

Д. т. н. **А. П. Савельев**¹, к. э. н. **М. Н. Чугунов**¹, к. т. н. **С. А. Еналеева**¹,
д. т. н. **И. Н. Кравченко**^{2,3} (✉)

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Россия

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Россия

³ ФГБУН «Институт машиноведения имени А. А. Благоднарова Российской академии наук» (ИМАШ РАН), Москва, Россия

УДК 667.636.42:[546.284-31+666.683.3-404

СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ОГНЕУПОРНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОРАЗМЕРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Приведены результаты исследований эффективного применения наноструктурного наполнителя и одно- и (или) двухслойного нанесения огнезащитного состава на древесину. Установлено, что натриевое жидкое стекло является наиболее эффективным связующим при получении огнеупорных защитных покрытий для строительных конструкций. Предложенный огнестойкий состав из натриевого жидкого стекла и высшего оксида кремния можно отнести к группе I огнезащитной эффективности.

Ключевые слова: огнеупорный состав, огнезащитная эффективность, наноразмерный наполнитель, натриевое жидкое стекло, диоксид кремния.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» целью создания системы противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничения его последствий. В зданиях степеней огнестойкости I и II для обеспечения требуемого предела огнестойкости несущих элементов здания, отвечающих за его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре, следует применять конструктивную огнезащиту [1–6]. На сегодняшний день на рынке имеется большое количество огнеупорных составов, разделяющихся по типам материала, способам обработки и условиям применения. Что касается обрабатываемого материала, то средства в основном делятся по сегментам, ориентированным на древесину, металлы, железобетон, кабели, текстиль и др. Однако и внутри этих групп имеются свои разновидности, которые основываются на конкретных характеристиках обрабатываемого материала.

Цель настоящих исследований — обоснование эффективного огнеупорного покрытия для древесины и технологических особенностей его нанесения. На основании анализа данных [7–13] и результатов исследований за многолетний период [14–17] можно сделать вывод, что, несмотря на наличие большого многообразия огнеупорных средств и материалов, поиск новых, наиболее эффективных и приемлемых по цене продолжается.

Все изученные огнеупорные составы имеют единую схему выбора состава: обоснование и выбор связующего вещества; обоснование и выбор наполнителя. При обосновании и выборе связующего особое внимание акцентируется на его уровне адгезии, незначительном дымообразовании, токсичности, сохранении физико-механических свойств в широком температурном и влажностном диапазоне. При обосновании и выборе наполнителя необходимо учитывать его незначительную усадку и сохранение физико-химических свойств и пластичности в широком температурном диапазоне, водостойкость, долговечность, наличие антипиренов.

В качестве связующего вещества авторы настоящей статьи использовали натриевое жидкое стекло, которое широко распространено в промышленности [18]. Натриевое жидкое стекло обладает достаточно хорошей адгезией, выступает в качестве гидрофобизатора, антистатика,



И. Н. Кравченко
E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

отвердителя и антипирена, а также длительное время сохраняет физико-химические свойства и пластичность в широком температурном диапазоне [19]. При повышении температуры происходит вспучивание жидкого стекла, что увеличивает его огнезащитную эффективность. Все эти свойства доказывают, что жидкое натриевое стекло подходит в качестве основного компонента для разрабатываемого огнеупорного состава.

В качестве наполнителя использовали высший оксид кремния, который имеет высокую прочность, тугоплавкость, водостойкость, долговечность, устойчив к воздействию кислорода и разных кислот [20], а также к воздействию огня [21], что позволяет использовать его в качестве отвердителя в разрабатываемом огнеупорном средстве. Кроме того, диоксид кремния является наноструктурным наполнителем, что обеспечивает создание более однородной структуры состава и увеличение срока службы огнеупорного покрытия.

С учетом обоснования и выбора связующего и наполнителя авторы настоящей статьи эмпирическим путем получили состав огнеупорного покрытия, который включает 5,5–6,5 % диоксида кремния, остальное — жидкое стекло. Составу присвоено наименование SAPSHUG. Основная цель исследований состояла в определении группы огнезащитной эффективности состава при тепловом воздействии в зависимости от количества нанесенных слоев. Подготовку и испытание образцов проводили в соответствии с ГОСТ Р 53292–2009. После подготовки образцы взвешивали на электронных весах. Результаты взвешивания указаны в табл. 1.

Исходные компоненты смешивали в стеклянной емкости при помощи стеклянной палочки. Отмеренное количество диоксида кремния порционно вводили в отмеренное количество жидкого стекла. Состав перемешивали в течение 30 мин до образования однородной массы и наносили на все образцы. После высыхания образцы взвешивали. Результаты взвешивания приведены в табл. 2. Через 48 ч после нанесения одного слоя огнеупорного состава на десяти отобранных образцах кистью был нанесен второй слой состава. Образцы после нанесения одного и двух слоев состава показаны на рис. 1.

Исходные компоненты смешивали в стеклянной емкости при помощи стеклянной палочки. Отмеренное количество диоксида кремния порционно вводили в отмеренное количество жидкого стекла. Состав перемешивали в течение 30 мин до образования однородной массы и наносили на все образцы. После высыхания образцы взвешивали. Результаты взвешивания приведены в табл. 2. Через 48 ч после нанесения одного слоя огнеупорного состава на десяти отобранных образцах кистью был нанесен второй слой состава. Образцы после нанесения одного и двух слоев состава показаны на рис. 1.

Таблица 1. Масса образцов до испытания

Номер образца	Масса образца до нанесения одного слоя, г	Масса образца после нанесения двух слоев, г
2	119,67	108,52
3	121,41	112,03
4	120,85	112,41
5	122,54	109,61
6	120,96	111,04
7	119,34	110,73
8	119,83	109,86
9	122,64	108,97
10	121,08	110,51

Таблица 2. Масса образцов после нанесения одного и двух слоев огнеупорного состава

Образцы, покрытые одним слоем			Образцы, покрытые двумя слоями		
номер образца	масса образца, г		номер образца	масса образца, г	
	через 24 ч	через 48 ч		через 24 ч	через 48 ч
1	130,06	129,13	1	120,31	119,58
2	127,51	125,89	2	117,77	117,06
3	129,99	128,37	3	120,89	120,08
4	129,21	128,11	4	121,58	120,91
5	130,37	129,72	5	119,36	118,64
6	128,06	126,75	6	121,01	120,13
7	126,60	125,95	7	120,11	119,36
8	126,92	125,24	8	118,94	118,02
9	131,28	130,66	9	118,03	117,25
10	131,04	129,97	10	119,96	118,92



Рис. 1. Образцы после нанесения одного (а) и двух слоев (б) огнеупорного состава

Таблица 3. Масса образцов до и после испытания

Образцы, покрытые одним слоем		Образцы, покрытые двумя слоями	
номер образца	масса образца*, г	номер образца	масса образца*, г
1	128,76/124,83	1	121,66/117,69
2	124,45/120,17	2	118,05/115,13
3	127,29/123,94	3	122,14/119,13
4	127,32/124,03	4	122,49/119,58
5	128,47/124,58	5	120,29/117,31
6	127,58/123,35	6	122,57/119,29
7	124,72/120,33	7	121,22/118,75
8	124,06/120,39	8	119,97/116,53
9	129,43/124,59	9	118,93/115,78
10	128,24/127,97	10	120,78/117,57

* В числителе --- до испытания, в знаменателе --- после испытания.

Таблица 4. Потери массы испытуемых образцов

Образцы, покрытые одним слоем		Образцы, покрытые двумя слоями	
номер образца	P_i , %	номер образца	P_i , %
1	-2,3	1	-5,3
2	-0,4	2	-6,1
3	-2,1	3	-6,3
4	-2,6	4	-6,4
5	-1,7	5	-7,0
6	-1,9	6	-7,4
7	-0,8	7	-7,2
8	-0,5	8	-6,1
9	-1,6	9	-6,2
10	-2,4	10	-6,4
P_{cp} , %	-1,63	P_{cp} , %	-6,44



Рис. 2. Образцы после испытания

Через 48 ч после нанесения второго слоя состава все образцы взвешивали. Масса образцов до и после испытания приведена в табл. 3.

Некоторые образцы после испытания показаны на рис. 2. Огнеупорный состав, которым покрывали образцы, при воздействии высокой температуры вспучивается, сдерживая тем самым распространение огня и повышение температуры.

Потери массы испытуемых образцов P_i , %, определяли в соответствии с ГОСТ Р 53292–2009, результаты приведены в табл. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснованный состав огнеупорного покрытия для древесины включает 5,5–6,5 % диоксида кремния, остальное — жидкое стекло. Состав прошел испытания по стандартной методике на деревянных образцах. При этом потери массы

каждого образца не превышали 9 %, что позволяет отнести предлагаемый огнеупорный состав к группе I огнезащитной эффективности. Применение состава не вызовет затруднений с точки зрения доступности и стоимости исходных компонентов.

Библиографический список

1. **Корольченко, А. Я.** Средства огнезащиты : справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. — М. : ПожНаука, 2006. — 258 с.
2. **Афанасьев, С. В.** Теория и практика огнезащиты древесины и древесных изделий : монография / С. В. Афанасьев, В. М. Балакин. — Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2012. — 38 с.
3. **Макишев, Ж. К.** Огнестойкость деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации / Ж. К. Макишев, А. Б. Сивенков // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 3. — С. 34–44.

4. **Белых, С. А.** Разработка состава и способа получения огнезащитного материала для древесины на основе силикатнатриевых композиций / С. А. Белых, Ю. В. Новоселова // Системы. Методы. Технологии. — 2015. — № 4 (28). — С. 124–132.

5. **Полищук, Е. Ю.** Нормативные требования к огнезащите древесины и экспертная оценка ее качества / Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. П. Бирюков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2016. — № 2. — С. 77–80.

6. **Белых, С. А.** Обоснование выбора сырьевых компонентов при получении огнезащитного материала для древесины на основе жидкого стекла / С. А. Белых, Ю. В. Новоселова // Избранные доклады II международной научной конференции «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2015)». — Томск: Томский гос. архитектурно-строительный ун-т, 2016. — С. 183–188.

7. Пат. 2272057 Российская Федерация, МПК С 09 D 133/00, С 09 D 5/18, С 09 K 21/14. Состав для получения огнезащитных покрытий / Назаренко В. А., Костилов С. В., Симаков С. Ф., Андреев С. В. — № 2004125101/04; заявл. 18.08.2004; опубл. 20.03.2006, Бюл. № 8.

8. Пат. 2379322 Российская Федерация, МПК С 09 D 183/04, С 09 D 183/06, С 09 D 5/18, С 09 D 5/14. Композиция для огне- и биозащиты древесины / Катанаев А. И., Миргазитова Р. С. — № 2008130264/04; заявл. 21.07.2008; опубл. 20.01.2010, Бюл. № 2.

9. Пат. 2467040 Российская Федерация, МПК С 09 D 005/18, С 09 K 021/02, С 09 K 021/00, С 09 D 001/06, С 04 В 028/26. Сырьевая смесь для огнезащитного покрытия / Васильевская Н. Г., Енджиевская И. Г., Слакова О. В., Авсиевич И. П. — № 2011141404/05; заявл. 12.10.2011; опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32.

10. Пат. 2458951 Российская Федерация, МПК С 09 D 5/18, В 82 В 1/00. Состав для огнезащитного покрытия с использованием наноксид алюминия / Петров В. В., Тютина Е. А., Шпилева А. А., Захарова Н. В., Бердников Н. В., Денисенко Д. С., Грачева О. А. — № 2011109969/05; заявл. 16.03.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.

11. Пат. 2458964 Российская Федерация, МПК С 09 K 21/14, С 09 D 163/02, С 08 K 13/02. Состав для получения огнезащитного покрытия / Годунов И. А., Кузнецов Н. Г., Овчинников В. Н., Авдеев В. В. — № 2011112300/05; заявл. 31.03.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.

12. Пат. 2499809 Российская Федерация, МПК С 09 D 5/18, С 04 В 14/42. Состав для изготовления огнезащитного покрытия / Емельянова О. Н.,

Кудрявцева Е. П., Большакова А. Н., Санду Р. А. — № 2012133432/05; заявл. 06.08.2012; опубл. 27.11.2013, Бюл. № 33.

13. Пат. 2523825 Российская Федерация, МПК С 09 K 21/04, С 01 В 25/38. Огнезащитный состав и способ его получения / Миронович И. М., Луговская Н. И. — № 2011132974/05; заявл. 08.08.2011; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21.

14. **Анохин, Е. А.** Пожарная опасность ограждающих деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации / Е. А. Анохин, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 10. — С. 30–40.

15. **Зыбина, О. А.** Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях / О. А. Зыбина, И. Е. Якунина, О. Э. Бабкин [и др.] // Лакокрасочные материалы и их применение. — 2014. — № 12. — С. 30–33.

16. **Кулаков, В. С.** Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (МАРКА 1) / В. С. Кулаков, Н. Н. Крашенинникова, А. Б. Сивенков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 3. — С. 31–38.

17. **Недвига, Е. С.** Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия / Е. С. Недвига, К. И. Соловьева, С. С. Киселев // Молодой ученый. — 2015. — № 24. — С. 127.

18. Жидкое стекло [сайт информ.-правовой компании]. — [М., 2021]. — Режим доступа: <https://stroitelinfo.ru/zhidkoe-steklo-primenenie-vidy-svoystva>.

19. **Давыденко, Н. В.** Повышение водостойкости жидкого стекла, применяемого в качестве вяжущего при производстве теплоизоляционных костросоломенных плит / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. — 2015. — № 8. — С. 71–75.

20. Диоксид кремния [сайт информ.-правовой компании]. — [М., 2021]. — Режим доступа: http://chemistlab.ru/publ/k/kremnija_dioksid/10-1-0-605.

21. **Архипов, В. А.** Влияние двуоксида кремния на характеристики горения смесевых композиций / В. А. Архипов, Т. И. Горбенко, Б. В. Певченко, Л. А. Савельева // Химическая физика и мезоскопия. — 2014. — Т. 16, № 2. — С. 177–183. ■

Получено 01.03.21

© А. П. Савельев, М. Н. Чугунов, С. А. Еналеева, И. Н. Кравченко, 2021 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ИССМС 2022 — МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КЕРАМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ И КОМПОНЕНТАМ

7–8 февраля 2022 г. Амстердам, Нидерланды



www.waset.org