

УДК 624.012

## ОГНЕЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ ДРЕВЕСИНЫ

БЕЛИКОВ А. С. <sup>1\*</sup>, *д.т.н, проф.*,КАПЛЕНКО Г. Г. <sup>2\*</sup>, *к.т.н., доц.*,КОРЖ Е. Н. <sup>3\*</sup>, *аспирант*,ДЗЕЦИНА Е. В. <sup>4</sup>, *адъюнкт*,УСТИМОВИЧ Л. Д., *доцент*

<sup>1\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (056) 7563-4-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (056) 7563-4-57, e-mail: [kaplenko.galina@yandex.ru](mailto:kaplenko.galina@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-9545-8414

<sup>3\*</sup> Кафедра Безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, г. Днепр, 49600, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua)

<sup>4</sup> Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, ул. Оноприенка, 8, 18034, г. Черкассы, Украина, тел. +30938633388, e-mail: [zheka.dzeczina@gmail.com](mailto:zheka.dzeczina@gmail.com) ORCID ID: 0000-0002-6477-6743

<sup>5</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, ул. Ворошилова, 25, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 713-51-42

**Аннотация.** Целью данной работы является разработка огнезащитного состава и исследование его эффективности: определение группы огнезащитной эффективности испытанного покрытия. **Методика.** Проведен аналитический обзор основных групп огнезащитных средств, повышающих предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик, а также в соответствии с ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств» определены огнезащитные свойства разработанного огнезащитного покрытия. **Результаты.** 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». За основу покрытия взято жидкое стекло, т.к. оно имеет такие положительные характеристики как доступность, связано с проявлением жидким стеклом вяжущих свойств - способности к самопроизвольному отвердеванию с образованием искусственного силикатного камня. Введение в жидкое стекло таких компонентов как перлит, графит и эпоксидная смола, в виду их положительных характеристик относительно действия высоких температур, позволили получить новый огнезащитный состав. Среднеарифметическое значение потери массы 6 образцов составила 6,875%. Толщина слоя ОЗВС составляет не более 1 мм. Согласно ГОСТ 16363-98 [2] разработанное ОЗВС обеспечивает I группу огнезащитной эффективности для древесины, поскольку потеря массы защищенной древесины в условиях испытания не более 9%. **Научная новизна.** С учетом теоретических предпосылок проведен выбор исходных компонентов для нового огнезащитного состава. **Практическая значимость.** Разработано новый негорючий вспучивающийся состав, который позволяет перевести горючие материалы в группу трудногорючих и повысить огнестойкость строительных конструкций.

**Ключевые слова:** огнезащита древесины, огнезащитные составы, огнезащитная эффективность покрытия, жидкое стекло

## В ОГНЕЗАХИСНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ ДЕРЕВЕНИ

БЕЛІКОВ А. С. <sup>1\*</sup>, *д.т.н, проф.*,КАПЛЕНКО Г. Г. <sup>2\*</sup>, *к. т. н., доц.*,КОРЖ Є. М. <sup>3\*</sup>, *аспірант*,ДЗЕЦИНА Є. В. <sup>4\*</sup>, *ад'юнкт*,УСТИМОВИЧ Л. Д.<sup>5</sup>, *доцент*

<sup>1\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 7563-4-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (056) 7563-4-57, e-mail: [kaplenko.galina@yandex.ru](mailto:kaplenko.galina@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-9545-8414

<sup>3\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24 а, м. Дніпро, 496009 е-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua)

<sup>4\*</sup> Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, 18034, м Черкаси, Україна, тел. +30938633388, E-mail: [zheka.dzeczina@gmail.com](mailto:zheka.dzeczina@gmail.com) ORCID ID: 0000-0002-6477-6743

<sup>5\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, вул. Ворошилова, 25, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 713-51-42

**Анотація.** *Метою* даної роботи є розробка вогнезахисного складу і дослідження його ефективності: визначення групи вогнезахисної ефективності випробуваного покриття. *Методика.* Проведено аналітичний огляд основних груп вогнезахисних засобів, що підвищують межу вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій, дана оцінка їх технічних характеристик, а також відповідно до ГОСТ 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей» визначено вогнезахисні властивості розробленого вогнезахисного покриття. *Результати.* Авторами був розроблений склад вогнезахисного спучується кошти (далі - ОЗВС), яке утворює на «захищається» поверхні тонкий непрозорий шар, що перешкоджає запаленню і поширенню полум'я по дерев'яній конструкції. Підбір складу проводився за схемою «сполучна - спучується добавка - наповнювач». За основу покриття взято рідке скло, тому що воно має такі позитивні характеристики як доступність, пов'язане з проявом рідким склом в'язучих властивостей - здатності до мимовільного отвердеванню з утворенням штучного силікатного каменю. Введення в рідке скло таких компонентів як перліт, графіт і епоксидної смоли, на увазі їх позитивних характеристик щодо дії високих температур, дозволили отримати новий вогнезахисний склад. Середньоарифметичне значення втрати маси 6 зразків складало 6,875%. Товщина шару ОЗВС становить не більше 1 мм. Згідно ГОСТ 16363-98 [2] розроблене ОЗВС забезпечує I групу вогнезахисної ефективності для деревини, оскільки втрата маси захищеної деревини в умовах випробування не більше 9%. *Наукова новизна.* З урахуванням теоретичних передумов проведено вибір вихідних компонентів для нового вогнезахисного складу. *Практична значимість.* Розроблено новий негорючий спучується склад, який дозволяє перевести горючі матеріали в групу важкогорючих і підвищити вогнестійкість будівельних конструкцій.

*Ключові слова:* вогнезахист деревини, вогнезахисні склади, вогнезахисна ефективність покриття, рідке скло

## FIRE RETARDANT COATING TO REDUCE THE COMBUSTIBILITY WOOD

BELIKOV A. S. <sup>1\*</sup>, *Dr. Sc(Tech), Prof.*,  
KAPLENKO G. <sup>2\*</sup>, *Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.*,  
KORZH E. N. <sup>3\*</sup>, *Graduate Student*,  
DZETSINA E. V. <sup>4\*</sup>, *Adjunct*,  
USTIMOVICH L. D. <sup>5\*</sup>, *Assoc. Prof.*

<sup>1\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-57, e-mail: [kaplenko.galina@yandex.ru](mailto:kaplenko.galina@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-9545-8414

<sup>3\*</sup> of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua),

<sup>4\*</sup> Department fire tactics and rescue, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, ul. Onopriyenko, 8, 18034, Cherkassy, Ukraine, tel. +30938633388, E-mail: [zheka.dzeczina@gmail.com](mailto:zheka.dzeczina@gmail.com) ORCID ID: 0000-0002-6477-6743

<sup>5\*</sup> Department of Life Safety, Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Voroshilova st., Dnipro, 49000, Ukraine, phone. +38 (056) 713-51-42

**Annotation.** *Purpose.* The aim of this work is to develop a flame retardant and a study of its efficiency: the definition of a group of fireproof efficiency of the tested coatings. *Methods.* An analytical review of the major groups of flame retardants, increasing the fire resistance of wooden structures, an assessment of their technical characteristics, as well as in accordance with GOST 16363-98 "means flame retardants for wood. Methods for determination of flame retardant properties "defined flame retardant properties developed fire-retardant coating. *Results.* The authors have developed a flame retardant composition of the intumescent agent (hereinafter - OZVS), which forms a "protected" the surface of a thin opaque layer, which prevents the spread of fire and flames on a wooden structure. Selection of the composition was carried out on a "binder - intumescent additive - filler". The basis taken coatings waterglass, since it has such positive characteristics as accessibility, associated with the appearance of liquid glass binding properties - the ability to self-hardening to form artificial silicate stone. Introduction into the liquid glass components such as perlite, graphite epoxy, due to their positive characteristics with respect to the action of high temperature yielded a new flame retardant. The average weight loss of value of 6 samples was 6.875%. OZVS layer thickness is less than 1 mm. According to GOST 16363-98 [2] developed OZVS provides group I of fire-proof efficiency for wood, because the loss of a secure timber in the mass of the test conditions, not

more than 9%. *Scientific novelty*. Given the choice of theoretical assumptions held initial components for the new flame retardant. *Practical meaningfulness*. It has developed a new non-combustible intumescent composition that allows to convert combustible material to the group and to increase slow-fire building designs.

*Keywords*: wood fire protection, flame retardants, fire-retardant effectiveness of coating, liquid glass

### Постановка проблемы

Повышенная горючесть древесины, являясь существенным недостатком, ограничивает ее конструктивное использование в строительстве. Для снижения горючести строительные конструкции из древесины должны быть подвержены огнезащитной обработке.

### Цель

Целью данной работы является разработка огнезащитного состава и исследование его эффективности: определение группы огнезащитной эффективности испытанного покрытия.

### Методика

Проведен аналитический обзор основных групп огнезащитных средств, повышающих предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик, а также в соответствии с ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств» определены огнезащитные свойства разработанного огнезащитного покрытия.

### Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

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 одно-

временно 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 за-

щита 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. Основной показатель – огнезащитная эффективность может быть утрачена со временем без видимых изменений 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].

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, обеспечивающие необходимые параметры огнезащиты, с учетом требований потребительского рынка Украины

**Основной материал.** 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».

За основу покрытия взято жидкое стекло, т.к. оно имеет такие положительные характеристики как доступность, связано с проявлением жидким стеклом вяжущих свойств - способности к самопроизвольному отвердеванию с образованием искусственного силикатного камня. Уникальной способностью жидкого стекла являются также его высокие адгезионные свойства к подложкам различной химической природы. В этих случаях жидкое стекло выступает в качестве химической связки для склеивания различных материалов, изготовления покрытий и производства

композиционных материалов широкого назначения. К недостаткам жидкого стекла относится плохое нанесение на деревянные конструкции (высокая текучесть), растворимость в воде, при отверждении появляются трещины.

Введение в жидкое стекло таких компонентов как перлит, графит и эпоксидная смола, в виду их положительных характеристик относительно действия высоких температур, позволили получить новый огнезащитный состав.

Рассмотрим основные характеристики данных компонентов.

**Графит.** Обладает высокой теплопроводностью, которая составляет 3,55 Вт\*град/см и занимает место между палладием и платиной. Коэффициент теплопроводности 0,041 (в 5 раз больше, чем у кирпича). У тонких графитовых нитей теплопроводность выше, чем у медных. Температура плавления графита — 3845-3890 С при давлении от 1,0 до 0,9 атм. Точка кипения доходит до 4200°C. Температура воспламенения в струе кислорода составляет для явнокристаллических графитов 700-730°C. Количество тепла, получаемого при сжигании графита, находится в пределах от 7832 до 7856 ккал. Химически инертен и не растворяется ни в каких растворителях, кроме расплавленных металлов, особенно тех, у которых высокая точка плавления. При растворении образуются карбиды, наиболее важными из которых являются карбиды вольфрама, титана, железа, кальция и бора. При обычных температурах графит соединяется с другими веществами весьма трудно, но при высоких температурах он дает химические соединения со многими элементами.

**Перлит.** Основные компоненты перлита: диоксид кремния SiO<sub>2</sub> (65-75 %), оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10-16 %), оксид калия K<sub>2</sub>O (до 5 %), оксид натрия Na<sub>2</sub>O (до 4 %), оксид железа (III) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (от долей до 3 %), оксид магния MgO (от долей до 1 %), оксид кальция CaO (до 2 %), вода H<sub>2</sub>O (2-6 %). сыпучий, пористый, рыхлый, лёгкий, долговечный материал. Огнестоек: температура применения — от минус 200 до 900°C. Обладает тепло- и звукоизолирующими свойствами, высокой впитывающей способностью: способен впитать жидкости до 400% собственного веса. Биологически стоек: не подвержен разложению и гниению под действием микроорганизмов, не является благоприятной средой для насекомых и грызунов. Химически инертен: нейтрален к действию щелочей и слабых кислот. Перлит является экологически чистым и стерильным материалом, не токсичен, не содержит тяжелых металлов.

**Эпоксидная смола.** Стойкая к действию галогенов, некоторых кислот (к сильным кислотам, особенно к кислотам-окислителям, имеют слабую устойчивость),

щелочей, обладает высокой адгезией к металлам., атмосферостойчива, водостойчива, имеет высокую адгезию.

При определении группы огнезащитной эффективности разработанного ОЗВС проводили согласно ГОСТ 16363-98 «Средства защиты для древесины. Методы определения огнезащитных свойств» [4] использовали 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

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

где  $m_1$  – масса образца до испытания, г;  
 $m_2$  – масса образца после испытания, г.

Среднеарифметическое значение потери массы 10 образцов составила 6,875 %. Толщина слоя ОЗВС составляет не более 1 мм. Согласно ГОСТ 16363-98 [2] разработанное ОЗВС обеспечивает I группу огнезащитной эффективности для древесины, поскольку потеря массы защищенной древесины в условиях испытания не более 9 %.

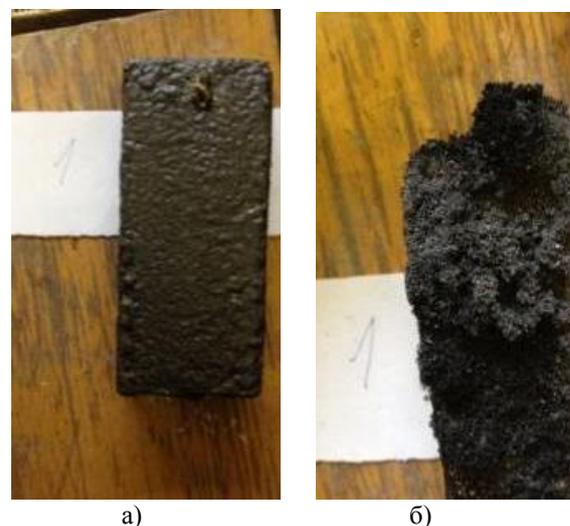


Рис. 1. Вид ОЗВС, нанесенного на сосновый брусок размером 60×30×150 мм: а) до испытаний; б) после испытания/ Type of flame retardant intumescent composition applied to the pine block size of 60 × 30 × 150 mm: a) prior to testing; b) after the test

## Результаты испытаний / The results of tests

№ п/п	Масса образца без покрытия, м, г	Масса образца с покрытием до испытания м, г	Масса образца с покрытием после испытания м, г	Потеря массы образца Р, %	Коэффициент Вспучивания покрытия, К <sub>всп</sub> , %
1	112,12	153,51	146,87	7,432	160
2	101,84	138,87	133,37	6,948	190
3	99,15	140,96	134,13	8,725	240
4	115,30	161,54	152,58	8,313	140
5	134,85	148,13	142,89	5,474	150
6	105,86	179,63	174,69	4,358	140

**Вывод.** На основе проведенного аналитического обзора основных групп огнезащитных средств, повышающих предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, разработан новый вспучивающийся огнезащитный состав на основе жидкого стекла. Определены огнезащитные свойства разработанного огнезащитного покрытия в соответствии с ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древе-

сины. Методы определения огнезащитных свойств». Среднеарифметическое значение потери массы 10 образцов составила 6,875%. При толщине слоя ОЗВС не более 1 мм разработанное ОЗВС обеспечивает I группу огнезащитной эффективности для древесины, поскольку потеря массы защищенной древесины в условиях испытания не более 9%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В 1.1-7-2002 «Пожезна безпека об'єктів будівництва». – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. – 69с.
2. ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств».
3. Корольченко, А. Я. Средства огнезащиты. / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко: Справочник. – М.: Пожнаука, 2009 г. – 560 с., ил.
4. Леонович, А. А. Огнезащита древесины и древесных материалов: Учебное пособие. – Санкт Петербург, 1994. – 148 с.
5. Собиурь, С. В. Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие. – 5 изд., перераб. – М.: ПожКнига. – 2014. – 256 с., ил.
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
7. Орлова, А. М. Огнезащита древесины / А. М. Орлова, Е. А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. – т.9, № 2. – С. 8-17.
8. Тычино, Н. А. Современные огнезащитные средства для древесины: результаты исследований // Пожаровзрывобезопасность. – 1999. – т. 8, № 3. – С. 13-20.
9. Романенков, И. Г., Левитес Ф. А. Огнезащита строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1991. – 630 с.
10. Орлова А. М., Петрова Е. А. Огнезащита древесины. Пожаровзрывобезопасность, 2000. – т. 9, № 2, – с. 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> (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.firessciencereviews.com/content/2/1/4>
13. 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.firessciencereviews.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](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](http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRertardantAlternatives.pdf) (Accessed 15 OCTOBER 2014)

## REFERENCES

1. DBN В 1.1-7-2002 "Pozhezhna bezpeka ob'iektiv budivnystva". – К.: Derzhavnyi comitet Ukrainy z budivnystva ta arhitekturi [Fire safety of construction objects]. – К.: Ukrainian State Committee of construction and architecture], 2003. – 69 s.
2. GOST 16363-98 «Sredstva ognезashitnie dla drevesiny. Metody opredeleniya ognезashitnyh svoystv [Means fire retardant for wood. Methods for determination of flame retardant properties]».
3. Korolenko A. J. Sredstva ognезashity [Flame retardants] / A. J. Korolenko, O. N. Korolenko: Spravochnik [Guide]. – М.: Pozhnauka, 2009 – 560 s., fig.

4. Leonovich A. A. Ogneshashita drevesiny i drevesnykh materialov: Uchebnoe posobie [Fire protection of wood and wood-based materials: a manual]. – St. Petersburg, 1994. – 148 p.
5. Sobur S.V. Ogneshashita materialov i konstrukciy: Uchebno – spravochnoe posobie [Fire protection of materials and structures: Training manual]. – 5 izd., pererab. – M.: PozhKniga. – 2014. – 256 s.
6. Krashennikova M.V. Tendencii i perspektivy razrabotki kompozitsiy vspuchivaushihisya ogneshashitnykh pokrytiy 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. Orlova A. M. Ogneshashita drevesiny [Fire protection of wood] / A. M. Orlova, E. A. Petrova // Pozharovzryvobezopasnost [The explosion safety]. – 2000. – т. 9, № 2. – S. 8-17.
8. Tychino N. A. Sovremennyye ogneshashitnyye 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. Romanenkov I. G., Levites F. A. Ogneshashita stroitelnykh konstrukciy [Fire protection of building structures]. M.: Stroyizdat, 1991. – 630 s.
10. Orlova A. M., Petrova E. A. Ogneshashita 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 Friebe, Dirk Kruse, Claudia Philipp [Virtual Resource] // European Coatings JOURNAL – 2012. – 7 August – p. 20-25. - Access Mode: URL: <http://www.european-coatings.com>
12. 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\\_FlameRetardantAlternatives.pdf](http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRetardantAlternatives.pdf)

Статья поступила в редколлегию 15.09.2016