

Анализ покрытий и обоснование их состава

А.А. Газизов^{2a}, А.М. Газизов^{1, 2b}

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет, ул. Космонавтов, 1, Уфа, Республика Башкортостан

² Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

^a artyr85@mail.ru, ^b ashatgaz@mail.ru

^a <https://orcid.org/0009-0002-7453-2424>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7940-8444>

Статья поступила 04.09.2025, принята 29.10.2025

В статье представлены результаты комплексного экспериментального исследования, направленного на оценку огнезащитной эффективности различных составов, применяемых для обработки древесины в строительных целях. Целью работы было определение степени снижения горючести образцов сосновой древесины, обработанных пропитками, красками, антисептиками и комбинированными покрытиями. В исследовании проанализировано 36 образцов, включая грунтовочные и поверхностные средства, что позволило получить представительные данные для сравнения их огнестойкости. Для оценки эффективности использовались методы визуального наблюдения за процессом горения, точного взвешивания образцов до и после огневого воздействия, а также расчёт потери массы и плотности поглощения составов. Потеря массы служила ключевым критерием для классификации образцов в соответствии с нормативными требованиями: I группа (потеря ≤ 9 %), II группа (9–25 %) и неэффективные составы (> 25 %). Результаты показали, что наибольшую огнезащитную эффективность продемонстрировали комбинированные покрытия, сочетающие огнезащитную краску с минеральными добавками (кремниевый порошок, мраморная крошка). Такие составы обеспечивали минимальную потерю массы (0–9 %) и соответствовали I группе. Наименее эффективными оказались антисептики без дополнительных модификаторов, не отвечающие требованиям огнезащиты. Исследование подтвердило критическую роль минеральных наполнителей и многослойного нанесения покрытий для повышения огнестойкости древесины. Полученные данные имеют практическое значение для производителей огнезащитных материалов, строителей и разработчиков нормативных документов. Результаты могут быть использованы для оптимизации составов и выбора оптимальных решений при проектировании деревянных конструкций с повышенными требованиями к пожарной безопасности. Работа вносит вклад в развитие методов пассивной огнезащиты и подчёркивает необходимость дальнейших исследований в области комбинированных покрытий для достижения максимальной эффективности.

Ключевые слова: огнезащита; древесина; пропитка; краска; антисептик; пожарная безопасность; эффективность покрытия.

Analysis of coatings and justification of their composition

А.А. Gazizov^{2a}, А.М. Gazizov^{1, 2b}

¹ Ufa State Petroleum Technological University; 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan

² Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirska Tract St., Ekaterinburg, Russia

^a artyr85@mail.ru, ^b ashatgaz@mail.ru

^a <https://orcid.org/0009-0002-7453-2424>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7940-8444>

Received 04.09.2025, accepted 29.10.2025

The article presents the results of a comprehensive experimental study evaluating the fire-retardant effectiveness of various wood treatment compositions used in construction. The study aimed to determine the degree of combustibility reduction in pine wood samples treated with impregnations, paints, antiseptics, and combined coatings. Thirty-six samples have been analyzed, including primer and surface treatment materials, providing representative data for comparing their fire resistance. The effectiveness is assessed through visual observation of combustion processes, precise weighing of samples before and after fire exposure, and calculation of mass loss and absorption density. Mass loss serves as the key criterion for classifying samples according to regulatory requirements: Group I (≤ 9 % loss), Group II (9–25 %), and ineffective compositions (> 25 %). The results have shown that combined coatings incorporating fire-retardant paint with mineral additives (silicon powder, marble chips) demonstrate the highest effectiveness, showing minimal mass loss (0–9 %) and meeting Group I standards. Antiseptics without additional modifiers prove to be least effective, failing to meet fire-retardant requirements. The study confirms the critical role of mineral fillers and multi-layer coating application in enhancing wood's fire resistance. The findings have practical significance for manufacturers of fire-retardant materials, construction professionals, and regulatory developers. The results can be used to optimize compositions and select optimal solutions when designing wooden structures with enhanced fire safety requirements. The work contributes to the development of passive fire protection methods and emphasizes the need for further research on combined coatings to achieve maximum effectiveness.

Keywords: fire protection; wood; impregnation; paint; antiseptic; fire safety; coating efficiency.

Введение. В современных условиях обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений разрабатываются и внедряются разнообразные методы и составы, предназначенные для снижения горючести дре-

весины и иных строительных материалов [1, 2]. Под понятием «огнезащита» подразумевается совокупность технических и химико-физических мер, направленных на замедление процессов воспламенения, горения и рас-

пространения огня по конструкциям [3]. В профессиональной практике принято разграничивать огнезащитные средства на две категории: активные и пассивные. Активные системы (например, порошковые или газовые огнетушители, системы автоматического оповещения и пожаротушения) вступают в действие уже после возникновения очага возгорания, тогда как пассивные решения (теплоизоляционные обшивки, торкретирование поверхностей, монтаж противопожарных перегородок) призваны препятствовать развитию и распространению пожара изначально. Одна из основных стратегий пассивной защиты деревянных конструкций – обработка антиприренами, представляющими собой специализированные химические реагенты, способствующие повышению огнестойкости и снижению скорости тления древесины [2, 15].

Особое внимание к огнезащите древесины объясняется широким применением этого материала при возведении жилых, общественных и промышленных объектов. По статистике МЧС России, значительная доля пожаров в быту и на производстве связана с использованием горючих материалов, прежде всего древесины [1]. Хвойные породы, такие как сосна, особенно уязвимы из-за рыхлой клеточной структуры и высокого содержания смол, что обуславливает ускоренное распространение пламени [9]. В связи с этим актуализируется задача разработки эффективных, технологичных и долговечных способов снижения воспламеняемости деревянных элементов строительных конструкций.

В арсенале противопожарных химических средств насчитывается множество типов антиприренов – лаки, краски, эмали, шлама, обмазки и пропиточные составы [3, 4]. Согласно требованиям нормативного документа НПБ 251-98, эффективность огнезащиты древесины оценивается по величине потери массы образцов после проведения термических испытаний, воспроизведяших наиболее типичные условия пожара. Полученные данные позволяют прогнозировать динамику горения и корректировать составы для достижения требуемого уровня защиты.

Широкий спектр исследований подтверждает прямую корреляцию между химическим составом покрытий и степенью огнезащитной эффективности [2, 6]. В частности, формулы на основе фосфорсодержащих соединений демонстрируют повышение термической устойчивости деревесных образцов в два–три раза по сравнению с необработанными материалами.

По результатам испытаний условно выделяются три группы огнезащитной эффективности:

– I группа – максимальная защита: потеря массы при огневом испытании не превышает 9 %, что обеспечивает сохранность конструкций до 150 минут под воздействием открытого пламени;

– II группа – средний уровень защиты: эффект замедления горения проявляется в потере массы до 25 % и позволяет поддерживать целостность древесины в течение 60–90 минут;

– III группа – базовая защита: обеспечивает минимальную задержку возгорания, применяется преимущественно в малоэтажном строительстве и объектах с невысокими требованиями к огнестойкости.

Уровень огнезащитных показателей для декоративно-отделочных и облицовочных материалов древесного происхождения, используемых в зонах с повышенными требованиями по эвакуации и организации массового

пребывания людей (коридоры, холлы, выставочные залы), определяется на основе протоколов испытаний, подтверждающих соответствие нормативам пожарной опасности и стабильность характеристик в период эксплуатации.

С точки зрения физико-химических механизмов огнезащиты древесины выделяют три принципиальных подхода [7]:

- модификация самого вещества для повышения температуры воспламенения и замедления диффузии горючих компонентов к поверхности [7, 16, 18];
- создание барьера для кислорода с целью ограничения доступа окислителя к реагирующему веществу [4];
- термозащита, снижающая скорость нагрева поверхности и препятствующая пиролизу [5].

Реализация указанных механизмов может осуществляться тремя основными способами:

- химическая или физико-химическая модификация состава и структуры древесины (например, введение дегидратирующих агентов);
- нанесение поверхностных огнезащитных покрытий, формирующих коксовый или шлакообразный слой, содержащий выделение горючих газов и препятствующий доступу кислорода;
- устройство внешних экранов из негорючих теплоизолирующих материалов, экранирующих конструкции от высокотемпературных источников [11–13].

Таким образом, разработка комбинированных и многокомпонентных антиприренов для повышения огнестойкости деревесных строительных элементов остаётся актуальной задачей, направленной на обеспечение надёжной и долговременной защиты конструкций в условиях пожароопасных факторов.

Организация эксперимента

Бесцветный огнебиозащитный состав (рис. 1).



Рис. 1. Бесцветный огнебиозащитный состав для древесины

Применяется для обработки любых типов деревянных конструкций в пожароопасных местах на открытом воздухе (при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков) и внутри помещений с целью защиты от возгорания и биоповреждений. Спец. свойства: антимикробные, антисептические, дезинфицирующие, огнезащитные.

Тип ЛКМ: антисептик (биозащита), пропитка.

Перед применением состав тщательно перемешивали механически до однородного состояния, контролируя отсутствие осадка и изменение вязкости. Нанесение велось методом полного погружения: образцы удерживали в растворе на заданные интервалы (6, 8, 10, 12 и 25 мин.) при температуре 20 ± 2 °C. По-

сле извлечения из состава образцы вертикально выдерживали 10 мин. для стекания излишков, затем высушивали при 20 °C и относительной влажности 60 % не менее 24 ч. Для ускоренного отверждения использовали сушильную камеру (40 °C, 50 % В) в течение 72 ч, что обеспечивало стабильность пленки и предотвращало образование трещин [14, 17].

Дополнительно оценивали глубину проникновения состава: на микропрепаратах, срезанных поперёк волокон, определяли среднюю глубину пропитки – 1,5–2,0 мм [9]. Этот показатель считается оптимальным для обеспечения антисептического и огнезащитного эффекта без значительного изменения механических свойств древесины.

Огнезащитная интерьерная краска по дереву "NEOMID" (рис. 2).



Рис. 2. Огнезащитная интерьерная краска по дереву "NEOMID"

Применяется для огнезащитной обработки декоративных покрытий стен, потолков и конструкций из древесины, фанеры, ДСП, ДВП внутри помещений. Принцип действия: под воздействием огня происходит вспенивание и образование стойкого теплоизолирующего слоя, препятствующего доступу кислорода и распространению пламени. Цвет – белый (возможна колеровка). Минимальная температура нанесения: +5 °C.

Краску перед использованием перемешивали низкооборотным миксером, добиваясь однородной дисперсии. Наносили кистью или валиком в 1–2 слоя с расходом 120–180 г/м² на слой. Межслойная сушка проводилась при 20 °C и влажности ≤ 80 % в течение 12–24 ч. Толщина сухого слоя не превышала 200 мкм, что соответствует техническим требованиям. После окончательного высыхания проводили визуальный контроль: проверяли целостность покрытия, однородность цвета и отсутствие растрескивания.

Проведение эксперимента

Для получения максимально воспроизводимых и статистически обоснованных данных весь цикл испытаний условно разделён на этапы: подготовка образцов, базовые измерения, нанесение составов, сушка, повторное взвешивание, термическое воздействие и окончательное взвешивание.

1. Были изготовлены образцы из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны (рис. 3) с влажностью 8–15 % и плотностью от 400 до 550 г/м³ в виде прямоугольных брусков с поперечным сечением 30 × 60 мм и длиной вдоль волокон 150 мм. Образцы были подготовлены к проведению исследований. Объём образца определен: $V = 0,00027 \text{ м}^3$.

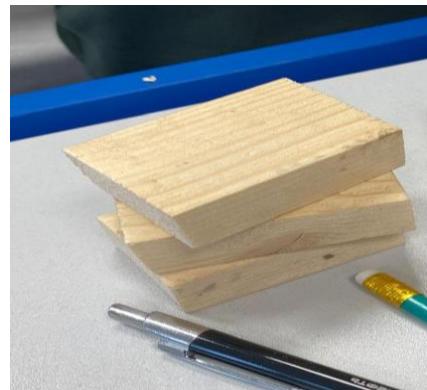


Рис. 3. Образцы из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны

2. Перед обработкой каждый образец взвешивали на лабораторных весах марки "Atlanta" с погрешностью ±1 г.

Вес фиксировали трёхкратно, брали среднее значение для уменьшения случайных ошибок. Итоговые данные заносились в протокол.

3. На каждый образец древесины со всех сторон были нанесены слои разного испытуемого ОС с последующей сушкой.

Образец № 1 – была нанесена мраморная крошка в один слой.

Образец № 2 – был пропитан огнезащитной пропиткой 6 минут.

Образец № 3 было нанесено 2 слоя краски Неомид.

Образец № 4 – была нанесена мраморная крошка.

Образец № 5 – был пропитан огнезащитной пропиткой 6 минут.

Образец № 6 – была нанесена краска Неомид в 2 слоя.

Образец № 7 – был обработан пропиткой в течение 8 минут и нанесена мраморная крошка в один слой.

Образец № 8 – был пропитан огнезащитной пропиткой в течение 10 минут.

Образец № 9 – была нанесена краска Неомид в один слой.

Образец № 10 – был пропитан огнезащитной пропиткой 25 минут.

Образец № 11 – обмазка одним слоем краски Неомид с кремнеземневой крошкой.

Образец № 12 – пропитка + обмазка одним слоем краски Неомид.

Образец № 13 – обмазка одним слоем краски Неомид с кремнеземневой крошкой.

Образец № 14 – обмазка одним слоем краски Неомид.

Образец № 15 – пропитка + обмазка одним слоем краски Неомид.

Образец № 16 – пропитка 12 минут.

Образец № 17 – обмазка одним слоем краски Неомид.

Образец № 18 – обмазка одним слоем краски Неомид + кремнеземневый порошок.

Образец № 19 – пропитка 6 минут.

Образец № 20 – обмазка одним слоем мраморной крошки.

Образец № 21 – обмазка краской Неомид в два слоя.

Образец № 22 – была нанесена мраморная крошка с краской Неомид.

Образец № 23 – был пропитан огнезащитной пропиткой.

Образец № 24 – был обмазан краской Неомид.

Образец № 25 – обработка антисептиком 11 минут.

Образец № 26 – обработан антисептиком 8 мин, огнезащитной краской Неомид в 1 слой и кремниевым порошком.

Образец № 27 – обработан антисептиком 9 мин и огнезащитной краской Неомид в 1 слой.

Образец № 28 – обработан антисептиком 10 мин 30 с.

Образец № 29 – обработан огнезащитной краской Неомид в 2 слоя и мраморной крошкой 1 слой.

Образец № 30 – обработали антисептиком 5 мин и огнезащитной краской Неомид в 1 слой.

Образец № 31 – обработали огнезащитной интерьерной краской Неомид в 1 слой.

Образец № 32 – обработали огнезащитной интерьерной краской Неомид в один слой и пропитка 5 минут.

Образец № 33 – обработали бесцветным огнебиозащитным составом 5 минут.

Образец № 34 – обработали антисептиком, оставив на 9 минут.

Образец № 35 – обработали огнезащитной краской Неомид в 1 слой.

Образец № 36 – обработали огнезащитной краской Неомид в 1 слой и кремниевым порошком в 1 слой.



Рис. 4. Взвешивание образцов

4. После сушки образцы повторно взвешивали на тех же весах.

Фиксацию веса проводили по аналогичной методике трёхкратного измерения.

Разница первичного и вторичного веса использовалась для расчёта объёмного поглощения состава R (см. формулу (1)).

5. Для воспроизведения реального возгорания использовали газовую горелку с температурой пламени ~ 1200 °С. Образцы закрепляли в керамическом коробе на стойке на расстоянии 200 мм от сопла. Время воздействия пламени строго выдерживали 120 с (по секундомеру). Все испытания проводились в вытяжном шкафу с подачей свежего воздуха и отсосом продуктов горения (рис. 5). После остывания оставшуюся часть образца извлекли из керамического короба и взвешивали (рис. 6).



Рис. 5. Испытание образцов огнём



Рис. 6. Взвешивание образцов после обжига

6. Общее поглощение R , (кг/м³) каждого образца было определено по формуле [16, 20]:

$$R = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (1)$$

где m_1 – масса образца после пропитки, кг; m_2 – масса образца перед пропиткой, кг; V – объём образца, м³.

7. Потеря массы каждого испытанного образца P_i , %, был вычислен по формуле

$$P_i = \frac{(m_{1i} - m_{2i})}{m_{1i}} \cdot 100, \quad (2)$$

где m_{1i} – масса образца до испытания, г; m_{2i} – масса образца после испытания, г; i – номер образца.

$$P_7 = \frac{(28-20) \cdot 100}{28} = 28,6 \%, \quad (3)$$

$$P_8 = \frac{(20-18) \cdot 100}{20} = 10,0 \%, \quad (4)$$

$$P_9 = \frac{(18-16) \cdot 100}{18} = 11,1 \%, \quad (5)$$

Потеря массы каждого испытанного образца P_i , г, также был определён. Результаты и расчёт видны в табл. 1.

8. Было определено среднее арифметическое значение потери массы образцов

$$P_{cp} = \frac{28,6+10+11,1}{3} = 16,6 \%, \quad (6)$$

9. По результатам испытания установлены группы огнезащитной эффективности испытанных ОС. При потере массы не более 9 % для ОС устанавливают I группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 9 %, но не более 25 % для ОС устанавливают II группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 25 % считают, что данный состав не

обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

10. Также были выделены образцы с наименьшей и с наибольшей потерей массы (см. табл. 1).

С наибольшей потерей массы – 55 % образец № 21.

С наименьшей потерей массы – 0 %, взят образец № 26.

Образец № 26 после сжигания представлен на рис. 8.



Рис. 7. Образец № 21 после сжигания



Рис. 8. Образец № 26 после сжигания

Таблица 1. Результаты опытов

№ п/п	Масса до обработки образца (г)	Масса перед сгоранием (г)	Масса после сгорания (г)	Расход состава грунта (кг/м ³)	Расход состава пропитки (кг/м ³)	Расход состава огнезащитной краски (кг/м ³)	Потеря массы образца (%)
1	10	12	11	7,4	0,0	0,0	8,3
2	12	13	12	0,0	3,7	0,0	7,7
3	10	12	11	0,0	0,0	7,4	8,3
4	9	13	12	14,8	0,0	0,0	7,7
5	12	14	11	0,0	7,4	0,0	21,4
6	11	14	11	0,0	0,0	11,1	21,4
7	22	28	20	22,2	0,0	0,0	28,6
8	16	20	18	0,0	14,8	0,0	10,0
9	16	18	16	0,0	0,0	7,4	11,1
10	16	20	18	14,8	0,0	0,0	10,0
11	16	22	20	0,0	22,2	0,0	9,1
12	16	22	18	0,0	0,0	22,2	18,2
13	14	20	20	22,2	0,0	22,2	0,0
14	16	20	18	0,0	0,0	14,8	10,0
15	16	20	18	0,0	14,8	14,8	10,0
16	16	18	12	41,6	0,0	0,0	33,3
17	22	24	20	0,0	41,7	0,0	16,7
18	16	22	18	0,0	125,0	125,0	18,18
19	16	20	12	83,3	0,0	0,0	40,0
20	34	38	34	0,0	83,3	0,0	10,5
21	32	36	34	0,0	0,0	83,3	5,6
22	16	17	16	3,7	0,0	0,0	5,9
23	16	20	14	0,0	14,8	0,0	30,0
24	16	16	14	0,0	0,0	0,0	12,5
25	16	18	12	0,0	66,6	0,0	33,3
26	14	18	18	0,0	133,3	0,0	0,0
27	14	18	16	0,0	133,3	0,0	11,1
28	16	18	12	0,0	66,6	0,0	33,3
29	14	18	16	0,0	133,3	0,0	11,1
30	14	18	16	0,0	133,3	0,0	11,1
31	16	18	14	0,0	2,0	0,0	22,2
32	16	22	20	0,0	0,0	6,0	9,1
33	16	20	18	4,0	0,0	0,0	10,0
34	22	23	20	3,7	0,0	0,0	13,0
35	21	23	22	0,0	7,4	0,0	4,3
36	21	21	20	0,0	0,0	0,0	4,8

Заключение. Проведённые экспериментальные исследования позволили получить детальную оценку огнезащитной эффективности 36 образцов древесины, обработанных различными составами.

На грунтовый ОС, применённый для образца № 1–3, установлена I группа огнезащитной эффективности.

На грунтовый ОС, применённый для образца № 4, установлена I группа огнезащитной эффективности.

На поверхностный ОС краски, применённый для образца № 5, № 6 установлена II группа огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 7, не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

Пропитка для образца № 8 обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

Краска, применённая для образца № 9, обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

На грунтовый ОС, применённый для образца № 10, установлена II группа огнезащитной эффективности.

На огнезащитной пропитке, применённой для образца № 11, установлена II группа огнезащитной эффективности.

На поверхностный ОС краски, применённый для образцов № 12, 13, установлена II группа огнезащитной эффективности.

Пропитка для образца № 14 обеспечивает I группу огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 15, установлена I группа огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 16, не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

ОС, применённый для образца № 17 и 18, обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 19, не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

ОС, применённый для образца № 20, обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 21, не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

На грунтовый ОС, применённый для образца № 22, установлена I группа огнезащитной эффективности.

По огнезащитной пропитке, применённой для образца № 23, было установлено, что ОС не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

На поверхностный ОС краски, применённый для образца № 24, установлена II группа огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 25, не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

Литература

1. Исследование пожарной опасности деревянных строительных конструкций и материалов при применении эффективных огнезащитных средств / А.М. Газизов, А.А. Шарафутдинов, С.А. Имамутдинов [и др.] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2020. № 6. С. 90–114. DOI: 10.17122/ogbus-2020-6-90-114. EDN: FPIQTE.
2. Газизов А.М. Обзор методов увеличения огнестойкости древесины / А.М. Газизов, А.И. Садыков, А.М. Садыкова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2022. № 3. С. 32–45. DOI: 10.17122/ogbus-2022-3-32-45. EDN: STUPUY.
3. Газизов А.М. Методы огнезащиты древесины / А.М. Газизов, Д.Ф. Муратов, А.А. Кишаев // Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли: мат-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 15-летию кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» УГНТУ. Уфа, 2018. С. 303–305. EDN: EVFXQO.
4. Коленченко Д.А. Исследование огнезащитных составов для деревянных конструкций / Д.А. Коленченко, В.А. Со-

ОС, применённый для образца № 26, обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

ОС, применённый для образца № 27, покрытый антисептиком и огнезащитной краской, обеспечивает II группу огнезащитной эффективности.

Образец № 28, покрытый антисептиком, не обеспечивает огнезащиту древесине и не является огнезащитным.

Образец № 29, покрытый огнезащитной краской и мраморной крошкой и образец № 30, покрытый антисептиком и огнезащитной краской, относится ко II группе огнезащитной эффективности.

Образец № 31 относится к II группе огнезащитной эффективности.

Образец № 32 относится ко II группе огнезащитной эффективности.

Образец № 33 относится ко II группе огнезащитной эффективности.

Образец № 34, покрытый огнезащитной краской в 1 слой и кремниевым порошком, обеспечивает I группу огнезащиты древесины.

По полученным результатам, образцы № 35 и 36 мы можем определить ко II группе огнезащитной эффективности.

Только 6 из 36 образцов обеспечивают I группу защиты – то есть 17 % от общего числа.

50 % образцов (18 штук) обеспечивают II группу – допустимая защита.

10 образцов (~ 28 %) показали неудовлетворительную огнестойкость – составы неэффективны.

Лучшие результаты показали комбинированные покрытия (например, кремниевый порошок + краска, антисептик + краска) [10, 15, 19].

Худшие – отдельные пропитки или покрытия без комплексного подхода.

Критические факторы:

А. Наличие минеральных добавок (кремний, мрамор) – снижают теплопроводность.

Б. Глубина пропитки – образцы с пропиткой 10–25 мин показали лучшие результаты.

С. Многослойность – 2 слоя краски повышают эффективность (сравните № 9 и № 21).

Результаты актуальны для:

– Производителей: разработка составов с кремниевыми наполнителями.

– Строителей: применение I группы для несущих конструкций, II группы – для декоративных элементов.

– Нормативных органов: уточнение стандартов с учётом роли комбинированных покрытий.

- пига, А. В. Кокшаров // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XVII Междунар. Евразийского симпозиума. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2022. С. 88–94. EDN: TORSRZ.
5. Рафиков Д.А. Методы повышения предела огнестойкости древесного материала / Д.А. Рафиков, А.М. Газизов, А.В. Пермяков // Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: УГНТУ, 2019. С. 159–161. EDN: DMOWTV.
 6. Tsapko Ju. Evaluation of effectiveness of wood fire protection upon exposure to flame of magnesium / Ju. Tsapko, S. Guzii, M. Remenets, A. Kravchenko, O. Tsapko // East European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 10. P. 31–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.73543.
 7. Стенина Е.И. Технология пропитки древесины мышьякодержащими антисептиками : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2009. 199 с. EDN: NQJXOJ.
 8. Газизов А.М. Повышение огнезащитных свойств фанеры при помощи пропитки растворами / А.М. Газизов, А.М. Хазипов // Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: УГНТУ, 2021. С. 124. EDN: HPFFQT.
 9. Кощеев В.С. Исследование физико-механических свойств стабилизированной древесины сосны методом вакуумной пропитки с последующей термической полимеризацией / В.С. Кощеев, И.В. Яцун // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2024. С. 478–483. EDN: EAEP LZ.
 10. Якупов И.И. Влияние количественного содержания кварцевой крошки в огнезащитном составе на древесное покрытие / И.И. Якупов, И.И. Масалимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XX Всеросс. конф. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2024. С. 531–534. EDN: OPILGW.
 11. Повышение пожарной безопасности деревянных конструкций методом глубокой пропитки огнезащитными составами / Д.М. Нигматуллина, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков, Е.И. Стенина // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: материалы XI Международной конференции. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2017. С. 132–133. EDN: ZADYXJ.
 12. Нигматуллина Д.М. Исследование эффективности огнезащитных систем при глубокой пропитке древесины / Д.М. Нигматуллина, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков, Е.И. Стенина // Проблемы техносферной безопасности. 2017. № 6. С. 82–85. EDN: UBAZLJ.
 13. Патент 2469842 С1 РФ. Способ глубокой пропитки древесины / заявитель и патентообладатель УрГЛТУ. № 2011133569/03; заявл. 21.06.2011; опубл. 20.12.2012. EDN: ZGOLPV.
 14. Стенина Е.И. Влияние особенностей сушки на пропитываемость древесины / Е.И. Стенина, А.С. Веселов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды V Евразийского симпозиума. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2010. С. 113–116. EDN: RJTBXV.
 15. Marney D. Combined Fire Retardant and Wood Preservative Treatments for Outdoor Wood Applications – A Review of the Literature / D. Marney, L. Russell // Fire Technology. 2008. Vol. 44. P. 1–14. DOI: 10.1007/s10694-007-0016-6.
 16. Стенина Е.И. Интенсификация процесса пропитки массивной древесины в автоклавах / Е.И. Стенина, П.С. Чиканцев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды V международного евразийского симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2010. С. 116–119.
 17. Мирошниченко Л.А. Применение гидрофобизирующих составов для пропитки древесины / Л.А. Мирошниченко, А.В. Мялицин, В.В. Савина // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы XX Всеросс. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2024. С. 493–496.
 18. Ветошкин Ю.И. Исследование проникновения пропитывающего состава в граничные слои древесины / Ю.И. Ветошкин, Н.А. Кошелева, Д.В. Шейкман // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2 (49). С. 34–38.
 19. Влияние антиперенов на прочность древесины / Е.И. Стенина [и др.] // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2019. С. 73–77.
 20. Бусаров А.В. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолиза поликарбоната / А.В. Бусаров [и др.] // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VIII Всеросс. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УрГЛТУ, 2012. Ч. 2. С. 186–187.

References

1. Gazizov A.M., Sharafutdinov A.A., Imamutdinov S.A., et al. (2020). Study of fire hazard of wooden building structures and materials when using effective fire retardants. Oil and Gas Business, 6, 90–114. DOI: 10.17122/ogbus-2020-6-90-114. EDN: FPIQTE.
2. Gazizov A.M., Sadykov A.I., Sadykova A.M. (2022). Review of methods for increasing wood fire resistance. Oil and Gas Business, 3, 32–45. DOI: 10.17122/ogbus-2022-3-32-45. EDN: STUPUY.
3. Gazizov A.M., Muratov D.F., Kishaev A.A. (2018). Methods of wood fire protection. In Current problems and trends in the development of technosphere safety in the oil and gas industry: Proceedings of the 1st International Conference dedicated to the 15th anniversary of the Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technological University (pp. 303–305). EDN: EVFXQO.
4. Kolenchenko D.A., Sopiga V.A. Koksharov A.V. (2022). Study of fire retardant compositions for wooden structures. In Woodworking: Technologies, Equipment, Management of the 21st Century: Proceedings of the 17th International Eurasian Symposium (pp. 88–94). Yekaterinburg: Ural State Forestry University. EDN: TORSRZ.
5. Rafikov D.A., Gazizov A.M., Permyakov A.V. (2019). Methods for improving the fire resistance limit of wood materials. In Current problems and trends in the development of technosphere safety in the oil and gas industry: Proceedings of the 2nd International Conference (pp. 159–161). Ufa: Ufa State Petroleum Technological University. EDN: DMOWTV.
6. Tsapko Ju., Guzii S., Remenets M., Kravchenko A., Tsapko O. (2016). Evaluation of effectiveness of wood fire protection upon exposure to flame of magnesium. East European Journal of Enterprise Technologies, 10, 31–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.73543.
7. Stenina E.I. (2009). Technology of wood impregnation with mouseyak-containing antiseptics [Cand. Sci. (Engineering) Dissertation]. Yekaterinburg. EDN: NQJXOJ.
8. Gazizov A.M., Khazipov A.M. (2021). Improving the fire retardant properties of plywood using impregnation solutions. In Current problems and trends in the development of technosphere safety in the oil and gas industry: Proceedings of the 4th International Conference (p. 124). Ufa: Ufa State Petroleum Technological University. EDN: HPFFQT.
9. Koshcheev V.S., Yatsun I.V. (2024). Study of physical and mechanical properties of stabilized pine wood using vacuum impregnation followed by thermal polymerization. In *Youth scientific creativity for the forest complex of Russia: Proceedings of the 20th All-Russian Conference* (pp. 478–483).

- Yekaterinburg: Ural State Forestry University. EDN: EAEPLZ.
10. Yakupov I.I., Masalimov I.I. (2024). Influence of quartz chip content in fire retardant compositions on wood coatings. In *Youth scientific creativity for the forest complex of Russia: Proceedings of the 20th All-Russian Conference* (pp. 531–534). Yekaterinburg: Ural State Forestry University. EDN: OPILGW.
11. Nigmatullina D.M., Polishchuk E.Yu., Sivenkov A.B., Stenina E.I. (2017). Improving fire safety of wooden structures through deep impregnation with fire retardants. In Forest science in implementing the Ural engineering school concept: Proceedings of the 11th International Conference (pp. 132–133). Yekaterinburg: Ural State Forestry University. EDN: ZADYXJ.
12. Nigmatullina D.M., Polishchuk E.Yu., Sivenkov A.B., Stenina E.I. (2017). Study of fire protection system efficiency in deep wood impregnation. *Technosphere Safety Issues*, 6, 82–85. EDN: UBAZLJ.
13. Patent RU 2469842 C1. (2012). Method for deep wood impregnation. Applicant and patent holder: Ural State Forestry University. Application No. 2011133569/03; filed 21.06.2011; published 20.12.2012. EDN: ZGOLPV.
14. Stenina E.I., Veselov A.S. (2010). Influence of drying features on wood impregnability. In Woodworking: Technologies, Equipment, Management of the 21st Century: Proceedings of the 5th Eurasian Symposium (pp. 113–116). Yekaterinburg: Ural State Forestry University. EDN: RJTBXV.
15. Marney D., Russell L. (2008). Combined fire retardant and wood preservative treatments for outdoor wood applications – A review of the literature. *Fire Technology*, 44, 1–14. DOI: 10.1007/s10694-007-0016-6.
16. Stenina E.I., Chikantsev P.S. (2010). Intensification of solid wood impregnation in autoclaves. In V.G. Novoselov (Ed.), Woodworking: Technologies, Equipment, Management of the 21st Century: Proceedings of the 5th International Eurasian Symposium (pp. 116–119). Yekaterinburg: Ural State Forestry University.
17. Miroshnichenko L.A., Myalitsyn A.V., Savina V.V. (2024). Application of hydrophobic compounds for wood impregnation. In *Youth scientific creativity for the forest complex of Russia: Proceedings of the 20th All-Russian Scientific and Technical Conference* (pp. 493–496). Yekaterinburg: Ural State Forestry University.
18. Vetoshkin Yu.I., Kosheleva N.A., Sheikman D.V. (2014). Study of impregnation composition penetration into boundary layers of wood. *Russian Forests and Forestry*, 2(49), 34–38.
19. Stenina E.I. et al. (2019). Influence of flame retardants on wood strength. In Forest science in implementing the Ural engineering school concept: Socio-economic and environmental problems of the forest sector (pp. 73–77). Yekaterinburg: Ural State Forestry University.
20. Busarov A.V. et al. (2012). Fire retardant compositions for wood based on polycarbonate aminolysis products. In *Youth scientific creativity for the forest complex of Russia: Proceedings of the 8th All-Russian Scientific and Technical Conference* (Part 2, pp. 186–187). Yekaterinburg: Ural State Forestry University.