

УДК 614.84

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

БЕЛИКОВ А. С.¹, *д.т.н, проф.*,
КАПЛЕНКО Г. Г.^{2*}, *к.т.н., доц.*
КОРЖ Е. Н.³, *инженер.*
ЛЕВЧЕНКО Г. Н.⁴, *к.т.н., доц*

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua.

^{2*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID iD is 0000-0002-9545-8414

³ кафедра безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua,

⁴ кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-33-43

Аннотация. *Цель.* Повышенная горючесть древесины, являясь существенным недостатком, ограничивает ее конструктивное использование в строительстве. Непрерывные разработки новых огнезащитных средств как зарубежными, так и отечественными учеными указывает на наличие недостатков у существующих средств и целый ряд нерешенных вопросов в области огнезащиты конструкций из древесины. Целью работы является выявление недостатков существующих огнезащитных средств для древесины. *Методика.* Проведен аналитический обзор основных групп огнезащитных средств, повышающих предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик.

Результаты. Выявленные недостатки огнезащитных средств такие как: дефицитность, дороговизна, токсичность многих компонентов, ограниченность области применения средств и другие, что способствовало разработке нового огнезащитного средства. Авторами разработано огнезащитное вспучивающееся средство, обеспечивающее I группу огнезащитной эффективности для древесины. В состав указанного средства входит вспучивающийся графит, который обладает теплоизоляционными и огнеупорными свойствами, наибольшей удельной прочностью при высоких температурах, не плавится и сгорает труднее, чем алмаз. *Научная новизна.* Получено новое огнезащитное вспучивающееся средство, препятствующее притоку избыточного тепла к защищаемой поверхности за счет многократного увеличения в объеме.

Практическая значимость. Разработанное огнезащитное вспучивающееся средство дает возможность более широко использовать древесину в строительстве и повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений за счет увеличения предела огнестойкости деревянных конструкций.

Ключевые слова: огнезащита древесины, огнезащитные краски, вспучивающиеся огнезащитные покрытия, комбинированные огнебиозащитные составы, инновационные ингредиенты огнезащитных покрытий

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *д.т.н, проф.*,
КАПЛЕНКО Г. Г.^{2*}, *к.т.н., доц.*
КОРЖ Є. Н.³, *інженер*
ЛЕВЧЕНКО Г. М.⁴, *к.т.н., доц*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua.

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID iD is 0000-0002-9545-8414

^{3*} кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua,

⁴ кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-33-43

Анотація. Мета. Підвищена горючість деревини, будучи істотним недоліком, обмежує її конструкційне використання в будівництві. Безперервні розробки нових вогнезахисних засобів як зарубіжними, так і вітчизняними вченими вказує на наявність недоліків у існуючих засобів і цілий ряд невирішених питань у галузі вогнезахисту конструкцій з деревини. Метою роботи є виявлення недоліків існуючих вогнезахисних засобів для деревини. **Методика.** Проведено аналітичний огляд основних груп вогнезахисних засобів, що підвищують межу вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій, дана оцінка їх технічних характеристик. **Результати.** Виявлені недоліки вогнезахисних засобів такі як: дефіцитність, дорожнеча, токсичність багатьох компонентів, обмеженість області застосування засобів і інші, що сприяло розробці нового вогнезахисного засобу. Авторами розроблено вогнезахисний засіб, що спучується, який забезпечує I групу вогнезахисної ефективності для деревини. До складу зазначеного засобу входить графіт, що спучується, який має теплоізоляційні та вогнетривкі властивості, найбільшу питому міцність при високих температурах, не плавиться й згоряє важче, ніж алмаз. **Наукова новизна.** Отримано новий вогнезахисний засіб, що спучується, що перешкоджає притоку надлишкового тепла до поверхні, яка захищається, за рахунок багаторазового збільшення в об'ємі. **Практична значимість.** Розроблений вогнезахисний засіб, що спучується, дає можливість більш широко використовувати деревину в будівництві та забезпечити безпеку експлуатації будівель та споруд за рахунок збільшення межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій.

Ключові слова: вогнезахист деревини, вогнезахисні фарби, що спучуються вогнезахисні покриття, комбіновані вогнебіозахисні склади, інноваційні інгредієнти вогнезахисних покриттів

TO A QUASTION USE FIRE PROTECTION OF WOOD

BELIKOV A. S.¹, *Dr. Sc(Tech).*, *Prof.*,
KAPLENKO G. G.^{2*}, *Cand. Sc.(Tech)*, *Assoc.*
KORZH E. N.³, *engineer*
LEVCHENKO G. M.⁴, *Cand. Sc. (Tech)*, *Assoc.*

¹ Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua,

^{2*} Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID iD is 0000-0002-9545-8414

³ Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua,

⁴ Department of footing and foundations, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua

Abstract. Purpose. The raised combustibility of wood material, being an essential lack, limits its structural use in building. Continuous workings out of new fireproof means both foreign, and domestic scientists specifies in presence of lacks at existing means and variety of unresolved questions in area flameproofing designs from wood material. The work purpose is revealing of lacks of existing fireproof means for wood material. **Methodology.** The state-of-the-art review of the basic groups of the fireproof means raising a limit of fire resistance of wooden building designs is spent, the estimation of their technical characteristics is given. **Findings.** The revealed lacks of fireproof means such as: deficiency, dearness, toxicity of many components, limitation of a range of application of means and others that promoted working out of new fireproof means. By authors it is developed fireproof sprout the means providing I group of fireproof efficiency for wood material. Into structure of the specified means enters sprout graphite which possesses heat-insulating and refractory properties, the greatest weight strength at high temperatures, not blow and burns down more difficultly, than diamond. **Originality.** It is received new fireproof sprout the means interfering inflow of a surplus heat to the protected surface at the expense of repeated increase in volume. **Practical value.** Developed fireproof sprout means gives the chance to use more widely wood material in building and to raise safety of an upkeep of buildings and constructions at the expense of increase in a limit of fire resistance of wood structures.

Keywords: fire protection of wood, fireproof paints, intumescent the flame resistant finish combined fire-retardant coating, innovative components of flame resistant finish

Введение

Как известно, одним из наиболее распространенных и доступных применяемых строительных материалов является древесина. Древесина обладает целым рядом положительных свойств, к которым можно отнести сравнительно высокую прочность, достаточную упругость, малую теплопроводность, относительно невысокую

стоимость, а главное – органичность и низкую радиоактивность и др. К недостаткам древесины как строительного материала относят неоднородность (анизотропность) строения и наличие пороков, гигроскопичность, приводящую к изменению размеров древесины, короблению и растрескиванию, способность к загниванию, легкую воспламеняемость и горючесть.

Несмотря на недостатки и появление новых синтетических материалов, способных заменить древесину, ее использование в строительстве в последние годы возрастет.

Для снижения горючести в соответствии со строительными нормами ДБН В 1.1-7-2002 [1] строительные конструкции из древесины должны быть подвержены огнезащитной обработке. К огнезащитным средствам относятся составы, обеспечивающие I и II группы огнезащитной эффективности [2]. При использовании составов I группы – допускается потеря массы защищенной древесины в условиях испытания не более 9% (средства, обеспечивающие получение трудногоряемой древесины), а при использовании составов II группы – потеря массы в пределах от 9% до 25% (средства, обеспечивающие получение трудновоспламеняемой древесины).

Наличие широкого спектра способов и средств позволяет снизить горючесть древесины, переводя ее в категорию трудногорючих материалов. А непрерывные разработки новых огнезащитных средств как зарубежными, так и отечественными учеными указывает на наличие недостатков у существующих средств и целый ряд нерешенных вопросов в области огнезащиты конструкций из древесины.

Цель

Выявление недостатков существующих огнезащитных средств для разработки более эффективных средств, применение которых будет способствовать повышению безопасности эксплуатации конструкций из древесины.

Методика

Проведен аналитический обзор основных групп огнезащитных средств, повышающих предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик.

Результаты

В зависимости от назначения и области применения средства, используемые для огнезащиты древесины и изделий из нее, подразделяются на следующие виды [3]:

- по природе составляющих: органические (имеют в своем составе органические составляющие) и неорганические;
- по реакции на воздействие тепла: активные (вспучивание, вспенивание) и пассивные;
- по способу применения: пропитка; обмазка (до 5 мм); краски, лаки (до 1 мм); штукатурки (до 0,5-2 см); облицовочные материалы.

Каждый из представленных классов средств имеет преимущества и недостатки в отношении

применения их для огнезащиты конструкций из древесины.

Так покрытия (краски, эмали, лаки) образуют на защищаемой поверхности древесины тонкую пленку, придающую декоративный вид, препятствующую возгоранию, распространению пламени по поверхности и защищающую от воздействия влаги [4, 5]. Однако краски, эмали на основе органических составляющих в большинстве случаев изготавливаются на горючих растворителях, остатки которого могут содержаться в пленках, образованных из них. То есть на протяжении некоторого времени такие покрытия после нанесения могут иметь сниженные огнезащитные свойства.

Лакокрасочные материалы на основе синтетических вяжущих при горении склонны к интенсивному дымо- и сажеобразованию. Более эффективными, по сравнению с лаками, красками и эмалями, которые используются скорее как средства профилактики горения, являются вспучивающиеся огнезащитные покрытия (ВОП) [6]. При огневом воздействии они увеличиваются в объеме в десятки, а то и сотни раз, образуя слой твердой пены с низкой теплопроводностью и высокой устойчивостью к пламени. Вспучивающиеся покрытия являются многокомпонентными системами, состоящими из связующего, антипирена и пенообразователей – вспучивающих добавок. Подбор компонентов покрытия, их индивидуальные свойства, обеспечение их совместимости, которая в основном и определяет свойства покрытия, оказывают существенное влияние на общие свойства ВОП. Поэтому при разработке ВОП используют математическую модель, которая позволяет по физическим свойствам покрытия предсказать температурный режим защищаемой поверхности и может быть использована для оценки эффективности ВОП и выбора направления их создания. Основой вспучивающихся покрытий могут быть органические и неорганические вяжущие, которые определяют как их преимущества, так и недостатки. Так, покрытия на основе органических вяжущих имеют хорошие декоративные свойства, высокую адгезию к подготовленной поверхности древесины, наносятся тонким слоем, но в то же время дорогостоящие, обладают высокой дымообразующей поверхностью и ограниченным временем их огнезащитного действия. При огневом воздействии вспученный коксовый слой постепенно выгорает, механически разрушается и отслаивается от поверхности. Поэтому актуальным является разработка огнезащитных средств, не содержащих горючих компонентов и обладающих высокими огнезащитными свойствами.

Большинство из вспучивающихся покрытий на основе неорганических вяжущих изготавливаются на основе жидкого натриевого или калиевого стекла. Основным их преимуществом является значительно меньшая их стоимость по сравнению с красками на органических вяжущих, негорючесть самих покрытий, отсутствие токсичных выделений при

горении. Однако имеют низкие декоративные свойства, невысокую механическую прочность, малый срок эксплуатации, неустойчивость к воздействию влаги, большой расход при нанесении для достижения одинакового уровня огнезащитной эффективности с органическими красками.

Высокое огнезащитное действие гелеобразующих составов обусловлено их низкой теплопроводностью и наличием в своем составе антипиренов [7]. Огнезащитные покрытия на основе таких составов одновременно действуют как обмазка (штукатурка) и как пропитка. К преимуществам гелеобразующих составов можно отнести малую трудоемкость их нанесения на деревянные конструкции, возможность визуального контроля сплошности и толщины покрытия, возможность получения вспучивающихся составов, введения в них антипиренов и ингибиторов горения. Недостатками являются их легкое отслаивание и существенное растрескивание во время сушки, что снижает их долговечность, низкие декоративные свойства, низкую влагостойкость.

Огнезащитное пропитывание древесины позволяет снизить термическую устойчивость материала, увеличить продолжительность огнезащиты [5, 8]. Пропиточные составы, как правило, представляют собой водные растворы солей (антипиренов), которые наносятся на поверхности или вводятся в поверхностные слои древесины способом глубокой пропитки. Поверхностная пропитка антипиренами не вызывает снижения прочности и не создает внутренних напряжений в древесине, проста в исполнении, позволяет обрабатывать деревянные конструкции непосредственно на строительном объекте, антипирены являются наиболее распространенными на рынке средств огнезащиты. Однако получить надежную огнезащиту таким способом крайне сложно.

Методы глубокой пропитки направлены на увеличение количества антипирена в дереве, а также сохранение текстуры древесины. Однако с увеличением количества антипирена в древесине ухудшаются ее физико-механические свойства, кроме того для обеспечения I группы огнезащиты глубокая пропитка требует специального оборудования или оснащения, и, следовательно, не осуществима в условиях строительной площадки. Недостатком водорастворимых антипиренов на основе неорганических солей является их высаливание после увлажнения древесины, что приводит к снижению огнезащитного эффекта. Следовательно, такие составы могут использоваться только для внутренней огнезащиты древесины. С целью увеличения долговечности огнезащитной пропитки для древесины, эксплуатирующейся на открытом воздухе, возможна дополнительная обработка пропитанной древесины гидрофобизирующими составами. Во время теплового влияния большинство огнезащитных материалов подвергаются различного рода

деформациям, что приводит к их отслаиванию, образованию больших и глубоких трещин с оголением защищаемой поверхности. Существенное влияние на деформацию оказывает эластичность покрытия, количество газов, выделяющихся при нагревании, а также степень соответствия коэффициентов теплового расширения покрытия и защищаемого материала. Другими словами, любое огнезащитное покрытие в процессе эксплуатации рано или поздно теряет защитные свойства. После этого древесина нуждается в повторной обработке. Кроме того, древесине угрожает не только огонь, но и биоразрушение, а проще говоря – гниение, образование микроорганизмов, бактерий, плесени, грибов и т. д. Полноценная защита древесины должна быть комплексной, в особенности в зданиях, расположенных в местностях с влажным климатом, в низинах, долинах рек и пр.

В настоящее время все большее применение находят комбинированные огнебиозащитные составы [9, 10]. Чаще всего это пропитки, содержащие целый перечень составляющих: антипирены, биоциды, антисептики, красящие пигменты, пленкообразующие добавки для защиты от атмосферного воздействия. Универсальный состав в любом случае будет проигрывать средству специального назначения. В связи с тем, что срок эксплуатации зданий и сооружений исчисляется десятилетиями, возрастают требования к сохранению огнезащитной эффективности применяемых покрытий. Основным показателем – огнезащитная эффективность может быть утрачена со временем без видимых изменений покрытия.

Единого мнения по методике оценки и исследованию долговечности тех или иных огнезащитных покрытий не существует. В большинстве случаев процесс исследования долговечности моделируется приближенно к реальным условиям эксплуатации. Также используют устоявшиеся подходы и методы, которые применяют для определения сроков эксплуатации аналогичных строительных материалов – лаков и красок.

Анализ путей развития огнезащитных средств и технологий их практического использования в строительном деле для повышения противопожарной устойчивости деревянных конструкций и материалов показывает, что приоритетными являются технологии и средства, которые способны при минимальных затратах обеспечить требуемые параметры огнезащиты [11]. Также важен ответ на вопрос: могут ли современные средства огнезащиты обеспечивать снижение горючести и воспламеняемости древесины, влиять на условия распространения пламени по поверхности, снижать дымовыделение при горении и токсичность продуктов горения.

Несмотря на значительное количество огнезащитных средств, не многие из них находят широкое применение, что объясняется недостаточной изученностью их свойств и поведения древесины под

покрытиями при огневом воздействии. Под огнезащитным покрытием деревянная конструкция может не гореть, но она может иметь более низкий предел огнестойкости, чем необработанные конструкции, из-за слабой огнезащитной способности покрытия.

В качестве современных инновационных ингредиентов, обеспечивающих улучшение эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий (и органоразбавляемых, и водоразбавляемых), применяются полые стеклянные микрошарики (стеклосферы) и углеродные нанотрубки [3, 5]. Углеродные нанотрубки – это достаточно новый перспективный материал, представляющий собой полые трубки размером 20-30000 нм, состоящие из свернутых слоев углерода. Нанотрубки относятся к чрезвычайно дорогим добавкам. Использование в составах покрытий модифицирующих добавок на основе керамических микросфер обеспечивает такие технологические свойства покрытий, как износостойкость, глянецовость и др., а модифицирующих добавок на основе стеклянных микросфер — снижение плотности покрытия, улучшение его совместимости с различными полимерными связующими, снижение усадки, вязкость композиций по сравнению с геометрически не оформленными частицами других наполнителей, уменьшение абразивного действия. Применение полных стеклосфер в покрытиях позволяет частично заменить белые пигменты и улучшить физико-механические свойства покрытий.

Полые стеклосферы относят к дорогим наполнителям, однако их применение экономически оправданно, поскольку содержание в полимере полых стеклосфер в количестве 5-20% за счет их низкой плотности существенно снижает стоимость единицы объема материала.

Анализ огнезащитных средств, их использование в строительстве для повышения огнестойкости конструкций из древесины показал, что многие из них обладают целым рядом недостатков, такими как дороговизна и дефицитность отдельных компонентов, токсичность многих применяемых веществ [13], особенно при увеличении температуры воздуха. Эти и другие факторы способствуют дальнейшим поискам и разработке новых огнезащитных покрытий для строительных конструкций из древесины с учетом требований потребительского рынка Украины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ/ REFERENCES

1. ДБН В 1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. – 69с.

DBN В 1.1-7-2002 "Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva". – К.: Derzhavnyi comitet Ukrainy z budivnytstva ta arhitekturi [Fire safety of construction objects". – К.: Ukrainian State Committee of construction and architecture], 2003. – 69 s.

Авторами был разработан состав огнезащитного вспучивающегося средства (далее – ОЗВС), которое образует на «защищаемой» поверхности тонкий непрозрачный слой, препятствующий воспламенению и распространению пламени по деревянной конструкции.

Подбор состава проводился по схеме «связующее – вспучивающаяся добавка – наполнитель».

При разработке ОЗВС в качестве вспучивающейся добавки применяли вспучивающийся графит. Определение группы огнезащитной эффективности разработанного ОЗВС проводили согласно ГОСТ 16363-98 «Средства защиты для древесины. Методы определения огнезащитных свойств» [4].

Для исследования использовались образцы прямослойной воздушносухой древесины сосны – прямоугольные бруски с поперечным сечением 30×60 мм и длиной 150 мм. Образцы держали в пламени горелки в течение 2 мин. Через 2 мин подачу газа в горелку прекращали и оставляли образец в приборе для остывания до комнатной температуры.

Остывший образец древесины извлекали из керамического короба и взвешивали. Потерю массы образцов в процентах вычисляли по формуле (1)

$$P = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100\%}{m_1} \quad (1)$$

где m_1 – масса образца до испытания, г;

m_2 – масса образца после испытания, г.

Среднеарифметическое значение потери массы 10 образцов составила 1,2%. При этом толщина слоя ОЗВС составляет не более 1 мм.

Согласно ГОСТ 16363-98 [2] разработанное ОЗВС обеспечивает I группу огнезащитной эффективности для древесины.

Вывод

приоритетными являются составы, способные при минимальных затратах обеспечить требуемые параметры огнезащиты, не снижая и не ухудшая при этом эксплуатационных свойств древесины и конструкций из нее. Такой широкий диапазон требований к огнезащите древесины способствует поиску новых путей решения этой проблемы.

2. ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств».

GOST 16363-98 «Sredstva ognезashitnie dla drevesiny. Metody opredeleniya ognезashitnyh svoystv [Means fire retardant for wood. Methods for determination of flame retardant properties]».

3. Корольченко, А. Я. Средства огнезащиты. / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко: Справочник. – М.: Пожнаука, 2009 г. – 560 с., ил.

Korolenko A. J. Sredstva ognenezashity [Flame retardants] / A. J. Korolenko, O. N. Korolenko: Spravochnik [Guide]. – М.: Pozhnauka, 2009 – 560 s., fig.

4. Леонович, А. А. Огнезащита древесины и древесных материалов: Учебное пособие. – Санкт Петербург, 1994. – 148 с.

Leonovich A. A. Ognenezashita drevesiny i drevesnykh materialov: Uchebnoe posobie [Fire protection of wood and wood-based materials: a manual]. – St. Petersburg, 1994. – 148 p.

5. Собрать, С. В. Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие. – 5 изд., перераб. – М.: ПожКнига. – 2014. – 256 с., ил.

Sobur S.V. Ognenezashita materialov i konstrukciy: Uchebno – spravocnoe posobie [Fire protection of materials and structures: Training manual]. – 5 izd., pererab. – М.: PozhKniga. – 2014. – 256 s.

6. Крашенинникова, М.В. Тенденции и перспективы разработки композиций вспучивающихся огнезащитных покрытий для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций / М. В. Крашенинникова // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – № 2. – с. 36-39

Krashennikova M.V. Tendencii i perspektivy razrabotki kompozicii vspuchivaushihsia ognenezashitnykh pokrytii dlia povysheniya predelov ognestoykosti stroitelnykh konstrukciy [Trends and prospects of development of compositions intumescent fire-resistant coatings to improve fire resistance of building structures] / M.V. Krashennikova //Pozharovzryvobezopasnost [The explosion safety]. – 2008. – № 2. – S. 36-39

7. Орлова, А. М. Огнезащита древесины / А. М. Орлова, Е. А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. – т.9, № 2. – С. 8-17.

Orlova A. M. Ognenezashita drevesiny [Fire protection of wood] / A. M. Orlova, E. A. Petrova // Pozharovzryvobezopasnost [The explosion safety]. – 2000. – т. 9, № 2. – S. 8-17.

8. Тычино, Н. А. Современные огнезащитные средства для древесины: результаты исследований // Пожаровзрывобезопасность. – 1999. – т. 8, № 3. – С. 13-20.

Tychino N. A. Sovremennyye ognenezashitnyye sredstva dlia drevesiny: rezultaty issledovaniy [Modern flame retardants for wood: the research results] // Pozharovzryvobezopasnost [The explosion safety]. – 1999. – т. 8, № 3. – S. 13-20.

9. Романенков, И. Г., Левитес Ф. А. Огнезащита строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1991. – 630 с.

Romanenkov I. G., Levites F. A. Ognenezashita stroitelnykh konstrukciy [Fire protection of building structures]. М.: Stroyizdat, 1991. – 630 с.

10. Орлова А. М., Петрова Е. А. Огнезащита древесины. Пожаровзрывобезопасность, 2000. – т. 9, № 2, – с. 8-16.

Orlova A. M., Petrova E. A. Ognenezashita drevesiny. Pozharovzryvobezopasnost [Fire protection of wood. The explosion safety], 2000. – т. 9, № 2, – S. 8-16.

11. Daniliuc A. New trends in wood coatings and fire retardants / Andreea Daniliuc, Barbora Deppe, Olaf Deppe, Stefan Friebel, Dirk Kruse, Claudia Philipp [Virtual Resource] // European Coatings JOURNAL – 2012. – 7 August – p. 20-25. - Access Mode: URL: <http://www.european-coatings.com>

Daniliuc A. New trends in wood coatings and fire retardants. European Coatings JOURNAL – Available at: <http://www.european-coatings.com> (Accessed 7 August 2012)

12. Lowden L.A. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction [Virtual Resource] / Laura Anne Lowden, Terence Richard Hull// Fire Science Reviews - a Springer Open Journal. – 2013, 2:4. – 19 p. - Access Mode: URL: <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4>

Lowden L.A. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. Fire Science Reviews - a Springer Open Journal. –Available at: <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4> (Accessed 5 August 2013)

13. Dedeo M. / Healthy Environments: Strategies for Avoiding Flame Retardants in the Built Environment [Virtual Resource] / Dedeo Michel, Suzanne Drake// A PERKINS+WILL WHITE PAPER. – 2014. – OCTOBER 15. – 60 p. – Access Mode: URL: http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRertardantAlternatives.pdf

Dedeo M. / Healthy Environments: Strategies for Avoiding Flame Retardants in the Built Environment. A PERKINS+WILL WHITE PAPER. Available at: http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRertardantAlternatives.pdf (Accessed 15 OCTOBER 2014)

Стаття рекомендована до публікації д-ром. техн. наук, проф. Л. С. Савиным (Україна); д-ром.техн.наук, проф. С. З. Поліщуком (Україна)

Статья поступила в редколлегию 01.09.2015