

## Некоторые особенности защиты древесины от огня

А.М. Газизов<sup>1,2a</sup>, Л.Х. Зарипова<sup>2b</sup>, Р.Р. Галиев<sup>1c</sup>, А.А. Газизов<sup>1d</sup>

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, Уфа, Республика Башкортостан

<sup>2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup> ashatzgaz@mail.ru, <sup>b</sup> karolada@mail.ru, <sup>c</sup> 79174151468@gmail.com, <sup>d</sup> artyr85@mail.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7940-8444>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8074-5923>

Статья поступила 07.04.2024, принята 22.04.2024

*Недостатки материалов из древесины без обработки специальными составами — это низкая огнестойкость и биозащита, что сокращает возможности их использования для строительства и эксплуатации в условиях высокой влажности атмосферы и критических температур воздействия на древесину. Обработка с использованием разного рода и состава антипиренов существенно повышает огнезащитные свойства древесины, но является фактором роста потребления пропитывающих растворов. Очевидна всевозрастающая потребность в круглом лесе и пиломатериалах в строительстве, в связи с чем вопрос сохранения первоначальной структуры древесины с целью повышения огнезащитных свойств требует все более серьезного подхода к этой проблеме. Стремительное увеличение использования композиционных материалов также требует новых исследований и подходов к проблеме огнезащиты как применительно к поверхностной обработке материалов, так и в области технологий производства. Сохранение структуры древесины может быть достигнуто путем смешивания разных по составу жидкостей, порошков и красок, которые могли бы стать защитным слоем от возгорания для изделий на основе древесины. Другой аспект использования этих составов касается защиты древесины от микроорганизмов и насекомых. Отсюда целью исследования является изучение эффективности огнезащитного состава на основе жидкого стекла с применением в качестве добавки кварцевой крошки. Эксперименты показали, что можно добиться наиболее высокого огнезащитного эффекта без применения дорогих сертифицированных средств, путем добавления кварцевой крошкой от 25 до 40 %. На основе проведенных исследований установлено, что наименьшие потери по массе наблюдались у образцов, покрытых жидким стеклом с добавлением кварцевой крошки.*

**Ключевые слова:** древесина; пропитка древесины; образцы; огнезащитные покрытия; кварцевая крошка; пожарная безопасность.

## Some features of wood protection from fire

A.M. Gazizov<sup>1,2a</sup>, L.H. Zaripova<sup>2b</sup>, R.R. Galiev<sup>1c</sup>, A.A. Gazizov<sup>1d</sup>

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technical University; 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan

<sup>2</sup> Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirsky Tract St., Ekaterinburg, Russia

<sup>a</sup> ashatzgaz@mail.ru, <sup>b</sup> karolada@mail.ru, <sup>c</sup> 79174151468@gmail.com, <sup>d</sup> artyr85@mail.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7940-8444>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8074-5923>

Received 07.04.2024, accepted 22.04.2024

*The disadvantages of wood materials without special treatment are low fire resistance and biosecurity, which reduce the possibility of using them for construction in operating conditions with high atmospheric humidity and temperatures of exposure to wood. Processing of wood materials using various types and composition of flame retardants in construction significantly increases the flame retardant properties of wood, which naturally is a factor in the growth of the use of impregnating solutions in construction. The increasing need for roundwood and lumber in construction is obvious. In this regard, the issue of preserving the original structure of wood in order to increase its flame retardant properties requires an increasingly serious approach to this problem. However, the rapid increase in the use of composite materials requires more and more new research and approaches to the problem of fire protection of these materials, both in the field of surface treatment and in the use of production technologies. At the present stage, it is not possible to imagine the construction of buildings and structures without fire-retardant treatment and, accordingly, improving their properties at a completely different level is very relevant today. Preservation of the wood structure can be achieved by mixing liquids, powders and paints of different compositions, which could become a protective layer against fire for wood-based products. And another aspect of the use of these compounds makes the wood inaccessible for microorganisms and insects. Hence, the purpose of the study is to examine the effectiveness of a flame retardant based on liquid glass with the use of quartz chips as an additive. Experiments have shown that it is possible to achieve the highest quality flame retardant effect without using expensive and certified products, but by adding quartz chips from 25 to 40%. Based on the conducted studies, it has been found that the lowest mass losses are observed in samples coated with liquid glass with the addition of quartz chips.*

**Keywords:** wood; wood impregnation; samples; flame retardant coatings; quartz chips; fire safety.

**Введение.** Как мы знаем, древесина является ценным материалом для всех видов строительства, а также для декоративной отделки. Однако одним из основных недостатков древесных материалов является их высокая горючесть [1–3]. В связи с повышенными требованиями к пожарной безопасности всех строительных материалов вопрос снижения горючести древесины остается актуальным. Существует множество способов снижения горючести древесных изделий, таких как использование огнезащитных пропиток, добавление антипиренов и разные методы улучшения огнестойкости. Эти новшества прямым путем используются для обеспечения безопасности и снижения возгорания в строительных конструкциях из древесины.

Древесина становится огнестойкой благодаря применению различных типов пропиток, красок и добавок [4–15]. Таким образом, использование этих красок, пропиток, порошков по отдельности позволяет материалам из древесины на некоторое время повысить устойчивость к горению, но если их смешивать в определенных пропорциях, то древесина и изделия из нее становятся еще более устойчивыми к огню [16–20].

Использование материалов из древесины в строительстве требует создания новых и усовершенствования существующих огнезащитных составов. В этой связи проблема обоснования эффективности огнезащитного состава для древесины является актуальной.

*Цель исследования:* изучение эффективности огнезащитного состава на основе жидкого стекла с применением в качестве наполнителя кварцевой крошки.

**Материалы и методика исследования.** Образцы были изготовлены из древесной породы сосны с влажностью порядка 11 % и плотностью от 410 до 540 г/м, в виде брусков с поперечным сечением 30x60 мм и длиной вдоль волокон 150 мм (рис. 1). Данные образцы перед испытаниями высушивались до постоянной массы при температуре 40–45 °С.

Отбор образцов осуществлялся по размерам и с отбраковкой экземпляров с внешними дефектами.



Рис. 1. Образцы древесины

Эксперимент проводился в несколько этапов с использованием методической сетки показателей (табл. 1) и матрицы полного факторного эксперимента с двумя переменными (табл. 2).

Основные этапы проведения:

1. Подготовка оборудования и образцов.
2. Исследование необработанных образцов.

3. Исследование образцов, обработанных жидким стеклом в чистом виде.

4. Исследование образцов, обработанных жидким стеклом с добавлением кварцевой крошки 40 %.

На первом этапе было подготовлено оборудование:

- установка «керамическая труба» (рис. 2);
- весы электронные (рис. 3).



Рис. 2. Керамическая труба



Рис. 3. Электронные весы 3-го класса точности

Для каждого испытания использовалось по 10 образцов, которые были маркированы «1», «2», «3» в зависимости от группы:

Группа «1» — контрольные образцы, не обработанные каким-либо огнезащитным составом, маркированные порядковым номером (1,0 – 1,10).

Группа «2» — образцы, обработанные жидким стеклом в один слой, маркированные порядковым номером (2,1 – 2,10).

Группа «3» — образцы, обработанные в один слой жидким стеклом с добавлением кварцевой крошки 40 %, маркированные порядковым номером (3,1 – 3,10).

Далее контрольные образцы обжигались в специальной установке «керамическая труба» при температуре 200 °С. Образцы после обжига представлены на рис. 4.



Рис. 4. Контрольные образцы после обжига

**Таблица 1.** Методическая сетка эксперимента

Факторы	Значения
Постоянные факторы	
Количество образцов, шт.	По 10
Порода древесины	Сосна
Влажность древесины, %	8...15
Температура окружающей среды, °C	20±2
Способ пропитки	Пропитка + обмазка
Переменные факторы	
Температура пропитки, °C	26 и 41 °C
Способ обработки	Стекло жидким в один слой, один слой (1), жидким стеклом с добавлением кварцевой крошки 25–40 % (2)

**Таблица 2.** Матрица полного факторного эксперимента для двух переменных

Номер опыта			X1	X2
1	+/41*	+/2		
2			-/26	+/2
3			+/41	-/1
4			-/26	-/1

Согласно плану были проведены экспериментальные исследования.

Далее проводилось взвешивание массы образцов. В табл. 3 представлены численные значения массы образцов до и после проведения испытаний, график изменения потери массы представлен на рис. 5.

Компоненты огнезащитного состава — жидкое стекло и кварцевый порошок в качестве наполнителя смешиваются в течение 30 мин до образования однородной массы в специальной стеклянной емкости стеклянной палочкой. Далее при помощи кисти состав наносится на подготовленные образцы древесины. Взвешивание осуществляется после высыхания образцов.

На рис. 6 представлены образцы после сжигания. Все численные данные, полученные после проведения испытания огнем, занесены в табл. 4, 5. Для наглядного наблюдения диапазона значения массы в том или ином

**Таблица 4.** Данные образцов группы «2»

Номер образца	Масса образцов, г			Расход огнезащитного состава, г		Потеря массы образцов	
	до обработки	до испытания	после испытания	стекло жидкое	–	г	%
2,1	138,9	141,4	122,4	6,3	–	19	13,41
2,2	164,1	166	148	5,8	–	18	10,85
2,3	155,2	156,8	135,8	5,9	–	21	13,34
2,4	146,4	150	131	7,6	–	19	12,64
2,5	117,1	120,8	110,8	6,4	–	10	8,22
2,6	127,2	131,3	115,3	7,2	–	16	12,13
2,7	154,4	156,1	130,1	5	–	26	16,62
2,8	130,8	134,3	118,3	7,5	–	16	11,89
2,9	154	157,2	143,2	7,2	–	14	8,94
2,10	166,2	168,1	151,1	6,9	–	17	10,10

испытании представлены графики потери массы образцов на рис. 7, 9.

**Таблица 3.** Данные образцов группы «1»

Номер образца	Масса образца, г		Потеря массы	
	до испытания	после испытания	г	%
1,0	140,2	123,0	17	12,10
1,2	155,0	140,0	15	9,65
1,3	118,7	99,8	19	15,96
1,4	126,5	108,3	18	14,21
1,5	131,4	120,6	11	8,36
1,6	141,6	126,6	15	10,55
1,7	139,4	114,3	25	17,84
1,8	136,8	119,6	17	12,41
1,9	128,7	110,6	18	13,94
1,10	151,1	130,1	21	13,86



**Рис. 5.** График потери массы образцов «1»



**Рис. 6.** Образцы «2» после обжига

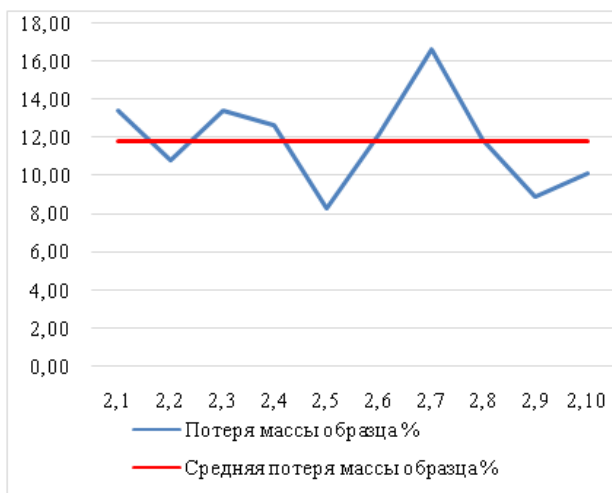


Рис. 7. График потери массы образцов «2»

На втором этапе образцы «3» были подготовлены аналогично предыдущим исследованиям.

На рис. 8 представлены образцы после сжигания.

Таблица 5. Данные образцов группы «3»

Номер образца	Масса образцов, г			Расход огнезащитного состава, г		Потеря массы образцов	
	до обработки	до испытания	после испытания	стекло жидкое	кварцевая крошка	г	%
3,1	129,3	132,7	123,7	4,64	1,16	9	6,6
3,2	146,2	147,8	133,8	4,13	1,03	14	9,0
3,3	164,1	156	144	3,21	0,81	12	7,7
3,4	158,2	159,7	149,7	5,44	1,33	10	6,2
3,5	120,4	123	116	4,11	1,09	7	5,6
3,6	152,1	153,5	135,5	4,16	1,04	18	11,4
3,7	133,2	137,1	126,1	5,52	1,39	11	8,1
3,8	151,1	153,9	137,9	5,59	1,38	16	10,1
3,9	142,3	146,2	136,2	4,04	1,06	10	6,7
3,10	146,5	148,8	140,8	5,61	1,42	8	5,3

По результатам испытаний образцов группы 2 и 3 построен график зависимости потери массы в процентах, который представлен на рис. 10.



Рис. 10. График зависимости потери массы образцов с нанесенным составом

**Выводы.** На основе метода корреляционного анализа представлены расчеты корреляционной зависимости табл. 7 и 8, а также расчеты по формуле (1):

$$R_n = 1 - 6 \cdot \frac{\sum d^2}{N \cdot (N^2 - 1)}, \quad (1)$$



Рис. 8. Образцы «3» после обжига

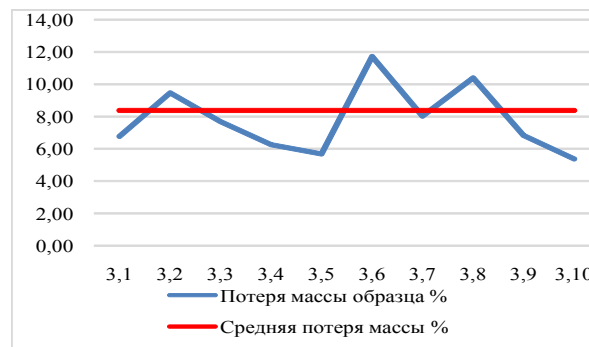


Рис. 9. График потери массы образцов «3»

где N — отображает количество ранжируемых признаков; n — обозначение или номер исследуемого образца; d — разность между рангами по двум переменным; 6 — постоянный коэффициент;  $\sum d^2$  — сумма квадратов разностей рангов с последующим интерпретированием зависимости огнестойкости от нанесенного количества и слоев жидкого стекла и количества кварцевой крошки, ссылаясь на табл. 6.

Таблица 6. Зависимость силы связи от значения коэффициента корреляции

Значение по модулю	Интерпретация
от 0,7 до 1	сильная
от 0,3 до 0,699	средняя
от 0 до 0,299	слабая
0	переменные линейно независимы друг от друга

**Таблица 7.** Нахождение корреляционной зависимости образцов «2»

Номер образца	Жидкое стекло, $\varepsilon$	Присвоенный ранг	Потеря массы, %	Присвоенный ранг	d	D2
2,1	6,3	4	13,44	8	-4	16
2,2	5,8	2	10,84	4	-2	4
2,3	5,9	3	13,39	9	-6	36
2,4	7,6	10	12,67	6	4	16
2,5	6,4	5	8,28	1	4	16
2,6	7,2	8	12,19	7	1	1
2,7	5,0	1	16,66	10	-9	81
2,8	7,5	9	11,91	5	4	16
2,9	7,2	7	8,91	2	5	25
2,10	6,9	6	10,11	3	3	9

$$R_2 = 1 - \frac{6 \cdot 220}{10 \cdot (10^2 - 1)} = 1 - 1,33;$$

$$R_2 = |-0,33| = 0,33.$$

Полученное значение соответствует средней зависимости.

**Таблица 8.** Нахождение корреляционной зависимости образцов «3»

Номер образца	Кварцевая крошка, г	Присвоенный ранг	Потеря массы, %	Присвоенный ранг	d	D2
3,1	1,16	6	6,78	4	2	4
3,2	1,04	3	9,47	7	-4	16
3,3	0,81	1	7,69	10	-9	81
3,4	1,33	7	6,26	3	4	16
3,5	1,09	5	5,69	2	3	9
3,6	1,03	2	11,73	9	-7	49
3,7	1,39	9	8,02	6	3	9
3,8	1,06	4	10,40	8	-4	16
3,9	1,34	8	6,84	5	3	9
3,10	1,42	10	5,38	1	9	81

$$R_3 = 1 - \frac{6 \cdot 290}{10 \cdot (10^2 - 1)} = 1 - 1,75;$$

$$R_3 = |-0,75| = 0,75.$$

Полученное значение соответствует сильной зависимости.

Для того чтобы выяснить, какой из методов наиболее рационален для дальнейшего применения, составляется матрица соответствия. В табл. 9 приведена матрица полезности того или иного метода, где каждому методу присвоен порядковый номер от 1 до 3, где «1»

**Таблица 9.** Условные коэффициенты полезности методов

Метод	Затрата ресурсов	Эффективность	Однородность	Сумма	Коэффициент ранговой корреляции, $R$	Зависимость силы связи
2	1	2	3	6	0,33	средняя
3	1	2	3	6	0,75	сильная

**Заключение.** Из данных, полученных в результате исследования, следует:

1. Испытуемые образцы, обработанные жидким стеклом с добавлением кварцевой крошки, показали значительное увеличение огнезащитных свойств по сравнению с образцами, обработанными без каких-либо добавок, при одинаковом расходе.

— это благоприятный вариант, «2» — менее благоприятный вариант, «3» — неблагоприятный вариант. Сравниваем образцы по следующим критериям:

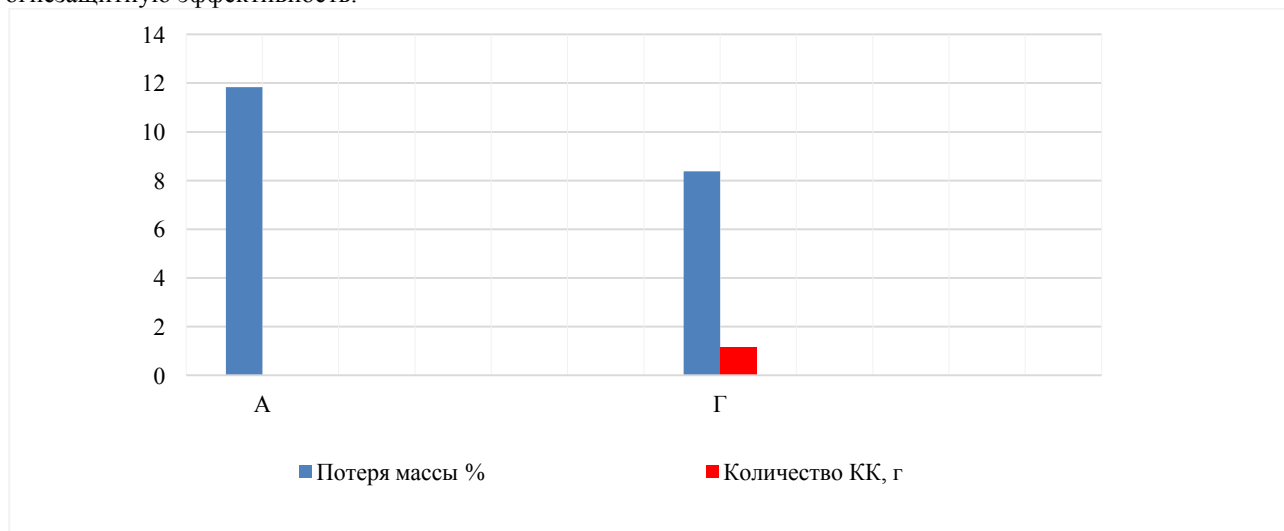
1. Затраты, которые подразумевают время, расход материала, трудоемкость и экономические факторы;
2. Эффективность, это наименьшая потеря массы после испытания;
3. Однородность, это в минимальном диапазоне разностей наибольшей и наименьшей потерь массы.

Это говорит о том, что можно добиться наиболее качественного огнезащитного эффекта путем добавления кварцевой крошки от 25–40 %.

2. Разница в потере массы с самым результативным и менее эффективным методом составляет 8,8 %, а разница в расходных материалах по средним значениям — 7,9 г жидкого стекла и 3,6 г кварцевой крошки.

Таким образом, в некоторых случаях возможно применение иных рассмотренных методов, а именно при наличии или отсутствии материала, времени и прочих ресурсов. Все рассмотренные методы могут так или иначе повысить огнезащиту древесины. На рис. 11 показано влияние содержания наполнителя, добавляемого в жидкое стекло в виде кварцевого порошка, на огнезащитную эффективность.

На представленном графике видно, что увеличение содержания кварцевой крошки в жидком стекле оказывает влияние на показатели потери массы. Улучшение показателя по потере массы начинается с 25%-го содержания кварцевой крошки в составе, а увеличение в составе кварцевой крошки до 40 % показывает наилучшую огнезащитную эффективность.



**Рис. 11.** Влияние количественного содержания кварцевой крошки в огнезащитном составе на основе жидкого стекла на огнезащитную эффективность образцов древесины

3. На первом этапе испытаний были подготовлены компоненты для огнезащитного состава и образцы, на которые наносился подобранный состав. На втором этапе был проведен эксперимент, по результатам которого удалось определить, что эксперимент был проведен ус-

пешно. Подобранный огнезащитный состав был отнесен к I группе огнезащитной эффективности. Установлено, что при температуре 26 °С у всех образцов коэффициент поглощения состава средний, а при температуре 41 °С — наилучший.

#### Литература

- Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я., Михайлов Д.С., Ушков В.А., Филин Л.Г. Пожарная опасность строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. 380 с.
- Газизов А.М., Колесник А.А., Яппарова Р.У. Увеличение огнезащиты древесины путём обоснования режимов пропитки // Нефтегазовое дело. 2022. № 6. С. 20-29.
- 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, 2018. С. 73-76.
- Нигматуллина Д.М., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б., Стенина 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., 2017. 236 с.
- 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.
- Schrunk Thomas R. An Introduction to Veneering // Fine woodworking magazine. 2010. № 1. P. 3.
- Wei Cheng, Ping Liang, Suqun Cao. Texture Detect on Rotary-Veneer Surface Based on Semi-Fuzzy Clustering Algorithm. Wood science and technology, 2010. P. 369-374.
- Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Форум, 2010. 416 с.
- 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, 2016. С. 58-60.
- Куликов В.А. Производство фанеры. М.: Лесная промышленность, 1976. 267 с.
- Михеев И.И., Воронов В.А., Любченко В.И., Симонов А.С. Производство лущеного и строганого шпона. 2-е изд., перераб. М.: Высш. школа, 1975. 208 с.
- Чернышева В.А., Швамм Е.Е., Бурко Л.В. Физические и механические свойства древесины. Екатеринбург, 1995. 25 с.
- Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности: в 3-х ч. / под ред. А.А. Пижурин. М., 1972. Ч. 2. 48 с.

17. Пижурин А.А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: МГУЛ, 2005. 305 с.
18. Комиссаров А.П. Способ прогрева древесного сырья: авт. свид. 289913, СССР, МПК В27К 1/00; заявл. 10.07.1968; опубл. 22.12.1970, Бюл. № 2.
19. Комиссаров А.П. Способ пропарки чураков в ненасыщенном паре: авт. свид. 291787, СССР, МПК В27К 1/00; заявл. 18.11.1969; опубл. 06.01.1971, Бюл. № 4.
20. Комиссаров А.П. Способ обработки древесины: авт. свид. 338371, СССР, МПК В27К 5/00; заявл. 20.11.1970; опубл. 15.05.1972, Бюл. № 16.
8. Nigmatullina D.M., Sivenkov A.B., Polishchuk E.Yu., Stenina E.I., Balakin V.M. Physico-mechanical and fire-hazardous properties of wood with deep impregnation fire-protective compounds // *Fire & Explosion Safety*. 2017. V. 26, № 6. P. 43-51.
9. Schrunk Thomas R. An Introduction to Veneering // *Fine woodworking magazine*. 2010. № 1. P. 3.
10. Wei Cheng, Ping Liang, Suqun Cao. Texture Detect on Rotary-Veneer Surface Based on Semi-Fuzzy Clustering Algorithm. *Wood science and technology*, 2010. P. 369-374.
11. Rasev A.I., Kosarin A.A. Hydrothermal treatment and preservation of wood. M.: Forum, 2010. 416 p.
12. Gazizov A.M., Kuznecova O.V. Investigation of modes of thermal processing of raw materials before peeling // *Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzhment XXI veka: tr. XI Mezhdunar. evrazijskogo simpoziuma (20-23 sent. 2016 g.)*. Ekaterinburg, 2016. P. 58-60.
13. Kulikov V.A. Production of plywood. M.: Lesnaya prom-st', 1976. 267 p.
14. Miheev I.I., Voronov V.A., Lyubchenko V.I., Simonov A.S. Production of peeled and planed veneer. 2-e izd., pererab. M.: Vyssh. shkola, 1975. 208 p.
15. Chernysheva V.A., Shvamm E.E., Burko L.V. Physical and mechanical properties of wood. Ekaterinburg, 1995. 25 p.
16. Methods of planning experiments and processing of their results in the study of technological processes in the timber and woodworking industry: v 3-h ch. / pod red. A.A. Pizhurina. M., 1972. Ch. 2. 48 p.
17. Pizhurin A.A. Fundamentals of scientific research in woodworking. M.: MGUL, 2005. 305 p.
18. Komissarov A.P. Method of heating wood: avt. свид. 289913, SSSR, MPK V27K 1/00; yayavl: 10.07.1968; opubl. 22.12.1970, Byul. № 2.
19. Komissarov A.P. The method of steaming churaks in unsaturated steam: avt. свид. 291787, SSSR, MPK V27K 1/00; yayavl. 18.11.1969; opubl. 06.01.1971, Byul. № 4.
20. Komissarov A.P. Method of processing wood: avt. свид. 338371, SSSR, MPK V27K 5/00; yayavl. 20.11.1970; opubl. 15.05.1972, Byul. № 16.

#### References

1. Baratov A.N., Andrianov R.A., Korol'chenko A.Ya., Mihajlov D.S., Ushkov V.A., Filin L.G. Fire danger of building materials. M.: Strojizdat, 1988. 380 p.
2. Gazizov A.M., Kolesnik A.A., Yapparova R.U. Increase in fire protection of wood by substantiating impregnation modes // *Petroleum Engineering*. 2022. № 6. P. 20-29.
3. Gazizov A.M., Hazipov A.M., Myalicin A.V. Increase in fire retardant properties of wood by impregnation with flame retardant // *Petroleum Engineering*. 2022. № 6. P. 7-19.
4. Gazizov A.M., Burhanov A.A. Reduction of fire hazard of wood products by treatment with flame retardant compositions // *Petroleum Engineering*. 2022. № 5. P. 55-66.
5. Gazizov A.M., Sinegubova E.S., Kuznecova O.V. The study of fire resistance of composite materials // *Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzhment HHI veka: materialy HHI Mezhdunar. evrazijskogo simpoziuma (18-21 sent. 2018 g.)*. Ekaterinburg, 2018. P. 73-76.
6. Nigmatullina D.M., Polishchuk E.Yu., Sivenkov A.B., Stenina E.I., Balakin V.M. Fire risk of wooden structures with deep impregnation with firebioprotective compositions // *Technosphere security technology*. 2017. № 3 (73). P. 64-71.
7. Anohin E.A. Increasing the fire hazard class of wooden structures of long service life: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2017. 236 p.