

УДК 614.841.41

DOI 10.48612/ntp/tgda-rb6a-2357

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДА ИСТОЧНИКА ЗАЖИГАНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А. А. КОЧЕТОВА, С. Н. УЛЬЕВА, С. А. ШАБУНИН, А. Л. НИКИФОРОВ**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Древесина и материалы на её основе, являются горючими материалами. При их горении происходит быстрое развитие пожара. Состав, структура, свойства, наличие огнезащитной обработки существенно влияют на поведение материала в условиях пожара. Целью работы являлось исследование поведения древесных материалов при термическом воздействии различной природы. Решение данной актуальной задачи, позволит разработать эффективные мероприятия, обеспечивающие эффективную защиту деревянных материалов от воздействия огня.

**Ключевые слова:** древесина, производные древесины, тепловое воздействие, воздействие пламени, термодеструкция, огнезащита.

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE NATURE OF THE IGNITION SOURCE ON THE BEHAVIOR OF WOODEN BUILDING MATERIALS

**A. A. KOCHETOVA, S. N. ULIEVA, S. A. SHABUNIN, A. L. NIKIFOROV**

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Wood and wood-based materials are combustible materials. When they burn, the fire develops rapidly. The composition, structure, properties, and presence of fire protection treatment significantly affect the behavior of the material in a fire. The purpose of this work was to study the behavior of wood materials under thermal stress of various types. Solving this important task will allow us to develop effective measures to protect wooden materials from fire.

**Keywords:** wood, wood derivatives, heat exposure, flame exposure, thermodestruction, fire protection.

Пожарная опасность целлюлозы и химических соединений, входящих в состав древесины, накладывает ряд ограничений на применение древесных строительных материалов [1–5]. Выбор строительного материала для изготовления той или иной строительной конструкции основывается на подборе требуемых эксплуатационных характеристик готового изделия. При этом, как правило, пожароопасные характеристики материала не учитываются, а если учитываются, то вносится поправка о необходимости проведения огнезащитной обработки [5–10]. Следует особо отметить, что огнезащитная обработка не должна сводиться к формальной процедуре. Это связано с тем, что при воздействии источника теплового излучения и открытого пламени на обработанную

огнезащитным составом древесину не должны происходить воспламенения и распространения пламени. Практически никогда и никем не учитывается тот факт, что материал остается незащищенным от процесса термодеструкции. При этом степень термического разрушения древесного материала существенно зависит не только от вида и способа огнезащитной обработки, но и от мощности и вида источника зажигания [1–5]. Современные методы оценки показателей пожарной опасности древесины и ее производных практически не уделяют внимания влиянию вида источника зажигания на строительный материал, причем время защитного действия (до начала воспламенения) огнезащитной обработки находится в зависимости от параметров источника зажигания. Таким

образом оценка поведения материалов на основе древесины в зависимости от вида воздействия источников зажигания на испытуемый образец является актуальным научным направлением.

Целью работы являлось исследование поведения обработанных огнезащитными составами образцов древесины и материалов на ее основе при воздействии на них стационарных тепловых потоков и открытого пламени.

Исследование было направлено на выбор оптимальных огнезащитных составов пропиточного и интумесцентного типов, адаптированных к конкретным материалам. При этом оценка проводилась с учетом возможного целевого назначения материала, особенностей практического использования и расположения в пространстве (горизонтального или вертикального) с целью выбора наилучшего результата снижения пожарной опасности строительных конструкций, выполненных из древесины и ее производных.

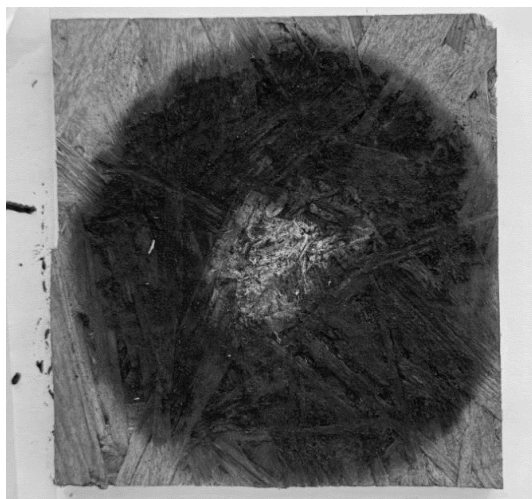
Исследование проводили на образцах древесины сосны (толщина образцов 25 мм) и ориентированно-стружечных плит OSB-3 (МУРОМ, толщина образцов 12 мм), изготовленных из древесины сосны. Указанная толщина была выбрана исходя из области использования данных материалов в строительстве. В качестве огнезащитных составов использовались разные по механизму действия огнезащитные составы известных производителей: пропиточный огнебиозащитный состав на основе неорганических антипиренов (состав 1) и огнезащитный состав на органической основе интумесцентного типа

(состав 2). Обработка образцов древесины огнезащитными составами производилась согласно инструкции изготовителя кистью расходом  $450 \text{ г/м}^2$  в один слой. Обрабатывалась только одна сторона образцов, которая в дальнейшем подвергалась температурному воздействию.

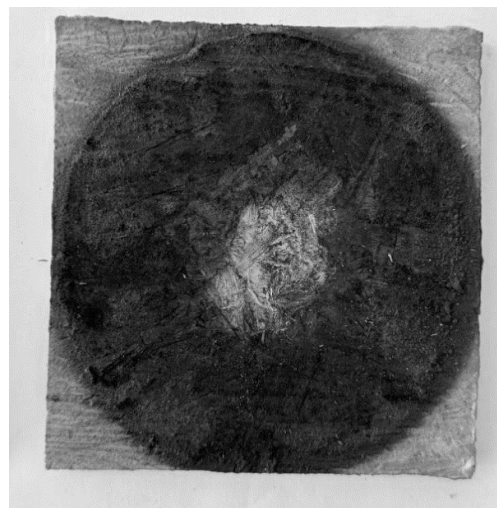
Первая часть исследования заключалась в определении группы воспламеняемости. Эксперимент проводился с целью установления влияния способов огнезащиты древесины на её способность к воспламенению под действием теплового потока.

Согласно методике, приведенной в ГОСТ 30402-96<sup>1</sup>, на установке ВСМ. Сущность исследования состоит в экспериментальном определении величины плотности поверхностного теплового потока, при котором происходит воспламенение материала от источника зажигания.

Ранее отмечалось [2, 4], что воспламеняется не сама древесина, а продукты её термического разложения. Таким образом, при воздействии теплового потока будет происходить нагрев образца до высоких температур. При этом происходит выделение горючей паровоздушной среды вследствие термической деструкции образца. При достижении определенной концентрации при внесении источника зажигания происходит воспламенение горючей паровоздушной среды с последующим горением материала. После испытания также оценивали глубину обугливания. Результаты испытаний приведены на рис. 1 и табл. 1.



а)



б)

**Рис. 1.** Образцы OSB-плит после испытания:

а) OSB-плита, обработанная составом 1 б) OSB-плита, обработанная составом 2

<sup>1</sup> ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость»

Таблица 1. Результаты определения группы по воспламеняемости образцов

Наименование образца	Тепловой поток, кВт/м <sup>2</sup>	Время до воспламенения, с	Группа по воспламеняемости	Глубина обугливания, мм
Необработанная OSB-плита	20±1,2	110±1	B3	2,4±0,1
OSB-плита, обработанная составом 1	20±1,2	130±1	B3	3,0±0,1
OSB-плита, обработанная составом 2	20±1,2	174±1	B3	1,5±0,1
Необработанная древесина сосны	20±1,2	120±1	B3	2,2±0,1
Древесина сосны, обработанная составом 1	20±1,2	193±1	B3	2,7±0,1
Древесина сосны, обработанная составом 2	20±1,2	204±1	B3	1,4±0,1

Как видно из результатов табл. 1, все образцы имеют группу по воспламеняемости B3 (легковоспламеняемые). Обработка огнезащитными составами увеличивает время до воспламенения. Поэтому, можно предположить, что увеличение концентрации защитного состава путем увеличения количества этапов его нанесения позволит существенно увеличить время до воспламенения и получить группу по воспламеняемости B2 (умеренновоспламеняемые). Следует отметить, что в случае древесины сосны время до воспламенения несколько выше, по сравнению с образцами OSB-плиты, что вызвано, по всей видимости, меньшей плотностью древесины сосны и большей глубиной проникновения защитных составов. Последнее обстоятельство обусловлено большей пористостью и меньшей влагостойкостью древесины сосны по сравнению с OSB-плитой. Данное предположение подтверждается соответствующей корреляцией с глубиной обугливания соответствующих образцов.

Вторая часть экспериментальной работы заключалась в исследовании поведения образцов древесных материалов под воздействием пламени газовой горелки (табл. 2). При этом направление воздействия пламени было выбрано с фронтальной стороны материала, что не рассматривается стандартными методами. Исходный вид образцов на рис. 2.

Высота пламени газовой горелки составляла 60±5 мм. По истечении 2 мин, горелка переводилась в горизонтальное положение и подводилась к поверхности образца на расстояние в 20±5 мм. Расстояние от нижнего края образца до края горелки составляло 40±5 мм. Время воздействия пламени пропан-бутановой газовой горелки на исследуемый образец составляло 15 мин. По истечении указанного промежутка времени горелка отводилась в сторону от образца. После его остывания до комнатной температуры определялись изменение массы, площадь и максимальная глубина обугливания.

Таблица 2. Результаты исследования поведения образцов при воздействии пламени горелки под прямым углом

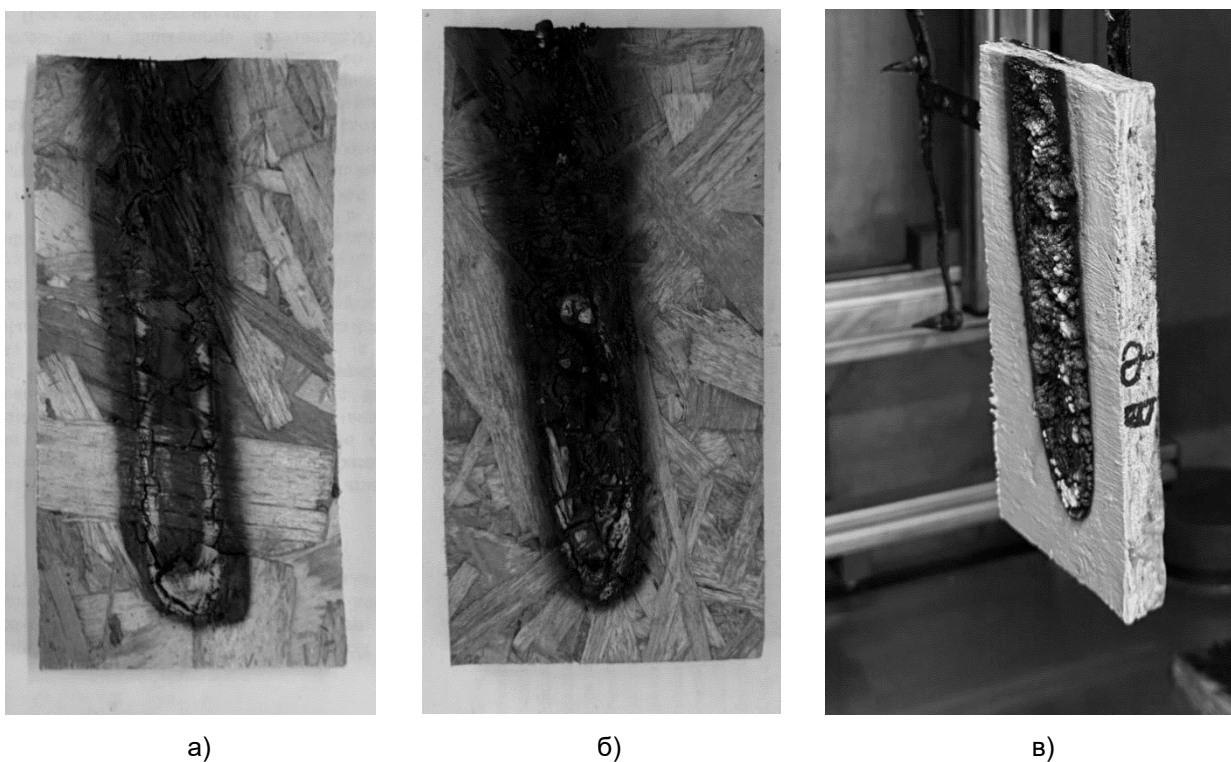
Наименование образца	Максимальная глубина обугливания, мм	Площадь обугливания, см <sup>2</sup>	Изменение массы после огневого воздействия, г
Необработанная OSB-плита	7,7±0,1	47,25	5,58±0,02
OSB-плита, обработанная составом 1	6,6±0,1	47,25	7,72±0,02
OSB-плита, обработанная составом 2	3,5±0,1	48,1	3,70±0,02
Необработанная древесина сосны	2,5±0,1	49,95	4,44±0,02
Древесина сосны, обработанная составом 1	3,6±0,1	49,61	6,06±0,02
Древесина сосны, обработанная составом 2	1,2±0,1	51,48	3,24±0,02

При воздействии пламени горелки под прямым углом в течение 15 мин самостоятельного горения не наблюдалось для всех образцов. Однако, при воздействии пламени горелки происходит обугливание образцов, сопровождающееся выделением дыма. При этом площадь обугленного участка в целом соответ-

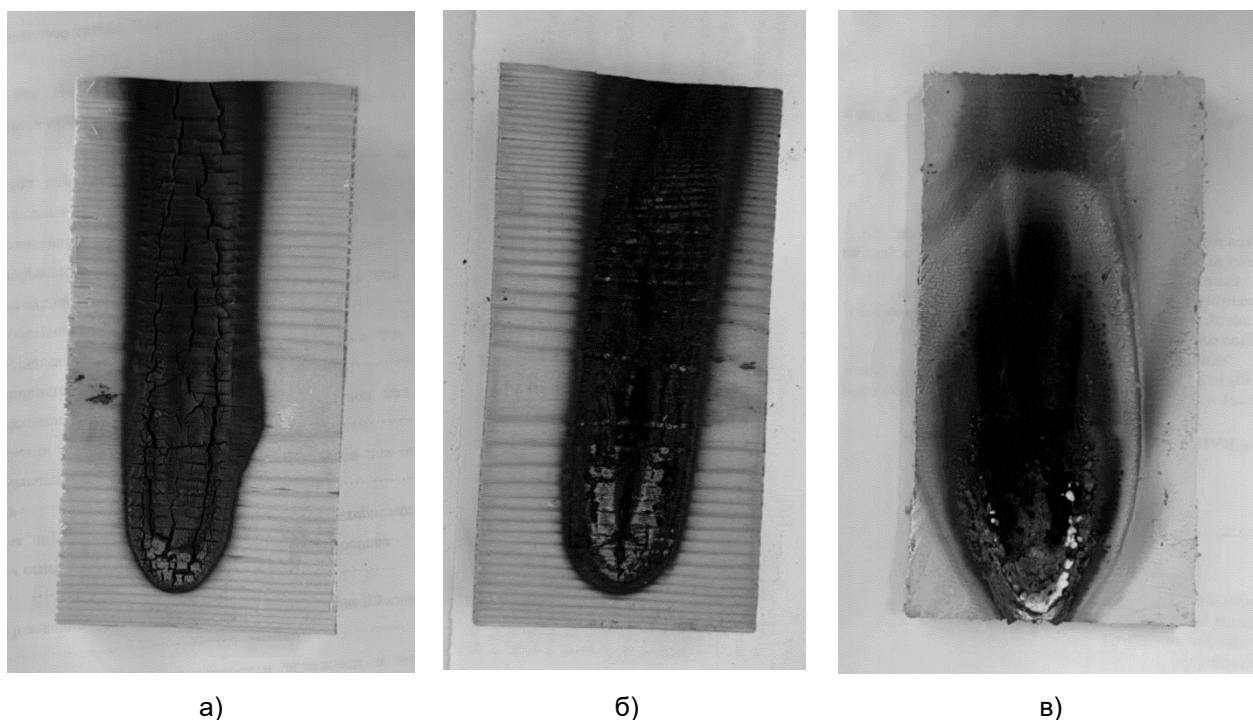
ствует площади проекции факела пламени на поверхности образцов. Кроме того, максимальная глубина обугливания наблюдается на самом нижнем обугленном участке, и уменьшается к верхнему краю образца (там, где наблюдается кончик пламени) (рис. 3-4).



**Рис. 2.** Внешний вид образцов OSB-плит (размеры образцов 150×75×25 мм) до воздействия пламени горелки под углом 90°:  
а) без обработки, б) образец, обработанный составом 1, в) образец, обработанный составом 2



**Рис. 3.** Внешний вид образцов OSB-плит (размеры образцов 150×75×25 мм) после воздействия пламени горелки под углом 90° к поверхности:  
а) без обработки, б) образец, обработанный составом 1, в) образец, обработанный составом 2



а)

б)

в)

**Рис. 4.** Образцы древесины сосны (размеры образцов 150×75×25 мм) после воздействия пламени горелки под углом 90°:

а) без обработки, б) образец, обработанный составом 1, в) образец, обработанный составом 2

Если сравнить глубину обугливания, то в случае OSB-плит она будет больше для соответствующих образцов. По всей видимости, это вызвано большей плотностью OSB-плит, по сравнению с древесиной, а также более высоким содержанием смол, входящих в состав OSB-плиты. Обработка материалов пропиточным огнезащитным составом увеличивает глубину обугливания, поскольку, по всей видимости, увеличивает теплопроводность материала за счет неорганических веществ (в первую очередь солей), входящих в огнезащитную композицию. Наименьшая глубина обугливания наблюдается при использовании защитного состава интумесцентного типа, что обусловлено образованием теплоизолирующего слоя на поверхности образца при воздействии огня. Как следствие, данные образцы имеют и наименьшее изменение абсолютной массы образцов после огневого воздействия. Большой размер площади обугливания для образцов с интумесцентным составом вызван тем обстоятельством, что сам защитный слой при достижении определенной температуры начинает обугливаться (рис. 3-4).

Подводя итог результатам исследования, можно сделать вывод, что OSB-3 плита оказалась менее стойкой к воздействию теплового потока и пламени газовой горелки, что выразилось в меньшем времени с начала воздействия стационарным тепловым потоком до

момента воспламенения, большей глубине обугливания и большей потере массы после огневого воздействия по сравнению с натуральной древесиной сосны. В случае образцов, обработанных огнезащитными составами, в случае обеих серий экспериментов наилучшие результаты наблюдались для образцов, обработанных огнезащитным составом на органической основе интумесцентного типа.

По результатам определения группы воспламеняемости образцов установлено, что OSB-3 плита и древесина сосны относятся к группе легко воспламеняемых материалов (группа В3). Однослойная обработка этих материалов огнезащитными составами с расходом 450 г/м<sup>2</sup> увеличивает время до воспламенения при тепловом потоке 20 кВт/м<sup>2</sup>, но не изменяет группу по воспламеняемости. При воздействии малого пламени газовой горелки под углом 90° к поверхности воспламенение и самостоятельное горение образцов не происходит. Максимальная глубина обугливания наблюдается в нижней части зоны обугливания, в то время как в верхней части она значительно меньше.

Для увеличения стойкости к воспламенению под воздействием теплового потока необходима многослойная обработка огнезащитными составами, а также разработка огнезащитных композиций, уменьшающих выход горючих газообразных продуктов термической деградации древесных материалов или изоли-

рующих экспонируемую поверхность от кислорода воздуха.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработке более эффективных огнезащитных составов для древесных

материалов и новых методов оценки пожарной опасности горючих строительных материалов в зависимости от вида и направления воздействия источника зажигания на испытуемый образец.

### Список литературы

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Выделение дыма при термическом разложении и горении древесины // Лесной вестник. 2004. № 2 (33). С. 99–103.
2. Характеристики тепловыделения при горении древесины различных пород и видов / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность, 2011, т. 20, № 7. С. 2–7.
3. Физико-механические и пожароопасные свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами / Д. М. Нигматуллина, А. Б. Сивенков, Е. Ю. Полищук [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 6. С. 43–51.
4. Защита целлюлозных материалов от воздействия высоких температур и открытого пламени / С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров, В. Е. Румянцева [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. Вып. № 2 (410). С. 207–212.
5. Корольченко О. Н., Цариченко С. Г., Константинова Н. И. К вопросу о свойствах пожарной опасности огнезащитной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2021. № 2. С. 23–34.
6. Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. Том 16. № 5. С. 23–30.
7. Тычино Н. А. Огнезащита материалов, изделий и конструкций из древесины: испытания и экономика // Проблемы Науки. 2016. № 20 (62). С. 14–22.
8. Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами // Пожаровзрывобезопасность. 2008, том 17, №1, С. 29–33.
9. Зависимость эффективности обработки древесины от плотности разных пород древесины огнезащитными составами / И. А. Скрипко, А. Л. Никифоров, С. Н. Наконечный [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. №1 (54). С. 154–158.
10. Определение показателей воспламенения древесины сосны, обработанной огнебиозащитным составом / С. Н. Наконечный, Н. М. Панев, А. Л. Никифоров [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 2 (39). С. 80–87.

### References

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Vydelenie dyma pri termicheskom razlozhenii i gorenii drevesiny [Smoke emission during thermal decomposition and combustion of wood]. *Lesnoj vestnik*, 2004, vol. 2 (33). pp. 99–103.
2. Kharakteristiki teplovydeleniya pri gorenii drevesiny razlichnykh porod i vidov [Characteristics of heat generation during combustion of different types of wood] / R. M. Aseeva, B. B. Serkov, A. B. Sivenkov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, vol. 20, issue 7, pp. 2–7.
3. Fiziko-mekhanicheskie i požaropasnyye svojstva drevesiny s glubokoj propitkoj ognеbiозashchitnymi sostavami [Physical, mechanical, and fire-hazardous properties of wood with deep impregnation with fire-retardant and bio-protective compounds] / D. M. Nigmatullina, A. B. Sivenkov, E. Yu. Polishchuk [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2017, issue 6, pp. 43–51.
4. Zashchita tsellyuloznykh materialov ot vozdejstviya vysokikh temperatur i otkrytogo plameni [Protection of cellulose materials from high temperatures and open flames] / S. N. Uleva, A. L. Nikiforov, V. E. Rummyantseva [et al.]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2024, vol. 2 (410), pp. 207–212.
5. Korolchenko O. N., Tsarichenko S. G., Konstantinova N. I. K voprosu o svojstvakh požarnoj opasnosti ognеzashchishchennoj drevesiny [On the fire hazard properties of fire-resistant wood]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2021, vol. 2, pp. 23–34.
6. Effektivnost' i mekhanizm dejstviya dvukh ognеzashchitnykh sistem dlya drevesiny [The effectiveness and mechanism of action of two fire-resistant systems for wood]. R. M. Aseeva, B. B. Serkov, A. B. Sivenkov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2007, vol. 16, issue.5, pp. 23–30.
7. Tychino N. A. Ognеzashchita materialov, izdelij i konstruksij iz drevesiny: ispytaniya i ekonomika [Fire protection of materials, products, and structures made of wood: testing and economics]. *Problemy Nauki*, 2016, vol. 20 (62), pp. 14–22.
8. Trushkin D. V., Korol'chenko O. N. Bel'tsova T. G. Goryuchest' drevesiny, obrabotanoj ognеzashchitnymi sostavami [Combustibility of wood treated with fire-retardant compounds]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2008, vol. 17, issue 1, pp. 29–33.

9. Zavisimost' effektivnosti obrabotok drevesiny ot plotnosti raznykh porod drevesiny ognезashchitnymi sostavami [Dependence of the effectiveness of wood treatments on the density of different types of wood treated with fire retardants] / I. A. Skripko, A. L. Nikiforov, S. N. Nakonechnyj [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2025, vol.1 (54), pp. 154–158.

10. Opređenje pokazatelej vosplaměneniya drevesiny sosny, obrabotannoj ognеbi-ozashchitnym sostavom [Determination of the ignition characteristics of pine wood treated with a fire-retardant composition] / S. N. Nakonechnyj, N. M. Panev, A. L. Nikiforov *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 2 (39), pp. 80–87.

*Кочетова Анна Анатольевна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
адъюнкт заочной формы обучения  
E-mail: kochetova-a-a@mail.ru

*Kochetova Anna Anatolyevna*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
postgraduate student  
E-mail: kochetova-a-a@mail.ru

*Ульева Светлана Николаевна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
кандидат химических наук, доцент  
E-mail: jivotjagina@mail.ru

*Uljeva Svetlana Nikolaevna*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
candidate of chemical sciences, associate professor  
E-mail: jivotjagina@mail.ru

*Шабунин Сергей Александрович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
кандидат химических наук  
E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

*Shabunin Sergey Alexandrovich*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
candidate of chemical sciences  
E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

*Никифоров Александр Леонидович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
доктор технических наук, старший научный сотрудник  
E-mail: anikiforoff@list.ru

*Nikiforov Alexander Leonidovich*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
Doctor of Technical Sciences, senior researcher  
E-mail: anikiforoff@list.ru