

Жидкое стекло и кремнеземный порошок как основа для защиты древесины от огня

А.А. Газизов^{1а}, А.М. Газизов^{1, 2b}, Р.Р. Галиев^{2с}

¹Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, ул. Космонавтов, 1, Уфа, Республика Башкортостан

^а artyr85@mail.ru, ^б ashatgaz@mail.ru, ^с 79174151468@gmail.com

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

^с <https://orcid.org/0009-0005-4781-4436>

Статья поступила 03.03.2025, принята 25.04.2025

Как известно пожары, возникающие в мире, происходят в большинстве случаев по вине людей. Также немалую долю в причинах пожаров занимает отказ технических средств, обеспечивающих жизнедеятельность человека. Доля использования изделий и материалов из древесины на рынке строительства жилья и производственных помещений высока. В связи с этим вопросы, касающиеся обеспечения защиты древесины от огня остаются приоритетными направлениями исследований для научных учреждений. Как известно, в масштабе мира имеется огромное количество исследований, касающихся огнезащиты древесины, но несмотря на это наиболее эффективных мер не разработано. Поэтому целью наших экспериментов для защиты древесины от огня явилось использование жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка, применяемых путем нанесения на поверхность древесины. Температура смеси в градусах (X1), содержание кремнеземного порошка (X2) в процентах и количество наносимых слоев на поверхность испытываемых образцов (X3) были приняты в качестве варьируемых факторов для экспериментов. Таким образом, образцы, обработанные жидким стеклом с добавлением кремнеземного порошка, демонстрируют приличную по времени огнестойкость к возгоранию по сравнению с образцами, которые не подвергались обработке, при одинаковых условиях окружающей среды. При этом явно прослеживается тот момент, что с нанесением нового слоя огнезащитного состава время начала горения испытываемых образцов увеличивается. Из всех рассматриваемых способов огнезащиты древесины лучшим вариантом оказались образцы «Е», где содержание кремнеземного порошка составило порядка 25 % при условии, что жидкое стекло наносится в три слоя. Состав с такими характеристиками и способом обработки обеспечивает наилучшие результаты для защиты древесины и при воздействии высоких температур демонстрирует наивысшую группу защиты древесины от огня.

Ключевые слова: защита древесных материалов от огня; обмазка древесины; испытание огнем; количество слоев; жидкое стекло, кремнеземный порошок; пожарная безопасность.

Liquid glass and silica powder as a base for protecting wood from fire

A.A. Gazizov^{1а}, A.M. Gazizov^{1, 2а}, R.R. Galiev^{1с}

¹Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirsky Tract St., Ekaterinburg, Russia

²Ufa State Petroleum Technical University; 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan

^а artyr85@mail.ru, ^б ashatgaz@mail.ru, ^с 79174151468@gmail.com

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

^с <https://orcid.org/0009-0005-4781-4436>

Received 03.03.2025, accepted 25.04.2025

As it is known, fires around the world occur in most cases due to the fault of people. Also, a considerable share in the causes of fires is taken by the failure of technical means that ensure human life activity. The share of using wood products and materials in the market of construction of housing and industrial premises is high. In this regard, issues related to the protection of wood from fire remain priority areas of research for scientific institutions. There is a huge amount of research on fire protection of wood worldwide, but despite this the most effective measures have not been developed. Therefore, the purpose of the experiments conducted in the research work are to protect wood from fire using liquid glass with the addition of silica powder, by applying it to the surface of the wood. The temperature of the mixture in degrees (X1), the content in % of silica powder (X2), and the number of layers applied to the surface of the test samples (X3) are taken as variable factors for the experiments. Thus, the samples treated with liquid glass with the addition of silica powder demonstrate a decent fire resistance to ignition time compared to the samples that were not treated, under the same environmental conditions. At the same time, it is clearly seen that with the application of a new layer of fire-retardant composition, the combustion start time of the tested samples increases. Of all the considered methods of fire protection of wood, the best option turns out to be samples "E" - where the content of silica powder is about 25%, provided that liquid glass is applied in three layers. A composition with such characteristics and a processing method ensures the best results for wood protection. When exposed to high temperatures, it demonstrates the highest group of wood protection from fire.

Keywords: protection of wood materials from fire; wood coating; fire test; number of layers; liquid glass, silica powder; fire safety.

Введение. Как известно, огонь на своем пути не щадит ничего, что встречается на его пути, в том числе и строительные материалы, которые на сегодня повсеместно применяются в строительстве. При этом доля использования изделий из древесины для возведения сооружений различного назначения составляет большой процент. Но в то же время, как показывает практика, замена древесных материалов на синтетические приводит к катастрофическим последствиям для окружающей среды и человеческим жертвам. В связи с этим в современном мире проблема защиты древесины от огня остается актуальной и важной. И доля исследований, проводимых в научно-исследовательских институтах и вузах, продолжает расти. В имеющихся работах в основном рассматриваются температурные режимы пропитки растворами. При этом используют пропитки как в обычной среде, так и в режиме вакуумных установок. Как правило, в изученных материалах рассматриваются составы для пропитки или обмазки без каких-либо добавок. В связи с этим универсального подхода для приготовления состава для пропитки и обмазки еще не найдено, и способы для эффективной огнезащиты древесины, которые бы удовлетворяли потребителей во всех отношениях, не разработаны. В данной научной статье предлагается один из путей инновационного подхода к решению этой проблемы, основанный на использовании жидкого стекла и кремнеземного порошка [1–4]. Данный способ обработки древесины обеспечивает не только высокий уровень огнезащиты древесины, но и также предлагает рентабельное и безвредное экологически чистое решение для сохранения лесного массива страны [5–9]. Ниже представлены подробное описание результатов исследования использования этих компонентов.

Материалы и методика исследования. Задача данного исследования – путем использования жидкого стекла и кремнеземного порошка для нанесения на поверхность древесины подобрать такие пропорции данных покрытий, которые обеспечивали бы наилучшую огнезащиту древесины. В качестве планирования экспериментов мы использовали широко распространенный в научной среде факторный план. Но в дальнейших исследованиях мы будем опираться на нейронные сети. Составленный нами план эксперимента предполагает изменение трех факторов на трех уровнях (нижнем, среднем и верхнем).

Подготовленные нами и покрытые составом образцы в зависимости составленного плана стали основой для дальнейших исследований [10–15]. При этом мы изменяли значения следующих факторов: температуру приготовленной смеси в градусах (X_1), количество кремнеземного порошка (X_2) в процентах и число слоев состава для обмазки приготовленных образцов (X_3), используемых в экспериментах.

Значения факторов варьирования представлены в табл. 1.

Критериями оценки наших экспериментов мы выбрали потери по массе образцов после сжигания в процентах (Y_1), проникновение смеси в образцы в баллах (Y_2) и вяжущую способность полученной смеси в секундах (Y_3). План факторного эксперимента представлен в табл. 2.

Результатом анализа наших исследований является составление однофакторных уравнений на основе полученных моделей, которые показывают, на сколько влияют те или иные исследуемые факторы на состояние образцов и на их качественное состояние после опытов. На основе компьютерной обработки полученных данных, а также на базе экспериментальных исследований нами получены уравнения регрессии для данного этапа опытов [16–20].

В табл. 3 приведены влияние слоев жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка на образцы. Эта зависимость отражена в уравнениях регрессии.

В табл. 4 отражены значения (Y_1), полученные в результате сжигания образцов и значения (Y_2 , Y_3), полученные расчетным путем, а также сумма квадратов отклонений (\sum кв. откл.). Можно констатировать тот факт, что адекватность данных экспериментов полученным уравнениям регрессии подтверждаются суммой квадратов отклонений.

Таблица 1. Значения факторов

Значения варьирования	Варьируемые факторы		
	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Количество кремнеземного порошка, %	Число нанесённых слоев
	X_1	X_2	X_3
Низкий (-1)	10	0	1
Средний (0)	25	1	2
Верхний (+1)	40	2	3

Таблица 2. План эксперимента

N	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	+1	+1	+1	40	2	3	4,7	1	68,4
2	-1	+1	+1	10	2	3	3,4	3	28,8
3	+1	-1	+1	40	0	3	5,3	1	69,15
4	-1	-1	+1	10	0	3	3,42	1	27,29
5	+1	+1	-1	40	2	1	5,6	1	66,53
6	-1	+1	-1	10	2	1	6,19	2	27,58
7	+1	-1	-1	40	0	1	6,87	3	66,55
8	-1	-1	-1	10	0	1	7,39	2	27,79
9	0	0	-1	25	1	1	8,59	1	33,09
10	0	0	+1	25	1	3	6,95	1	33,09
11	0	-1	0	25	0	2	5,17	2	32,47
12	0	+1	0	25	2	2	6,19	1	32,89
13	+1	0	0	40	1	2	5,87	1	67,79
14	-1	0	0	10	1	2	4,39	1	27,79
15	0	0	0	25	1	2	7,29	1	33,11

Таблица 3. Уравнения регрессии

Отклик	Уравнение регрессии
Потери по массе (Y_1)	$= 17,87 + 0,34X_1 + 0,17X_2 - 9,13X_3 - 0,019X_1^2 - 0,69X_2^2 + 1,219X_3^2 - 0,02X_1 * X_2 + 0,029X_1 * X_3 + 0,049X_2 * X_3$
Проникновение смеси (Y_2)	$Y_2 = 3,17 + 0,039X_1 - 1,959X_2 - 0,83X_3 + 0,002X_1^2 + 0,6X_2^2 + 0,089X_3^2 - 0,033X_1 * X_2 - 0,016X_1 * X_3 + 0,504X_2 * X_3$
Вяжущая способность смеси (Y_3)	$Y_3 = -43,37 - 2,04X_1 + 0,73X_2 - 1,76X_3 + 0,07X_1^2 - 0,17X_2^2 + 0,35X_3^2 - 0,03X_1 * X_2 - 0,002X_1 * X_3 - 0,02X_2 * X_3$

Таблица 4. Критерий оценки эксперимента

Отклики системы								
Потери по массе (Y1)			Адгезия (Y2)			Условная вязкость смеси (Y3)		
Y	Y _{res}	dY	Y	Y _{res}	dY	Y	Y _{res}	dY
5,71	5,67	0,03	1	0,88	0,11	68,62	68,63	-0,03
4,32	4,11	0,18	3	2,88	0,11	27,89	27,97	-0,08
6,59	6,53	0,05	1	1,22	-0,21	69,13	69,03	0,13
4,31	4,24	0,07	1	1,09	-0,08	27,58	27,57	0,01
6,85	6,87	-0,02	1	0,92	0,1	68,62	68,57	0,02
7,09	7,11	0,0003	2	1,77	0,22	27,91	28,97	-0,09
7,79	7,96	-0,14	3	3,11	-0,10	69,13	69,04	0,11
7,48	7,43	0,02	2	1,98	0,01	27,89	27,54	0,32
9,28	9,14	0,14	1	1,22	-0,21	33,13	33,18	-0,07
6,59	6,93	-0,34	1	0,83	0,18	33,11	33,17	-0,06
6,89	6,36	0,006	2	1,62	0,39	32,43	32,73	-0,28
6,14	6,34	-0,21	1	1,43	-0,42	32,83	32,67	0,15
5,79	5,71	0,08	1	0,88	0,11	68,39	68,63	-0,23
4,39	4,58	-0,28	1	1,25	-0,26	27,74	27,61	0,13
7,21	6,83	0,40	1	0,92	0,07	33,13	32,85	0,26
Σ _{эв.откл.} =4,981825e-001			Σ _{эв.откл.} =6,311864e-001			Σ _{эв.откл.} =2,844376e-001		

Для экспериментов использовали в качестве связующего компонента жидкое стекло (ГОСТ 13078-81), а в качестве наполнителя – кремнеземный порошок. Образцы были подготовлены по размерам 30×60×150 мм (рис. 1) по 10 штук. Образцы предварительно подвергались сушке в камере до 9–11 % влажности.

Подготовленные жидкое стекло и кремнеземный порошок взвешивались и смешивались в стеклянной емкости в определенной пропорции. Полученный состав тщательно размешивался в течение 30 мин.

Группа «К» – контрольные необработанные образцы, группа «Г» – образцы, обмазанные в один слой жидким стеклом с добавлением кремнеземного порошка, группа «Д» – образцы, обмазанные в два слоя из жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка, группа «Е» – образцы, обмазанные тремя слоями смеси из жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка. Все образцы после сушки взвешивались.



Рис. 1. Образцы древесины

Для проведения исследований использовались следующие оборудование: весы электронные I класса точности, секундомер II класса точности, прибор для измерения температуры пламени – термоэлектрический термометр и керамическая труба для проведения огневых испытаний (рис. 2).



Рис. 2. Установка «Керамическая труба»

Каждый образец в керамической трубе подвергался воздействию огня в течение 2 мин. Образцы древесины после проведения огневых испытаний приведены на рис. 3. Визуально можно было заметить, что контрольные образцы были охвачены пламенем буквально через 30 сек. Образцы, обработанные жидким стеклом с добавлением кремнеземного порошка, после огневых испытаний покрывались защитной оболочкой, препятствующей возгоранию. Все значения в числовом выражении приведены табл. 5–7 и рис. 5–7. Здесь же приведены значения потери массы в граммах и процентах для определения группы огнезащитной эффективности образцов.



Рис. 3. Образцы древесины до проведения огневых испытаний: контрольные образцы



Рис. 4. Образцы древесины после проведения огневых испытаний: образцы с нанесением жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка

В табл. 5 и рис. 5 показаны результаты эксперимента для образцов, покрытых одним слоем жидкого стекла с кремнезевым порошком.

Таблица 5. Данные образцов группы «Г»

№ образца	Масса образца, г			Расход огнезащитного состава, г		Потеря массы образца	
	до обработки	до испытания	после испытания	жидкое стекло	кремнезевый порошок	г	%
Г1	129,6	132,5	123,45	4,66	1,26	9	6,78
Г2	146,19	147,88	133,79	4,23	1,13	14	9,47
Г3	164,19	157	144,6	3,31	0,88	12	7,69
Г4	158,22	159,78	149,78	5,49	1,39	10	6,26
Г5	120,39	124	116,76	4,21	1,19	7	5,69
Г6	152,19	153,59	135,49	4,26	1,08	18	11,73
Г7	133,3	137,2	126,2	5,53	1,38	11	8,01
Г8	151,2	153,8	137,7	5,58	1,39	16	10,41
Г9	142,4	146,1	136,3	4,03	1,05	10	6,83
Г10	146,7	148,7	140,7	5,62	1,43	8	5,37

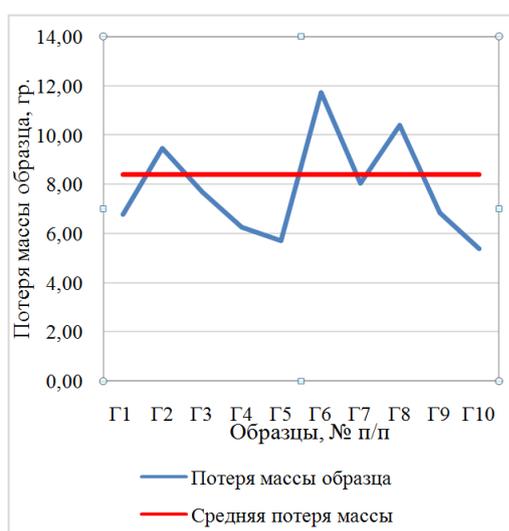


Рис. 5. График потери массы образцов «Г»

В табл. 6 и рис. 6 показаны результаты эксперимента для образцов покрытых двумя слоями жидкого стекла с кремнезевым порошком.

Таблица 6. Данные образцов группы «Д»

№ образца	Масса образца, г			Расход огнезащитного состава, г		Потеря массы образца	
	до обработки	до испытания	после испытания	жидкое стекло	кремнезевый порошок	г	%
Д1	145,22	152,39	46,3	8,71	2,19	6	3,91
Д2	124,19	131,47	24,4	8,91	2,23	7	5,3
Д3	152,19	159,15	54,2	8,97	2,19	5	3,1
Д4	127,94	138,38	36,4	10,8	2,68	2	1,4
Д5	120,79	127,92	25,8	9,69	2,39	2	1,5
Д6	140,35	147,22	42,4	9,77	2,29	5	3,4
Д7	113,55	118,36	17,2	5,69	1,49	1	0,8
Д8	117,19	123,63	18,4	8,09	2,09	5	4,0
Д9	126	132,34	23,2	8,79	2,34	9	6,8
Д10	127,9	136,29	33,1	11,36	2,79	3	2,2



Рис. 6. График потери массы образцов «Д»

В табл. 7 и рис. 7 показаны результаты эксперимента для образцов покрытых тремя слоями жидкого стекла с кремнезевым порошком.

Таблица 7. Данные образцов группы «Е»

№ образца	Масса образца, г			Расход огнезащитного состава, г		Потеря массы образца	
	до обработки	до испытания	после испытания	жидкое стекло	кремнезевый порошок	г	%
Е1	138,6	152,7	147,9	15,28	3,82	4,7	3,08
Е2	152	164,2	160,8	17,04	4,26	3,4	2,07
Е3	146,3	161,7	156,4	13,44	3,36	5,3	3,28
Е4	115	129,2	125,7	13,68	3,42	3,5	2,71
Е5	130,7	143,1	138,5	12,88	3,22	4,6	3,21
Е6	140,1	156,7	151,9	15,92	3,98	4,8	3,06
Е7	151,1	162,8	155,5	11,92	2,98	7,3	4,48
Е8	127,9	144,8	141,4	15,04	3,76	3,4	2,35
Е9	118,2	132,9	129,4	15,92	3,98	3,5	2,63
Е10	122	138,9	134,4	13,68	3,42	4,5	3,24

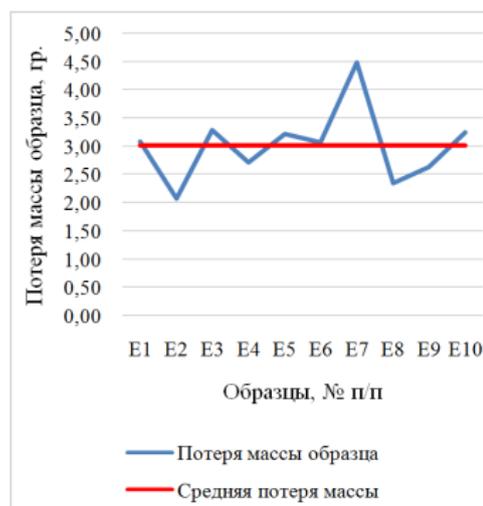


Рис. 7. График потери массы образцов «Е»

Анализ результатов проведенного исследования с помощью метода корреляционной зависимости показал следующее:

– по мере увеличения слоя огнезащитного состава сопротивление испытываемых образцов огню увеличива-

ется. Из табл. 8 и графика (рис. 8) видно монотонное снижение показателя потери массы в зависимости от нанесенных слоев. Но в тоже время можно отметить, что образцы, обмазанные одним слоем жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка, через некоторое время загорались, а образцы, которые были обмазаны двумя слоями жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка, на поверхности образцов появлялась защитная оболочка, но через некоторое время вследствие воздействия огня защитный слой рушился. Дальнейшие испытания образцов, покрытых тремя слоями жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка, явно превзошли наши ожидания, они покрывались устойчивой оболочкой и в течение получаса не горели.

Таблица 8. Результаты потери массы образцов после испытаний

Группа образцов	Г	Д	Е
1	6,78	3,94	3,08
2	9,47	5,32	2,07
3	7,69	3,14	3,28
4	6,26	1,45	2,71
5	5,69	1,56	3,21
6	11,73	3,4	3,06
7	8,02	0,85	4,48
8	10,4	4,05	2,35
9	6,84	6,8	2,63
10	5,38	2,2	3,24
Средняя потеря массы, %	7,82	3,27	3,01

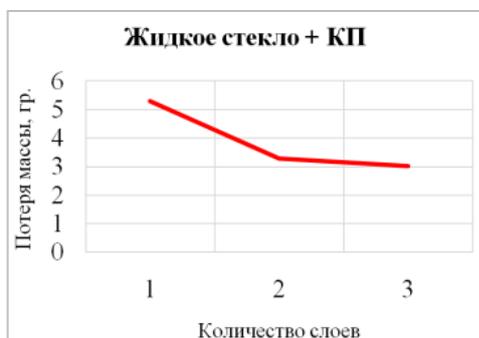


Рис. 8. Зависимость потери массы от количества слоев нанесения состава

Литература

- Воронин, В.П. Правила применения огнезащитных покрытий строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Логос, 2009. 267 с.
- Корольченко О.Н. Влияние средств огнезащиты на пожарную опасность древесины. М.: Логос, 2010. 221 с.
- Газизов А.М., Колесник А.А., Яппарова Р.У. Увеличение огнезащиты древесины путем обоснования режимов пропитки // Нефтегазовое дело. 2022. № 6. С. 20-29.
- Комиссаров А.П. Способ пропарки чураков в насыщенном паре: авт. свид. 291787, СССР, МПК В27К 1/00; заявл. 18.11.1969; опубл. 06.01.1971, Бюл. № 4.
- Газизов А.М., Хазипов А.М., Мяслицин А.В. Повышение огнезащитных свойств древесины при помощи пропитки антипиреном // Нефтегазовое дело. 2022. № 6. С. 7-19.
- Газизов А.М., Бурханов А.А. Снижение пожарной опасности изделий из древесины с помощью обработки огнезащитными составами // Нефтегазовое дело. 2022 № 5. С. 55-66.
- Газизов А.М., Синегубова Е.С., Кузнецова О.В. Изучение огнестойкости композиционных материалов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы XIII Междунар. евразийского симпозиума (18-21 сент. 2018 г.). Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2018. С. 73-76.
- Нигматуллина Д.М., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б., Степина Е.И., Балакин В.М. Пожарная опасность деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 3 (73). С. 64-71.
- Анохин Е.А. Повышение класса пожарной опасности деревянных конструкций длительного срока эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во, 2017. 236 с.

Таким образом, максимального уровня огнезащиты древесины можно достигнуть при трехслойном покрытии жидким стеклом с кремнеземным порошком. Как показывают опыты, нанесение трех слоев позволяет максимально закрыть поры в древесине и тем самым препятствует проникновению тепла в слои древесины. Также доказано, что содержание в жидком стекле кремнеземного порошка как огнезащитного состава значительно повышает огнезащитную способность образцов древесины, и в связи с этим влияние на показатели потери массы оказывается существенным. Совершенно очевидно, что лучшие показатели по потере массы показывают образцы, обработанные составом, в котором порошок представлен в количестве 25 %.

Заключение. В результате экспериментов очевидным явился тот факт, что, во-первых, огнезащита древесины достигается только путем нанесения на ее поверхность защитных составов, которые заведомо отличаются негорючестью, а во-вторых, строго должны быть разработаны режимы подготовки образцов и огнезащитный состав для обмазки поверхности деревянных материалов.

Неоспорим тот факт, что испытываемые образцы, обработанные жидким стеклом с добавлением кремнеземного порошка, демонстрируют большее сопротивление огню относительно образцов, обработанных без каких-либо добавок, при одинаковом расходе. Так же было замечено, что с каждым новым нанесенным слоем огнезащитного состава сопротивление испытываемых образцов огню увеличивается. Согласно нашим опытам, образцы, на которые были нанесены жидкое стекло в три слоя и 25 % кремнеземного порошка, показали наилучшие результаты. А вот образцы с одним и двумя слоями жидкого стекла с добавлением кремнеземного порошка показали более плохие результаты. Наиболее рациональным методом из всех рассматриваемых способов огнезащиты древесины является метод «Е». Состав, используемый здесь, позволяет намного повысить качество покрытия поверхности древесины, тем самым улучшить его защитные свойства при воздействии высоких температур и обеспечить высокую группу огнезащитной эффективности.

10. Нигматуллина Д.М., Сивенков А.Б., Полищук Е.Ю., Стенина Е.И., Балакин В.М. Физико-механические и пожароопасные свойства древесины с глубокой пропиткой. огнебиозащитными составами // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26, № 6. С. 43-51.
11. Комиссаров А.П. Способ обработки древесины: авт. свид. 338371, СССР, МПК В27К 5/00; заявл. 20.11.1970; опубл. 15.05.1972, Бюл. № 16.
12. Cheng W., Liang P., Cao S. Texture Detect on Rotary-Veneer Surface Based on Semi-Fuzzy Clustering Algorithm // Wood science and technology. 2010. Vol. 44. P. 369-374.
13. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Форум, 2010. 416 с.
14. Газизов А.М., Кузнецова О.В. Исследование режимов тепловой обработки сырья перед лущением // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. XI Междунар. евразийского симпозиума (20–23 сент. 2016 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехнич. ун-та, 2016. С. 58-60.
15. Страхов В.Л. Оптимизация огнезащиты строительных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. 1997. № 1. С. 26-35.
16. Schrunck T.R. An Introduction to Veneering // Fine woodworking magazine. 2010. № 1. P. 3.
17. Михеев И.И., Воронов В.А., Любченко В.И., Симонов А.С. Производство лущеного и строганого шпона. М.: Выш. школа, 1975. 208 с.
18. Чернышева В.А., Швамм Е.Е., Бурко Л.В. Физические и механические свойства древесины. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехнич. ун-та, 1995. 25 с.
19. Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности: в 3-х ч. Ч. 2/ Под ред. А.А. Пижурина. М.: 1972. 48 с.
20. Пижурина А.А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: Изд-во Мытищ. ф-ла Моск. гос. технич. ун-та, 2005. 305 с.
6. Gazizov A.M., Burkhanov A.A. Reducing the fire hazard of wood products by treating them with fire retardant compounds // Oil and Gas Business. 2022. № 5. P. 55-66.
7. Gazizov A.M., Sinegubova E.S., Kuznetsova O.V. Study of fire resistance of composite materials // Woodworking: technology, equipment, management of the XXI century: materials of the XIII Internat. Eurasian Symposium (September 18-21, 2018). Ekaterinburg: Publishing house of OOO "Publishing house of UMC UPI", 2018. P. 73-76.
8. Nigmatullina D.M., Polischuk E.Yu., Sivenkov A.B., Stenina E.I., Balakin V.M. Fire hazard of wooden structures with deep impregnation with fire-bioprotective compounds // Technologies of technosphere safety. 2017. № 3 (73). P. 64-71.
9. Anokhin E.A. Increasing the fire hazard class of wooden structures with a long service life: author's abstract. dis. candidate of technical sciences. M.: Изд-во, 2017. 236 p.
10. Nigmatullina D.M., Sivenkov A.B., Polischuk E.Yu., Stenina E.I., Balakin V.M. Physicomechanical and fire hazardous properties of wood deeply impregnated. with fire-bioprotective compounds // Fire and explosion safety. 2017. Vol. 26, № 6. P. 43-51.
11. Komissarov A.P. Wood processing method: author's certificate 338371, USSR, IPC B27K 5/00; declared 20.11.1970; published 15.05.1972, Bull. № 16.
12. Cheng W., Liang P., Cao S. Texture Detect on Rotary-Veneer Surface Based on Semi-Fuzzy Clustering Algorithm // Wood science and technology. 2010. Vol. 44. P. 369-374.
13. Rasev A.I., Kosarin A.A. Hydrothermal treatment and wood preservation. Moscow: Forum, 2010. 416 p.
14. Gazizov A.M., Kuznetsova O.V. Study of modes of heat treatment of raw materials before peeling // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century: proc. XI Intern. Eurasian Symposium (20-23 Sept. 2016). Ekaterinburg: Publishing house of the Ural State Forestry Engineering University, 2016. P. 58-60.
15. Strakhov V.L. Optimization of fire protection of building structures // Fire and explosion safety. M., 1997. № 1. P. 26-35.
16. Schrunck T.R. An Introduction to Veneering // Fine woodworking magazine. 2010. № 1. P. 3.
17. Mikheev I.I., Voronov V.A., Lyubchenko V.I., Simonov A.S. Production of peeled and sliced veneer. M.: Higher school, 1975. 208 p.
18. Chernysheva V.A., Shvamm E.E., Burko L.V. Physical and mechanical properties of wood. Ekaterinburg: Publishing house of the Ural State Forestry Engineering University, 1995. 25 p.
19. Methodology of planning experiments and processing their results in the study of technological processes in the forestry and woodworking industry: in 3 parts. Part 2. / Ed. by A.A. Pizhurin. M.: 1972. 48 p.
20. Pizhurin A.A. Fundamentals of scientific research in woodworking. M.: Publishing house of Mytishchi branch of Moscow State Technical University, 2005. 305 p.

References

1. Voronin V.P. Rules for the application of fire-protective coatings for building structures of buildings and structures / V.P. Voronin. M.: Logos, 2009. 267 p.
2. Korolchenko O.N. Influence of fire protection agents on the fire hazard of wood. M.: Logos, 2010. 221 p.
3. Gazizov A.M., Kolesnik A.A., Yapparova R.U. Increasing the fire protection of wood by substantiating impregnation modes // Oil and Gas Business. 2022. № 6. P. 20-29.
4. Komissarov A.P. Method of steaming logs in unsaturated steam: author's certificate. 291787, USSR, IPC B27K 1/00; declared 18.11.1969; published 06.01.1971, Bull. № 4.
5. Gazizov A.M., Khazipov A.M., Myalitsin A.V. Improving the fire-protective properties of wood by impregnating it with a fire retardant // Oil and Gas Business. 2022. № 6. P. 7-19.