–14]. Эти результаты показывают нестандартное поведение древесины длительного

естественного старения в условиях огневых испытаний.

В настоящее время назрел вопрос об изучении особенностей поведения полномасштабных деревянных конструкций в условиях пожара. Этот переход с научной на практическую точку очень важен, поскольку известно влияние масштабного фактора на характеристики пожарной опасности и огнестойкости строительных конструкций. В этом плане весьма своевременной стала работа Ж. К. Макишева [15], в которой были получены результаты по влиянию длительного срока эксплуатации на огнестойкость деревянных конструкций с учетом особенностей процесса обугливания, сопровождающего потерю их несущей способности в условиях пожара. Было установлено, что длительное естественное старение приводит к облегчению условий карбонизации древесины и ускорению процесса окисления обуглероженного остатка [16]. Результаты этих исследований являются стратегическими для начала выполнения серии работ по изучению особенностей поведения деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации в условиях пожара.

При проведении настоящих исследований основное внимание было обращено на изменение температурных показателей, степени и характера термического повреждения исследуемых образцов деревянных конструкций, поскольку термоокислительное разложение и горение древесины является процессом, протекающим со значительным выделением тепла на всех его стадиях.

В связи с этим центральной задачей в работе является установление для ограждающих деревянных конструкций с разными сроками эксплуатации характерных отличий по величине прироста температуры — показателю теплового эффекта, степени термического повреждения и интенсивности обугливания (глубина и скорость обугливания) исследуемых образцов в условиях огневых испытаний по ГОСТ 30403–2012.

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения исследований были отобраны образцы деревянных конструкций нежилого дома (далее — объект), расположенного по адресу: Россия, Ярославская обл., Борисоглебский р-н, с. Кедское. Здание построено в 1935 г. (81 год эксплуатации) из сосновых бревен диаметром от 220 до 240 мм. Элементы деревянных конструкций сохранились в удовлетворительном состоянии, без механических и биологических повреждений. Общий вид ограждающих деревянных конструкций на объекте представлен на рис. 1.

Отобранные образцы деревянных конструкций были подвергнуты испытаниям в крупномасштаб-



Рис. 1. Фрагмент ограждающей деревянной стены с наружной (а) и внутренней (б) стороны

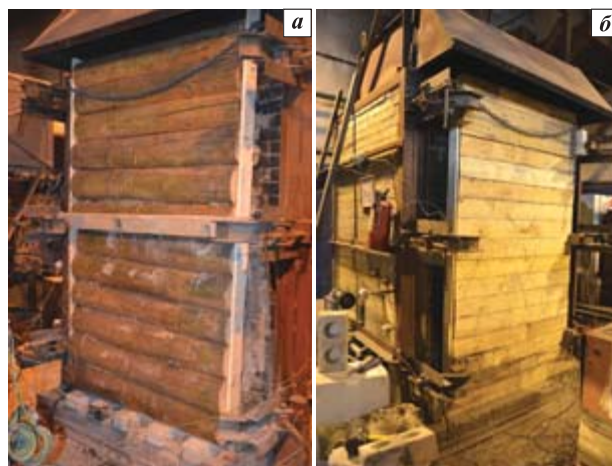


Рис. 2. Образцы деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б) перед огневыми испытаниями

ной огневой печи в условиях стандартного температурного режима пожара по методике, установленной ГОСТ 30403–2012. Время огневых испытаний исследуемых ограждающих деревянных конструкций составляло 15 и 45 мин.

Аналогичные испытания были проведены на образцах современных деревянных конструкций, в качестве элементов которых использовался брус сосны сечением 140×140 мм. Элементы конструкций были высушены естественным путем до влажности 13,8–15,1 %. Средняя плотность образцов древесины с длительным сроком эксплуатации составила 554 кг/м³, а образцов древесины современной — 459 кг/м³. Конструкции размером 1300 мм в ширину и 2400 мм в высоту монтировались в огневую печь. Общий вид смонтированных образцов ограждающих деревянных конструкций представлен на рис. 2.

Для регистрации температуры во время испытаний в тепловой и огневой камерах, а также внутри

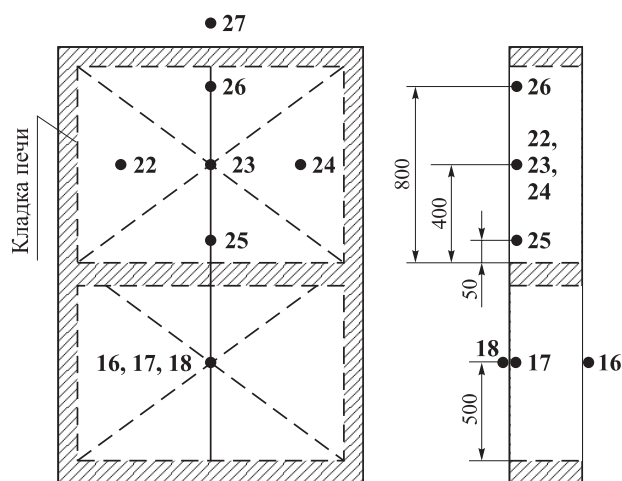


Рис. 3. Схема установки термодатчиков при проведении огневых испытаний ограждающих деревянных конструкций: 16–27 — номера ТЭП

Таблица 1. Места установки термоэлектрических преобразователей в печи и внутри образца

Место установки ТЭП	Номер ТЭП
По оси проема для выхода газов из тепловой камеры	27
В стыковочном соединении образца	26
В геометрическом центре обогреваемой поверхности образца зоны огневого воздействия	16, 17, 18
В плоскостях раздела слоев материалов в многослойных конструкциях	22, 23, 24, 25

Примечание. Расстояние заделки ТЭП до торца или стыка образца составляет не менее 1/2 толщины образца.

образцов деревянных конструкций по их толщине были установлены термоэлектрические преобразователи (ТЭП) с шагом по глубине конструкции 20 мм. Схема установки ТЭП представлена на рис. 3, места установки термодатчиков — в табл. 1.

Изменение температуры внутри огневой и тепловой камер для образца ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации и образца современной деревянной конструкции при времени испытания 15 мин приведено на рис. 4 и 5.

Из результатов, представленных на рис. 4, видно, что на начальном этапе (5–10 мин огневых испытаний) наблюдается снижение средней температуры в огневой камере для ограждающей деревянной конструкции со сроком эксплуатации 81 год по сравнению с образцом современной деревянной конструкции. Подобный эффект также был обнаружен для конструкций из древесины со сроком эксплуатации 150 лет при огневых испытаниях на огнестойкость по ГОСТ 30247.0–94 и ГОСТ 30247.1–94 [16]. Сни-

жение температуры для конструкции длительного естественного старения по сравнению с образцами современной деревянной конструкции на начальном этапе испытаний обусловлено, по всей видимости, образованием специфического карбонизованного остатка с более развитой удельной площадью поверхности и мелкопористой структурой. Наличие подобной структуры ранее было установлено в работе [16]. В дальнейшем данный эффект вследствие повышения температуры и интенсивного термического выгорания конструкции нивелируется. При последующих испытаниях наблюдается заметное повышение средней температуры в огневой камере.

В тепловой камере (см. рис. 5) обнаруженный эффект проявляется на более позднем этапе и сохраняется до завершения эксперимента. Несмотря на это на временном промежутке от 5 до 10 мин для образца деревянной конструкции со сроком эксплуатации 81 год в огневой и тепловой камерах наблюдается температура на несколько десятков градусов выше по сравнению с образцом современной деревянной конструкции. Обнаруженный эффект необходимо учитывать в целом при оценке пожарной и экологической обстановки на объекте, в частности при возможном повышении теплового режима и токсикологического эффекта продуктов горения в условиях пожара. Известным фактом является то, что повышенная температура в помещении оказывает значительное влияние на развитие интоксикации организма человека и способствует ускоренному развитию признаков отравления. Было показано, что при повышении температуры среды до 45 °С и понижении концентрации кислорода до 11 % значительно увеличивается токсический эффект дымовых газов [17].

Результаты оценки величины прироста температуры по толщине деревянных конструкций являются также отражением физико-химических процессов структурообразования и окисления угольного слоя исследуемых образцов. Фактически в течение всего эксперимента внутри образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации, как в геометрическом центре обогреваемой поверхности (огневая камера), так и в контрольной зоне (тепловая камера), температура держится на несколько десятков градусов ниже, чем для образцов современных конструкций из древесины. Структура и толщина образующегося угольного слоя играют при этом первостепенную роль. По результатам огневых испытаний были определены значения глубины и скорости обугливания исследуемых образцов ограждающих деревянных конструкций (табл. 2).

Представленные в табл. 2 значения параметров обугливания показывают, что длительное естественное старение деревянных конструкций приводит к интенсификации процесса обугливания древесины

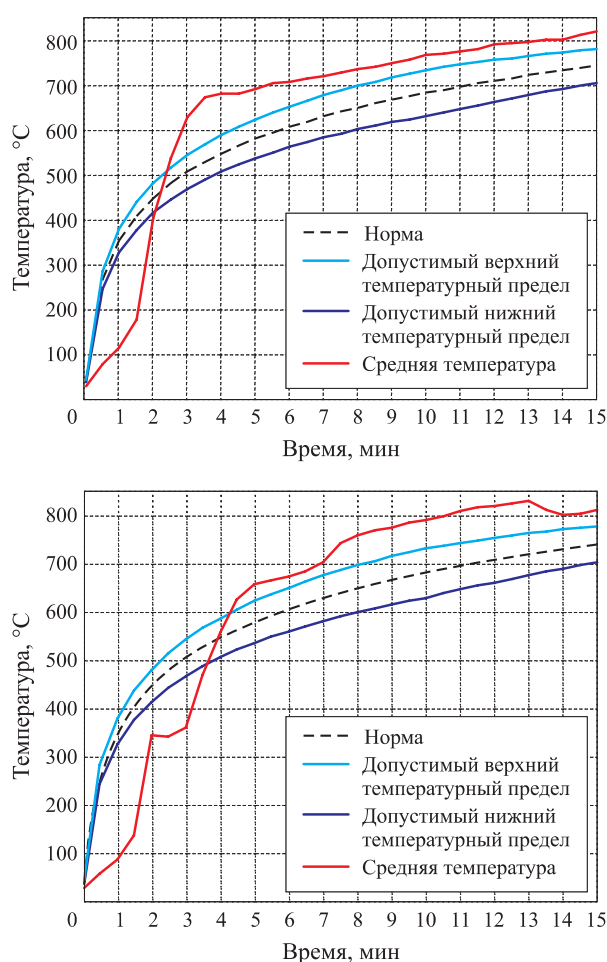


Рис. 4. Изменение температуры в огневой камере при испытании ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б)

более чем в 1,2 раза по сравнению с образцом современной деревянной конструкции. В результате длительного естественного старения древесины происходит существенное изменение ее термической стабильности, а также структурных особенностей и свойств коксового остатка.

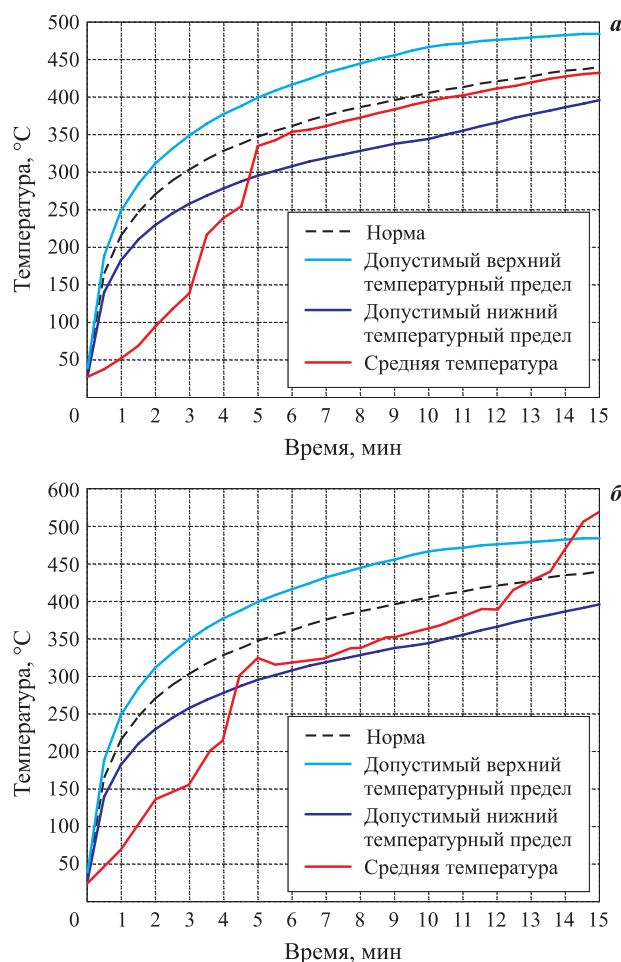


Рис. 5. Изменение температуры в тепловой камере при испытании ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б)

Наиболее важными стадиями термоокислительного разложения древесины, обуславливающими особенности ее горения, являются основная стадия разложения, стадия образования и окисления коксового остатка, во многом определяющая энергетику процесса горения древесной субстанции [2]. В связи

Таблица 2. Характеристики обугливания образцов деревянных конструкций по результатам огневых испытаний по ГОСТ 30403–2012 (время испытаний 15 мин)

Место замера (расстояние от нижней части образца)	Образец деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации		Образец современной деревянной конструкции	
	Глубина обугливания, мм	Скорость обугливания, мм/мин	Глубина обугливания, мм	Скорость обугливания, мм/мин
Нижняя балка (0,10 м)	19	0,95	13	0,76
Место установки термопар в огневой камере (0,75 м)	15	0,88	12	0,70
Место установки термопар в тепловой камере (1,8 м)	8	0,40	3	0,17

Примечание. Образец деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации имеет термические повреждения по всей высоте, а образец современной деревянной конструкции — на высоте до 1,7 м, глубина обугливания в этом месте составляет 0,3 мм.

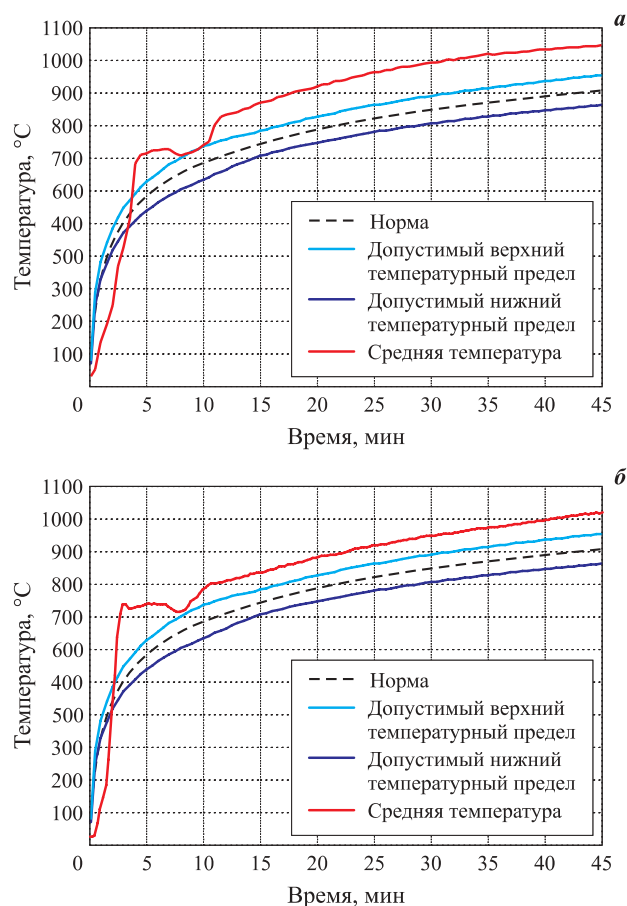


Рис. 6. Изменение температуры в огневой камере при испытании ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б)

с тем что наибольшее выделение тепла при термоокислительном разложении связано с окислением карбонизованного слоя при высокой температуре, было принято решение об увеличении продолжительности огневых испытаний до 45 мин в условиях стандартного температурного огневого воздействия.

С целью сравнительного анализа в ходе эксперимента проводились визуальные наблюдения через смотровое окно огневой камеры, регистрация температуры внутри огневой и тепловой камер, а также внутри образцов деревянных конструкций. Показатели температуры в огневой и тепловой камерах представлены на рис. 6 и 7.

Анализ экспериментальных данных показывает, что динамика изменения температуры в огневой камере при горении ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации и современной деревянной конструкции имеет характерные отличия (см. рис. 6). Так, в интервале времени с момента начала испытания до 5-й минуты температура более интенсивно нарастает для образца современной деревянной конструкции с достижением своего пика 740 °C. Далее наблюдается снижение температуры, обусловленное началом процесса активного

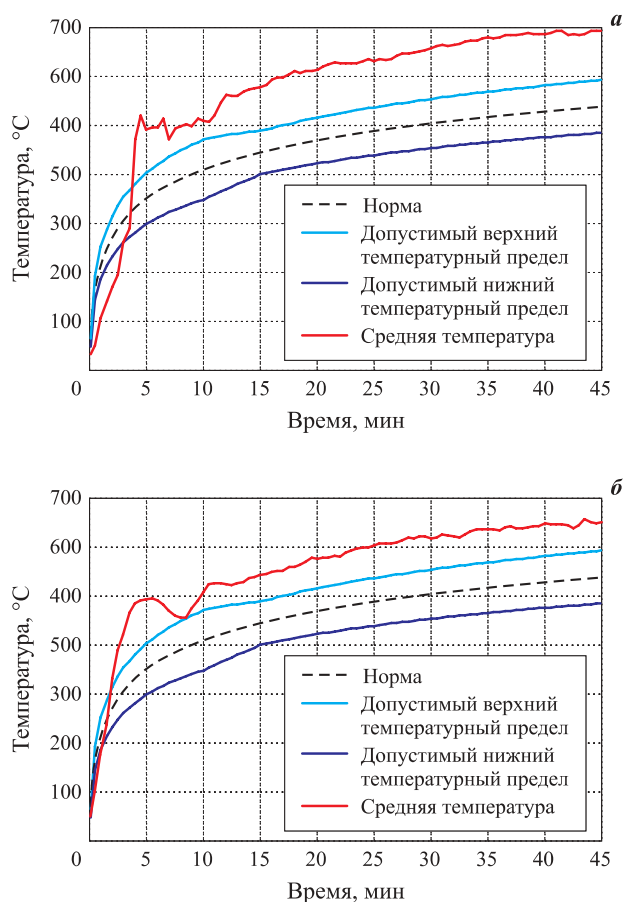


Рис. 7. Изменение температуры в тепловой камере при испытании ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б)

углеобразования, с последующим выходом на стационарный режим прогрева образца конструкции.

Подобное изменение температуры на начальном этапе наблюдается также у образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации. Активное выделение тепла, интенсивное разложение и обугливание подобных деревянных конструкций при температурах выше 300–350 °C может быть связано с увеличением в результате естественного старения древесины содержания ароматической составляющей — лигнина, обладающего высокой энергетикой при горении [2]. Во временном интервале от 7 до 10 мин наблюдается появление локального экстремального участка, что связано, по всей видимости, с активным формированием угольного слоя на поверхности конструкции. Вклад лигнина, имеющего ароматическую сетчатую структуру, в процессы углеобразования также является более значимым по сравнению с углеводной частью древесины.

В дальнейшем на временном участке от 10 до 15 мин происходит интенсивный рост температуры, обусловленный активным протеканием окислительных процессов коксового остатка. По прошествии 10-й минуты испытаний средняя температура в

огневой камере до завершения эксперимента для деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации была фактически на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше по сравнению с образцом современной деревянной конструкции. Аналогичная картина наблюдается и в тепловой камере (см. рис. 7). На момент завершения эксперимента средняя температура в огневой камере составила $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате визуального наблюдения при завершении испытания было отмечено аномальное свечение поверхностного слоя кокса у образца деревянной конструкции длительного естественного старения (рис. 8), связанное с активным окислительным процессом коксового остатка.

Можно полагать, что на скорости окисления продуктов карбонизации древесины сказывается характер образующейся пористой структуры кокса, связанной с теплофизическими свойствами карбонизованного слоя. Так, в работе японских ученых [18] была показана значительная роль теплопроводности коксового слоя в интенсивности окисления и максимальной скорости выгорания кокса. Наблюдаемый эффект является следствием того, что последний параметр отражает характер пористости коксового слоя и его реакционную способность.

В тепловой камере испытательной установки, как и в огневой камере, для образца ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации наблюдается видимый прирост температуры с наличием значительного теплового эффекта (см. рис. 7,а и 6,а). Температура в тепловой камере после 10-й минуты испытания на всем протяжении эксперимента для образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации выше, чем у современной конструкции из древесины, на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Внутренний прогрев образцов регистрировался термоэлектрическими датчиками, установленными с шагом 20 мм в глубь образцов. На рис. 9 и 10 представлены результаты измерений температуры внутри образцов деревянных конструкций в огневой и тепловой камерах испытательной печи (продолжительность испытания 45 мин).

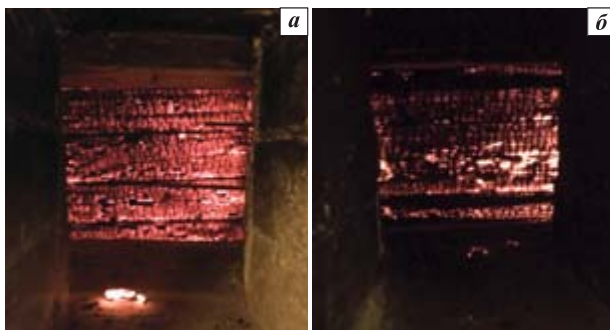


Рис. 8. Визуальное свечение поверхности конструкции в процессе окисления коксового остатка (после отключения газовой горелки) для ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б)

Прогрев деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации по толщине практически в 2 раза выше, чем у образца современной деревянной конструкции. Так, для термопар, установленных на глубине 20 мм от поверхности образцов, к моменту завершения эксперимента температура составила 980 и $390\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно. При этом температура внутри образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации на глубине 100 мм за 45 мин испытаний возросла на $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а образца современной деревянной конструкции — всего на $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Очевидно, что для конструкций из древесины с длительным сроком эксплуатации характерна более высокая скорость продвижения температурного фронта по толщине образца. Во многом это обусловлено высокой степенью термического выгорания конструкции и интенсификацией процесса обугливания для древесины длительного естественного старения.

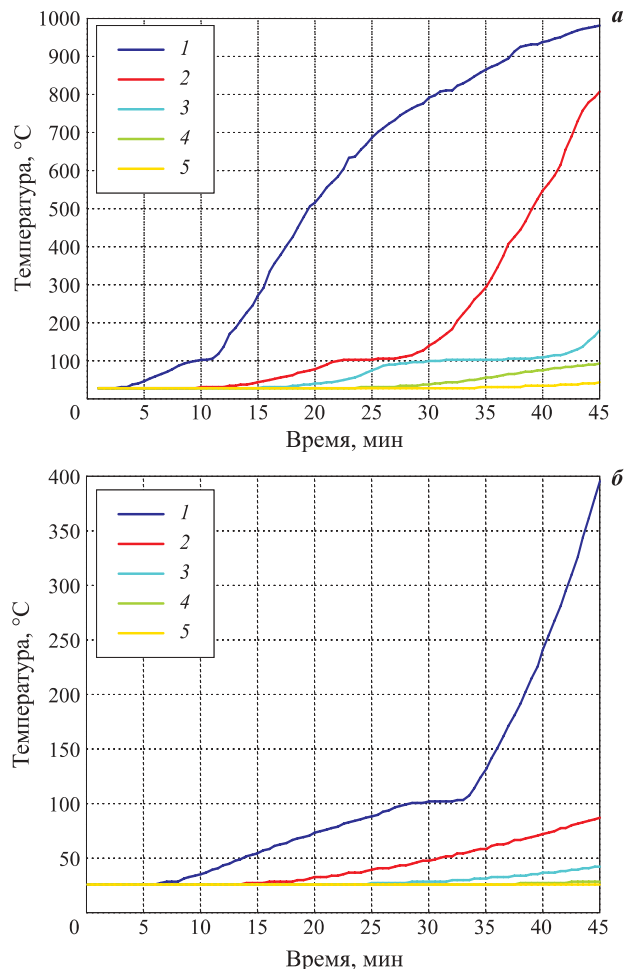


Рис. 9. Изменение температуры в геометрическом центре обогреваемой поверхности образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б) при испытании в огневой камере при размещении термопар по толщине образца на расстоянии от внешней поверхности конструкции: 1 — 20 мм; 2 — 40 мм; 3 — 60 мм; 4 — 80 мм; 5 — 100 мм

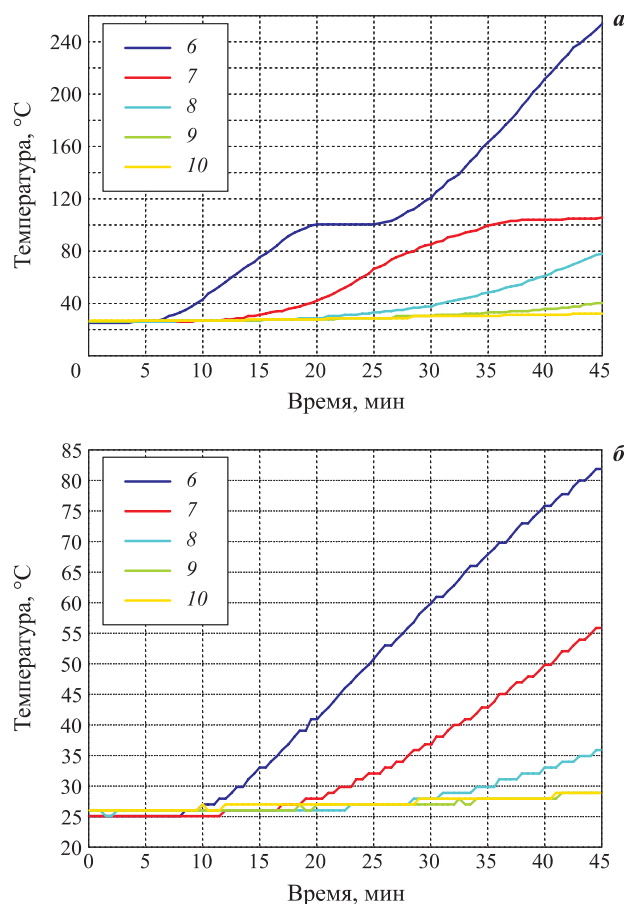


Рис. 10. Изменение температуры в контрольной зоне для образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б) при испытании в тепловой камере при размещении термодпар по толщине образца на расстоянии от внешней поверхности конструкции: 6 — 20 мм; 7 — 40 мм; 8 — 60 мм; 9 — 80 мм; 10 — 100 мм

Общий вид образцов ограждающих деревянных конструкций после огневых испытаний представлен на рис. 11.

По результатам огневых испытаний были проведены замеры глубины обугливания с оценкой скорости обугливания деревянных конструкций (табл. 3).

По совокупности полученных показателей в соответствии с ГОСТ 30403–2012 испытанные ограждающие деревянные конструкции имеют класс пожарной опасности КЗ(15).

Установленные при 45-минутных испытаниях толщина обуглившегося слоя и скорость обугливания у образца деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации, как и в случае 15-минутного огневого воздействия, значительно выше, чем у современной деревянной конструкции. Наиболее высокие значения скорости обугливания характерны для огневой камеры испытательной печи, особенно в нижней части ограждающих конструкций. В этом месте скорость обугливания образца ограждающей деревянной конструкции со сроком эксплуатации 81 год в 1,7 раза больше по сравнению с образцом

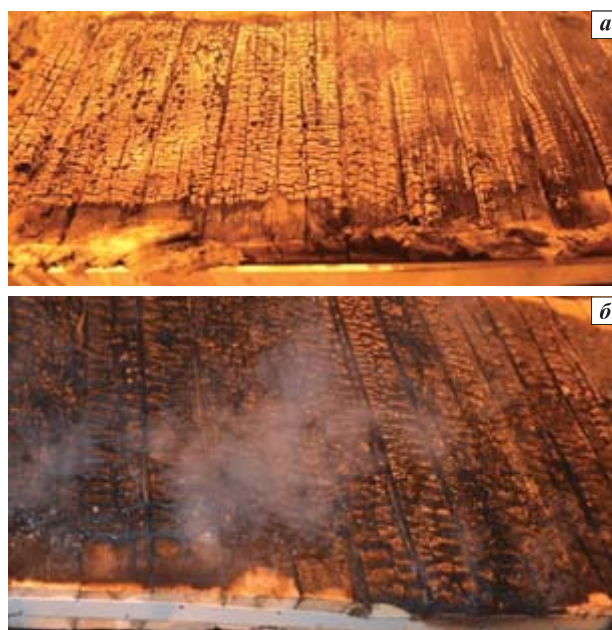


Рис. 11. Общий вид образцов ограждающей деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации (а) и современной (б) после испытания

современной деревянной конструкции. При этом толщина обугливавшегося слоя образца естественно состаренной деревянной конструкции увеличилась в 2 раза. Эффект интенсификации процесса обугливания деревянных конструкций длительного естественного старения наблюдается и в тепловой камере. При этом скорость обугливания образца деревянной конструкции длительного естественного старения в месте установки термодпар в 1,96 раза больше скорости обугливания образца современной конструкции.

По результатам огневых испытаний выявлены следующие особенности поведения деревянных конструкций длительного естественного старения в условиях пожара:

- значительная степень термического повреждения (выгорания), а также аномально высокая склонность к обугливанию в условиях нагрева или пожара;
- повышенная способность к выделению тепла на различных стадиях горения в условиях нагрева или пожара, что может привести к повышению теплового режима и усилению токсикологического эффекта дымовых газов на пожаре, ухудшению пожарной и экологической обстановки в зданиях и сооружениях и на прилегающих к ним территориях;
- повышенная способность угольного остатка к процессу окисления, имеющему ярко выраженный экзотермический характер.

Выявленные особенности поведения деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации в

Таблица 3. Характеристики обугливания образцов деревянных конструкций по результатам огневых испытаний по ГОСТ 30403–2012 (время испытаний 45 мин)

Место замера (расстояние от нижней части образца)	Образец деревянной конструкции с длительным сроком эксплуатации		Образец современной деревянной конструкции	
	Глубина обугливания, мм	Скорость обугливания, мм/мин	Глубина обугливания, мм	Скорость обугливания, мм/мин
Нижняя балка (0,10 м)	60	1,03	30	0,60
Место установки термопар в огневой камере (0,75 м)	55	0,94	35	0,70
Место установки термопар в тепловой камере (1,8 м)	30	0,51	13	0,26
Верхняя балка (2,3 м)	20	0,34	15	0,30

условиях пожара позволяют не только объективно подойти к вопросам оценки пожарной опасности и огнестойкости зданий и сооружений с применением древесины, но и сформулировать основные подходы к повышению пожаробезопасности рассматриваемых объектов.

Наиболее важным и экономически доступным способом повышения пожаробезопасности деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации является применение эффективных средств огнезащиты. В связи с этим отбор веществ и соединений для разработки эффективных огнезащитных материалов, а также их применения должен осуществляться исходя из особенностей поведения в условиях пожара деревянных конструкций, подвергаемых длительному воздействию условий окружающей среды.

Заключение

В работе получены новые экспериментальные данные по пожарной опасности ограждающих деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации. По результатам огневых испытаний все образцы ограждающих деревянных конструкций в соответствии с ГОСТ 30403–2012 отнесены к классу пожарной опасности КЗ(15). Несмотря на это температурные характеристики и показатели процесса обугливания для ограждающих деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации значительно различаются. Так, при испытаниях ограждающей деревянной конструкции со сроком эксплуатации 81 год в течение 45 мин скорость обугливания по высоте конструкции изменяется с 0,34 до 1,03 мм/мин, а современной ограждающей деревянной конструкции — с 0,26 до 0,70 мм/мин. Так, для нижнего элемента конструкции с длительным сроком эксплуатации скорость обугливания в 1,7 раза выше по сравнению с нижней балкой современной ограждающей конструкции из древесины.

В ходе эксперимента установлено, что при времени огневого воздействия на ограждающие дере-

вянные конструкции со сроком эксплуатации 81 год 45 мин температура фактически была больше на 50 °С на протяжении всего эксперимента по сравнению с образцом современной деревянной конструкции как в огневой, так и в тепловой камерах. Это обстоятельство может привести к ухудшению пожарной и экологической обстановки, в том числе к повышению теплового режима и токсикологической опасности в зданиях и сооружениях из древесины.

Интенсивное тепловыделение для деревянных конструкций длительного естественного старения сопровождается более высокой скоростью выгорания и интенсивным обугливанием. Подтверждением этому являются результаты регистрации прироста температуры внутри конструкции по толщине. Температура для деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации на расстоянии 20 мм от поверхности образца выше фактически в 2 раза и более по сравнению с современной конструкцией, что свидетельствует о значительном выгорании образца и воздействии высоких температур на открытый участок термопары.

По результатам исследований выявлены особенности пожарной опасности деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации, в частности интенсивное тепловыделение, высокая скорость термического выгорания и значительное обугливание конструкций.

Полученные результаты во многом определяют подходы к разработке способов снижения пожарной опасности деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации. К таким подходам можно отнести разработку и применение средств огнезащиты, подбор веществ и соединений, позволяющих снижать интенсивность тепловыделения, влиять на структуру и окислительную способность угольного слоя, а также интенсивность процесса углеобразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МГСН 301.01–96. Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве. — М. : ГУП “НИИЦ”, 1996.
2. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2010. — 262 с.
3. Moghtaderi B., Novozhilov V., Fletcher D., Kent J. H. An integral model for the transient pyrolysis of solid materials // *Fire and Materials*. — 1997. — Vol. 21, Issue 1. — P. 7–16. DOI: 10.1002/(sici)1099-1018(199701)21:1::aid-fam5883.0.co;2-t.
4. Spearpoint M. J., Quintiere J. G. Predicting the piloted ignition of wood in the cone calorimeter using an integral model — effect of species, grain orientation and heat flux // *Fire Safety Journal*. — 2001. — Vol. 36, No. 4. — P. 391–415. DOI: 10.1016/s0379-7112(00)00055-2.
5. Merryweather G., Spearpoint M. J. Flame spread measurements on wood products using the ASTM E 1321 LIFT apparatus and a reduced scale adaptation of the cone calorimeter // *Flame and Materials*. — 2010. — Vol. 34, No. 3. — P. 109–136. DOI: 10.1002/fam.1001.
6. Fang M. X., Shen D. K., Li Y. X., Yu C. J., Luo Z. Y., Cen K. F. Kinetic study on pyrolysis and combustion of wood under different oxygen concentrations by using TG-FTIR analysis // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. — 2006. — Vol. 77, No. 1. — P. 22–27. DOI: 10.1016/j.jaap.2005.12.010.
7. Babrauskas V. Ignition of wood: a review of the state of the art // *Journal of Fire Protection Engineering*. — 2002. — Vol. 12, No. 3. — P. 163–189. DOI: 10.1177/10423910260620482.
8. Драйздел Д. Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ.; под ред. Ю. А. Кошмарова, В. Е. Макарова. — М. : Стройиздат, 1990. — 424 с.
9. White R. H., Nordheim E. V. Charring rate of wood for ASTM E 119 exposure // *Fire Technology*. — 1992. — Vol. 28, No. 1. — P. 5–30. DOI: 10.1007/bf01858049.
10. Janssens M. L. Modeling of the thermal degradation of structural wood members exposed to fire // *Fire and Materials*. — 2004. — Vol. 28, No. 24. — P. 199–207. DOI: 10.1002/fam.848.
11. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Fire behavior and fire protection in timber buildings / *Springer Series in Wood Science*. — Netherlands, Dordrecht : Springer, 2014. — 280 p. DOI: 10.1007/978-94-007-7460-5.
12. Покровская Е. Н., Пищик И. И., Смирнов Н. В., Нагановский Ю. К. Термическая устойчивость древесины различной длительности эксплуатации // *Строительные материалы*. — 2000. — № 9. — С. 34–35.
13. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Дегтярев Р. В., Круглов Е. Ю., Тарасов Н. И. Тепловыделение древесины различного эксплуатационного возраста // *Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник*. — 2010. — № 5(74). — С. 139–143.
14. Альменбаев М. М., Арцыбашева О. В., Асеева Р. М., Макишев Ж. К., Москалев В. А., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Исследование скорости обугливания деревянных конструкций длительного срока эксплуатации // *Известия ЮФУ. Технические науки*. — 2014. — № 9(158). — С. 246–254.
15. Макишев Ж. К. Огнестойкость деревянных конструкций длительного срока эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук / Академия ГПС МЧС России. — М., 2016. — 141 с.
16. Макишев Ж. К., Сивенков А. Б. Огнестойкость деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2016. — Т. 25, № 3. — С. 34–44. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.03.34-44.
17. Иличкин В. С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. — М. : Химия, 1993. — 136 с.
18. Himoto K., Tanaka T. A burning model for charring materials and its application to the Compartment Fire Development // *Fire Science and Technology*. — 2004. — Vol. 23, No. 3. — P. 170–190. DOI: 10.3210/fst.23.170.

Материал поступил в редакцию 31 августа 2016 г.

Для цитирования: Анохин Е. А., Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б. Пожарная опасность ограждающих деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2016. — Т. 25, № 10. — С. 30–40. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.30-40.

FIRE DANGER PROTECTING WOODEN STRUCTURES LONG TERM OPERATION

ANOKHIN E. A., Senior Researcher, Research Department of Research Complex Fire and Rescue Equipment, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: dzhefa@inbox.ru)

POLISHCHUK E. Yu., Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Fire Investigation, Ural Institute of State Fire Service of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: epyur@ya.ru)

SIVENKOV A. B., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Academic Secretary, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: sivenkov01@mail.ru)

ABSTRACT

Aim of the work presented in article is study of the effects of long-term working lifespan on the fire hazard of wooden structures with the assessment of temperature characteristics, measures of process of burning and charring of designs in standard temperature conditions of a fire in accordance with GOST 30403–2012.

Carried out researches have allowed to establish features of the behavior in fire conditions and fire hazard of wooden structures of long term operation on the example of enclosing structures of uninhabited wooden object. According to the study it's determined a significant influence of the long working lifespan of wooden structures on the rate of thermal burn-in sample, the values of speed of charring (the charring rate in combustion chamber is increased in 1.7 times), and heating intensity on the thickness of the sample. This suggests that long-term natural aging of wooden structures leads to facilitate the carbonization of the wood and accelerate the oxidation process of decarbonized balance.

Special attention was paid to the temperature in the firing and thermal chambers test installation for testing samples of designs. In the experiment it was discovered that the fire activity for 45 minutes per sample of wooden structures with life of 81 years, throughout the experiment the temperature was actually more at 50 °C compared to a model of modern wooden structures in temperature test and combustion chambers. This may lead to a deterioration of the fire hazard and the environment, including improving the thermal regime and toxicological hazards in buildings and structures.

Identified features needed during developing methods to reduce the fire hazard of wooden structures with long-life performance, including the development and application of fireproofing materials, selection of substances and compounds that reduce the intensity of the dissipation influence on the structure and oxidation capacity of the coal layer, as well as the intensity of the process of coal formation.

Keywords: fire danger; wood; wooden constructions; lifetime; increase temperature; charring rate.

REFERENCES

1. *Moscow city building norms 301.01–96. Regulations on the organization of major repairs of residential buildings in Moscow.* Moscow, GUP "NIATs" Publ., 1996 (in Russian).
2. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. *Burning wood and its fire behavior.* Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2010. 262 p. (in Russian).
3. Moghtaderi B., Novozhilov V., Fletcher D., Kent J. H. An integral model for the transient pyrolysis of solid materials. *Fire and Materials*, 1997, vol. 21, issue 1, pp. 7–16. DOI: 10.1002/(sici)1099-1018(199701)21:1::aid-fam5883.0.co;2-t.
4. Spearpoint M. J., Quintiere J. G. Predicting the piloted ignition of wood in the cone calorimeter using an integral model — effect of species, grain orientation and heat flux. *Fire Safety Journal*, 2001, vol. 36, no. 4, pp. 391–415. DOI: 10.1016/s0379-7112(00)00055-2.

5. Merryweather G., Spearpoint M. J. Flame spread measurements on wood products using the ASTM E 1321 LIFT apparatus and a reduced scale adaptation of the cone calorimeter. *Flame and Materials*, 2010, vol. 34, no. 3, pp. 109–136. DOI: 10.1002/fam.1001.
6. Fang M. X., Shen D. K., Li Y. X., Yu C. J., Luo Z. Y., Cen K. F. Kinetic study on pyrolysis and combustion of wood under different oxygen concentrations by using TG-FTIR analysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2006, vol. 77, no. 1, pp. 22–27. DOI: 10.1016/j.jaap.2005.12.010.
7. Babrauskas V. Ignition of wood: a review of the state of the art. *Journal of Fire Protection Engineering*, 2002, vol. 12, no. 3, pp. 163–189. DOI: 10.1177/10423910260620482.
8. Drayzdel D. D. *An introduction to fire dynamics*. Chichester, John Wiley and Sons, 1985 (Russ. ed.: Drayzdel D. D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov*. Moscow, Stroyizdat, 1990. 424 p.).
9. White R. H., Nordheim E. V. Charring rate of wood for ASTM E 119 exposure. *Fire Technology*, 1992, vol. 28, no. 1, pp. 5–30. DOI: 10.1007/bf01858049.
10. Janssens M. L. Modeling of the thermal degradation of structural wood members exposed to fire. *Fire and Materials*, 2004, vol. 28, no. 24, pp. 199–207. DOI: 10.1002/fam.848.
11. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Fire behavior and fire protection in timber buildings. In: *Springer Series in Wood Science*. Netherlands, Dordrecht, Springer, 2014. 280 p. DOI: 10.1007/978-94-007-7460-5.
12. Pokrovskaya E. N., Pishchik I. I., Smirnov N. V., Naganovskiy Yu. K. Thermal stability of wood with different duration of use. *Stroitelnyye materialy (Construction Materials)*, 2000, no. 9, pp. 34–35 (in Russian).
13. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B., Degtyarev R. V., Kruglov E. Yu., Tarasov N. I. Heat release of wood with different operational age. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa — Lesnoy vestnik (Moscow State Forest University Bulletin — Lesnoy Vestnik)*, 2010, no. 5(74), pp. 139–143 (in Russian).
14. Almenbaev M. M., Artsybasheva O. V., Aseeva R. M., Makishev Zh. K., Moskalov V. A., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Study of the charring rate for long-life wooden constructions. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskkiye nauki (Izvestiya SFedU. Engineering Sciences)*, 2014, no. 9(158), pp. 246–254 (in Russian).
15. Makishev Zh. K. *Fire resistance of wooden structures a long life span*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2016. 141 p. (in Russian).
16. Makishev Zh. K., Sivenkov A. B. Fire resistance of wooden structures a long life span. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 3, pp. 34–44 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.03.34-44.
17. Ilichkin V. S. *The toxicity of the combustion products of polymeric materials. Principles and methods for the determination*. Moscow, Khimiya Publ., 1993. 136 p. (in Russian).
18. Himoto K., Tanaka T. A burning model for charring materials and its application to the Compartment Fire Development. *Fire Science and Technology*, 2004, vol. 23, no. 3, pp. 170–190. DOI: 10.3210/fst.23.170.

For citation: Anokhin E. A., Polishchuk E. Yu., Sivenkov A. B. Fire danger protecting wooden structures long term operation. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 30–40. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.30-40.