

Разработка состава и способа получения огнезащитного материала для древесины на основе силикат-натриевых композиций

С.А. Белых^а, Ю.В. Новоселова^б

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^аsveta.belyh@mail.ru, ^бzaika21@mail.ru

Статья поступила 11.10.2015, принята 16.11.2015

Представлены результаты исследований по разработке состава и способа получения огнезащитного покрытия для древесины на основе жидкого стекла и местных сырьевых ресурсов. Полученная огнезащитная композиция позволяет обеспечить пористое покрытие с повышенной адгезионной прочностью, вспучивающееся при воздействии высоких температур и соответствующее нормам I группы огнезащитной эффективности. Огнезащитные свойства данной сырьевой смеси проявляются за счет увеличения толщины слоя и изменения теплофизических характеристик при интенсивном тепловом воздействии в условиях пожара. Коэффициент вспучивания огнезащитной композиции при огневом воздействии составил до 10-15 раз. Использование в качестве наполнителя черных сланцев, которые отличаются меньшей стоимостью по сравнению с существующими аналогами, позволит расширить номенклатуру и удешевить устройство огнезащиты различных деревянных конструкций. Показано, что жидкое стекло из микрокремнезема, приготовленное по низкотемпературной технологии, является эффективным связующим при получении огнезащитного материала для древесины, обеспечивая соответствие I группе огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363-98. Расход композиции при толщине покрытия 0,2-0,3 мм составляет 0,35-0,5 кг/м².

Ключевые слова: огнезащитное покрытие; огнезащитная эффективность; адгезия; жидкое стекло; микрокремнезем; черные сланцы; коэффициент вспучивания.

Development of the structure and the way of receiving a fireproof covering for wood based on silicate and sodium compositions

S.A. Belych^а, Yu.V.Novoselova^б

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^аsveta.belyh@mail.ru, ^бzaika21@mail.ru

Received 11.10.2015, accepted 16.11.2015

The research results have been presented in the article on development of the structure and the way of receiving a fireproof covering for wood based on liquid glass and local raw material resources. The fireproof composition received allows providing a porous covering with the increased adhesive durability, expanding under the influence of high temperatures and providing the first group of the fireproof efficiency. Fireproof properties of this raw mixture have appeared by means of increasing the layer's thickness and changing thermal characteristics under intensive thermal influence during a fire. The coefficient of expanding for the fireproof composition during a fire has been up to 10-15 times. By using black shales as a filler, which is cheaper in comparison with the existing analogs, it allows broadening the nomenclature and reducing the price of fireproof procedures for various wooden structures. It has been shown that the liquid microsilica glass prepared under the low-cost technology is effective when receiving a fireproof material for wood and provide the first group of the fireproof efficiency in accordance with GOST 16363-98. The consumption of the composition is 0.35-0.5 kg/sq.m under the thickness of 0.2-0.3 mm.

Key words: fireproof covering; fireproof efficiency; adhesion; liquid glass; microsilica; black shales; coefficient of expanding.

Введение. Одной из важнейших задач в строительстве является разработка эффективных, с высокими эксплуатационными показателями, экологически безопасных огнезащитных материалов для древесины. Разработки огнезащитных древесных материалов в широких промышленных масштабах остаются нереализованными, что связано с недостаточной эффективностью известных технических решений. Проблема охватывает вопросы взаимодействия антипирена с древесинным веществом, включая технологические аспекты огнезащиты, экологические требования, вопросы обеспечения долговечности и соот-

ветствия материала нормативным требованиям пожарной безопасности [1–3].

Для предупреждения возгорания необходимо создать условия, исключающие превышение температуры прогрева древесины над температурой воспламенения. Этот температурный интервал находится в пределах 200-250 °С [4–5]. Таким образом, для защиты древесины от возгорания необходимо разработать такие материалы, которые будут оказывать огнезащитное воздействие, сдерживающее развитие процессов горения до температуры воспламенения древесины.

Важными аспектами при разработке огнезащитных составов для древесины выступают технологичность их изготовления, а также доступность и дешевизна исходного сырья. Одним из направлений решения этой задачи является вовлечение в производство вторичных минеральных ресурсов. В Братске и регионе накоплен ряд крупнотоннажных отходов промышленности, которые обладают стабильным химическим составом и физическими свойствами, определяющими основные направления их применения [3; 6].

Использование местных сырьевых ресурсов позволит расширить номенклатуру и снизить стоимость огнезащитных композиций за счет применения доступных компонентов, эксплуатационные показатели которых не уступают, а иногда и превосходят свойства традиционно применяемых материалов.

Целью исследования является разработка состава и способа получения огнезащитного материала для древесины на основе жидкого стекла и местных сырьевых ресурсов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Оценить возможность получения эффективных огнезащитных покрытий для древесины с использованием местных сырьевых ресурсов.
2. Выбрать сырье, пригодное для огнезащитных покрытий.
3. Разработать и оптимизировать составы огнезащитной композиции для древесины.
4. Научно обосновать количественное и вещественное содержание компонентов огнезащитных покрытий.
5. Изучить огнезащитную способность и в целом эффективность обработанной новыми средствами древесины.

Методы и материалы исследований. Многолетняя практика показывает, что жидкое стекло является наиболее распространенным и широко используемым связующим для огнезащитных составов, соответствует всем требованиям по экологии, сырьевой обеспеченности и возможности применения низкотемпературных технологий [7]. При температурном воздействии жидкое стекло образует вспучивающийся пенный слой с низкой теплопроводностью, что позволяет в совокупности со специальными добавками получить определенный уровень огнезащитных свойств [9].

В качестве связующего при производстве огнезащитных покрытий для древесины в одной серии экспериментов использовали жидкое стекло из силикат-глыбы, полученное по ГОСТ 13078-81, в другой серии — жидкое стекло из микрокремнезема, изготовленное по низкотемпературной технологии путем растворения микрокремнезема в растворе щелочи. Для модификации жидкого стекла при варке использовали добавку тонкомолотого кварцевого песка, что позволило значительно улучшить свойства исследуемого материала. При расчете состава жидкого стекла 10 % микрокремнезема заменили тонкомолотым кварцевым песком. Песок предварительно высушен и измельчен до остатка 50 % на сите № 008. Таким образом удалось повысить активность и, следовательно, растворимость минеральной составляющей жидкого стекла, что положительно повлияло на адгезионную способность огнезащитной композиции. Использовали жидкое стекло

с силикатным модулем $n = 3$ и плотностью $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$ как обеспечивающими наилучшие показатели огнезащитной эффективности [8; 9].

Микрокремнезем — это многотоннажный отход производства кристаллического кремния на Братском заводе ферросплавов (ООО «БЗФ»). Образуется в результате осаждения на этапе системы газоочистки плавильных печей производства кристаллического кремния. Среднегодовое количество микрокремнезема, образующегося на ООО «БЗФ» при производстве ферросилиция, составляет около 11 500 т в сухом весе, из которых в настоящее время 750 т реализуется, остальное — складывается на шламонакопителе [10]. Микрокремнезем представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы.

На основе лабораторных экспериментов установлена эффективность черных сланцев как огнестойкого наполнителя при получении огнезащитного покрытия для древесины [1–3; 6; 9–11]. Известно, что кристаллические сланцы применяются в качестве строительного материала, а также огнеупорного сырья. Ранее проведенные исследования продемонстрировали вспучиваемость данного материала при обжиге, что имеет положительный эффект при создании огнезащитной композиции для древесины. Черные сланцы являются сопутствующей породой, получаемой при добыче золота в центральной части Ленского золоторудного района, приблизительно в 850 км от Иркутска [11]. Черные сланцы представлены большим количеством проб с различным содержанием органических веществ и различным химическим составом. Для усреднения состава все пробы смешаны в равных пропорциях. Химический, минералогический состав черных сланцев, а также наличие данного материала в нашем регионе позволяют использовать его как ценный наполнитель при получении огнестойкой композиции. Данный материал предварительно высушен и измельчен до остатка 40 % на сите № 008.

При разработке огнезащитной композиции большое внимание уделено достижению оптимальной адгезионной прочности, что позволило обеспечить покрытие различных деревянных поверхностей — как гладких, так и шероховатых, со всеми выступами и неровностями — без предварительной подготовки [11]. Смачивание древесины — это необходимое условие для ее взаимодействия с нанесенным покрытием. При растекании молекулы раствора взаимодействуют с молекулами твердого тела (древесины) сильнее, чем между собой. Если же молекулы раствора взаимодействуют друг с другом значительно сильнее, чем с молекулами твердого тела (древесины), то растекания не произойдет. Основные свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ) заключаются в том, что их молекулы способны адсорбироваться на поверхности раздела фаз, снижая поверхностное натяжение и, следовательно, повышая адгезионную прочность [11]. Взаимодействие между молекулами ПАВ и молекулами раствора всегда меньше взаимодействия между молекулами раствора, поэтому ПАВ будут преимущественно вытесняться из объема раствора на поверхность. В результате накопления на поверхности молекул этих веществ, слабо взаимодействующих друг с другом, межмолекулярное

взаимодействие в поверхностном слое уменьшается, и поверхностное натяжение снижается, что способствует повышению адгезионной прочности.

Таблица 1

Химический состав сырьевых компонентов (масс. %)

Содержание	Микрокремнезем	Черные сланцы
SiO ₂	86,76	59,1
Fe ₂ O ₃	0,95	2,75
Al ₂ O ₃	0,78	16,55
CaO	0,33	1,83
Na ₂ O	0,75	1,45
K ₂ O	1,73	2,6
MgO	1,50	3,15
Влага	0,31	–
ппп	1,57	–
TiO ₂	–	0,95
FeO	–	4,6
MnO	–	0,09
P ₂ O ₅	–	0,21
CO ₂	–	2,6

В качестве добавки ПАВ использовали пенообразователь «ПО-6», применяемый в пожаротушении (ТУ 0258-148-05744685-98). «ПО-6», биоразлагаемый пенообразователь целевого назначения с повышенной огнезащитной способностью, представляет собой состав водного раствора триэтаноламиновых солей первичных алкилсульфатов со стабилизирующими добавками.

Все сырьевые компоненты соответствуют требованиям нормативных документов для использования в строительных материалах.

Для проведения исследований изготовлены экспериментальные образцы древесины сосны размером 30 x 60 x 150 мм, предварительно высушенные до постоянной массы. Огнезащитное покрытие наносили на поверхность деревянных образцов с помощью малярной кисти. На рис. 1 представлены образцы древесины, покрытые огнезащитным составом в три слоя с интервалом в 20 мин. Условную вязкость состава сырьевой смеси определяли в лабораторных условиях, используя вискозиметр для определения вязкости лакокрасочных материалов ВЗ-4 (ГОСТ 9070-75N). Сущность данного метода заключается в определении времени истечения композиционной смеси объемом 100 см³ через отверстие сопла диаметром 4 мм. При получении огнезащитного покрытия проведены исследования по достижению оптимальной вязкости состава, обеспечивающей равномерное нанесение и качественное покрытие. Установлено, что наилучшее нанесение и качественное покрытие обеспечивается при достижении вязкости смеси в интервале 28–33 с по вискозиметру ВЗ-4.

Адгезию огнезащитной композиции к деревянной поверхности определяли экспериментально, по методу решетчатых надрезов, описанному в ГОСТ 15140-78. Сущность данного метода заключается в нанесении на

готовое покрытие решетчатых надрезов и визуальной оценке состояния покрытия по 4-балльной системе.

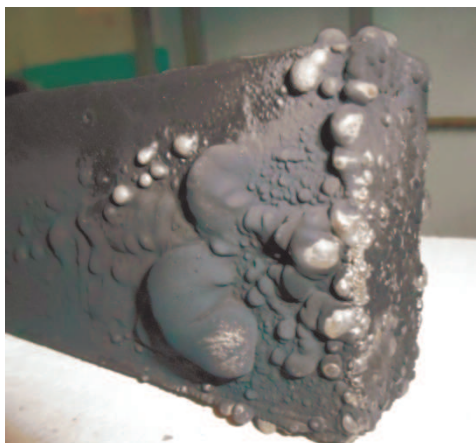
Для определения огнезащитных свойств покрытия, приближенно к ГОСТ 16363-98, использована экспериментальная лабораторная установка. В течение 2 мин образец древесины с нанесенным покрытием подвергали воздействию огня при высоте пламени газовой горелки 23–25 см (рис. 2). После огневых испытаний вычисляется в процентном содержании потеря массы исследуемого образца. На рис. 3 показаны образцы древесины, покрытые огнезащитным составом, после проведения огневых испытаний.



Рис. 1 Деревянные образцы, покрытые огнезащитным составом в 3 слоя (перед испытанием)



Рис. 2. Огневые испытания исследуемых материалов



На рис. 4 представлена зависимость адгезии состава от количества содержания черных сланцев при нанесении состава в 3 слоя. Из графической зависимости видно, что наилучшая адгезия наблюдается при максимальном содержании черных сланцев и среднем значении ПАВ в количестве 1 %. Известно, что упрочнение жидкостекольных композиционных смесей — это следствие одновременно протекающих процессов, приводящих к повышению адгезионной прочности. Для жидкого стекла характерны высокие адгезионные свойства по отношению к материалам, используемым в огнеупорной промышленности [15; 16]. Можно предположить, что при содержании в составе добавки ПАВ и повышении количества черных сланцев более активно происходят процессы адсорбции и формирование прочного клевого соединения. При минимальном значении добавки ПАВ или ее отсутствии мы видим обратную зависимость, т. е. адгезия ухудшается с увеличением содержания черных сланцев. Это говорит о том, что в высоконаполненных огнезащитных составах с малым количеством пленкообразователя не выполняется необходимое условие смачивания древесины и преобладают силы когезионного взаимодействия раствора, ухудшая адгезию огнезащитного покрытия к деревянной поверхности.

Рис. 3. Образцы древесины, покрытые огнезащитным составом, после огневых испытаний

Коэффициент вспучивания огнезащитного покрытия определяли как отношение толщины вспученного слоя h к исходной толщине покрытия h_0 согласно ГОСТ Р 12.3.047-98 (Приложение Ф). Коэффициент вспучивания огнезащитной композиции составил 10–15 (раз). Из многочисленных лабораторных данных и проведенных исследований известно, что эмпирическая зависимость предельного времени нагрева от толщины вспенивающегося покрытия имеет вид параболы [12; 13], т. е. предельное время возрастает с ростом толщины исходного покрытия в степени $1/2$. Таким образом, можно сделать вывод, что при коэффициенте вспучивания огнезащитной композиции в 15 раз можно увеличить предельное время нагрева в 7,5 раз.

С целью исследования зависимостей свойств получаемого огнезащитного покрытия от содержания сырьевых компонентов проведена серия экспериментов с применением методов математического моделирования [14]. Путем математической обработки данных и на основе анализа объекта исследования по полученным моделям [14] установлены зависимости, отражающие влияние сырьевых компонентов на огнезащитную эффективность получаемого покрытия для древесины.

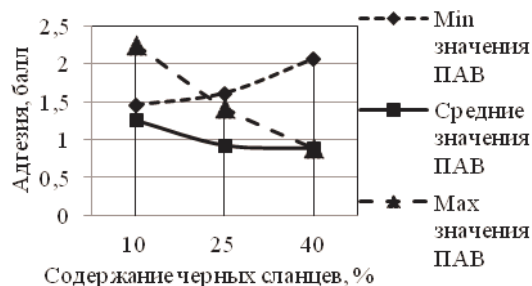


Рис. 4. Зависимость адгезии состава от содержания черных сланцев при покрытии в 3 слоя

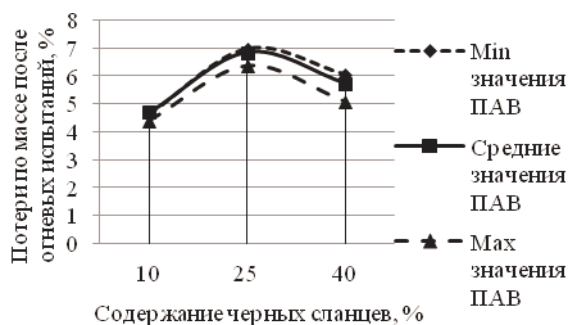


Рис. 5. Влияние содержания черных сланцев на огнезащитную эффективность при покрытии в 3 слоя

Из графической зависимости (рис. 5) видно, что потери по массе немного возрастают с увеличением содержания в составе черных сланцев до 25 % от массы жидкого стекла, однако общие потери по массе не превышают 7 %, что говорит о соответствии I группе огнезащитной эффективности состава. Небольшое увеличение потерь по массе может быть следствием повышения плотности состава и снижения теплопроводности. Увеличение содержания черных сланцев от 25 до 40 % ведет к снижению потерь по массе. Можно предположить, что в этом интервале происходит упрочнения защитной оболочки и повышение сил сцепления, что благоприятно воздействует на процесс равномерного вспучивания при сохранении монолитности покрытия и, как следствие, повышает огнезащитную эффективность.

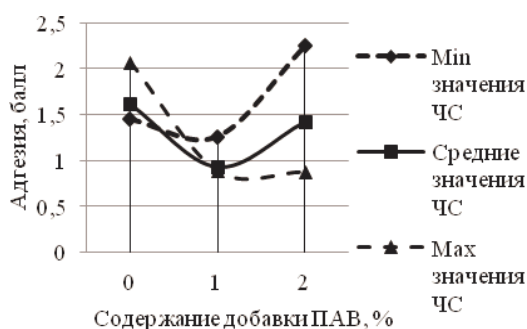


Рис. 6. Влияние содержания ПАВ на адгезию огнезащитного состава при покрытии в 3 слоя

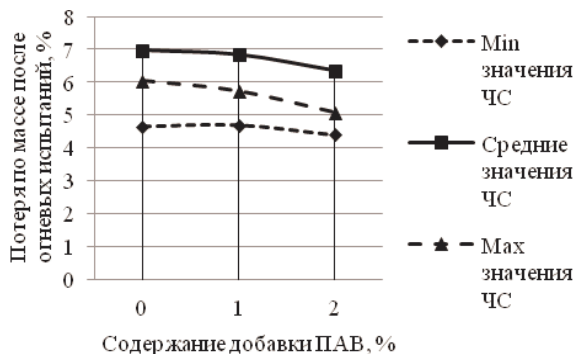


Рис. 7. Влияние содержания ПАВ на огнезащитную эффективность при покрытии в 3 слоя

Из представленной графической зависимости (рис. 6) видно, что наилучшая адгезия достигнута при содержании добавки ПАВ в количестве 1-1,5 % при среднем и максимальном содержании черных сланцев. При минимальном содержании наполнителя повышение количества добавки ПАВ более 1 % плохо отражается на адгезии огнезащитного покрытия к деревянной поверхности. В работе [17] проведены исследования по определению оптимального количества наполнителя в пеностекольной композиции. Если в составе пеностекольной смеси недостаточно твердой фазы (наполнителя), то не вся поверхность пенных пузырьков будет «бронирована» частичками твердой фазы, возникнут пустоты в пленках, которые со временем прорвутся. Можно предположить, что и в составе огнезащитного покрытия на основе жидкого стекла при увеличении

количества пенообразователя с наименьшим количеством наполнителя происходит нарушение структуры материала, вызванное недостатком твердой фазы, вследствие чего снижается адгезионная прочность материала.

Из представленной зависимости (рис. 7) видно, что с увеличением количества добавки ПАВ происходит снижение потерь по массе образцов, объяснимое тем, что с увеличением содержания пенообразователя происходят снижение теплопроводности состава и повышение пленкообразующей способности, позволяющей создать пористый теплоизолирующий слой, сдерживающий развитие процессов горения до температуры воспламенения древесины.

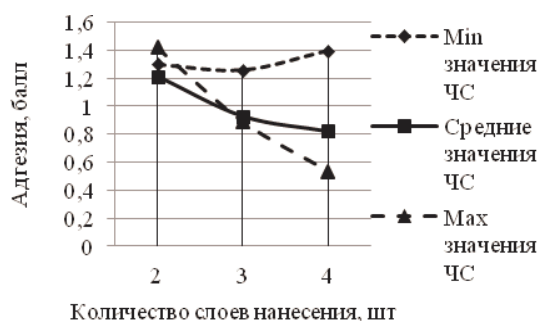


Рис. 8. Зависимость адгезии от количества слоев нанесения состава

Из графической зависимости (рис. 8) видно, что адгезия огнезащитного состава улучшается с нанесением от 2 до 4 слоев при среднем и максимальном содержании черных сланцев в составе. Это явление можно объяснить предположением, что при нанесении трех слоев происходит сокращение протяженности сквозных пор при высыхании, повышение сил сцепления, упрочнение пористого слоя и, как следствие, повышение адгезионной прочности состава.

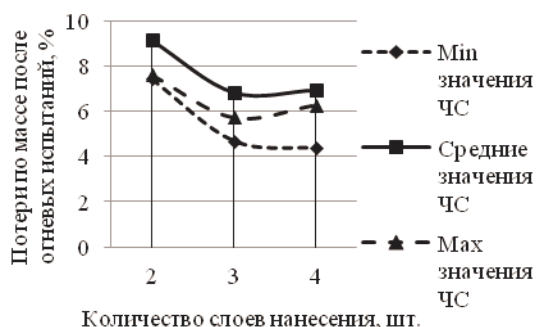


Рис. 9. Зависимость огнезащитной эффективности от количества слоев нанесения при содержании добавки ПАВ в количестве 1 %

На графике (рис. 9) видно, что при нанесении состава в 3 слоя потери по массе снижаются более значительно, нежели при двухслойном покрытии. Известно, что в высоконаполненных огнезащитных составах при высыхании образуются сквозные поры, что способствует более быстрому прогреву покрытия и снижению огнезащитной эффективности [18; 19]. Нанесение материала в несколько слоев позволяет прерывать формирующиеся сквозные поры на границах слоев. Таким

образом, при нанесении трех слоев покрытия мы получаем замкнутые поры и сокращаем протяженность сквозных пор, а значит, и глубину проникновения тепла при нагреве покрытия.

Из графической зависимости (рис. 10) видно, что условная вязкость состава повышается с увеличением содержания черных сланцев независимо от содержания добавки ПАВ. С увеличением содержания черных сланцев повышается плотность сырьевой смеси, соответственно увеличивается и вязкость состава. На основе проведенных исследований установлено, что достижение оптимальной вязкости состава позволит обеспечить равномерное нанесение и качественное покрытие. Оптимальная вязкость сырьевой смеси достигнута при содержании в составе от 10 до 25 % черных сланцев. При этом предел текучести, характеризующий сопротивление огнезащитного состава сдвигу и указывающий на количество огнезащитной композиции, не стекающей под собственным весом на вертикально ориентированной деревянной поверхности, составил от 10 до 15 г/100 см².

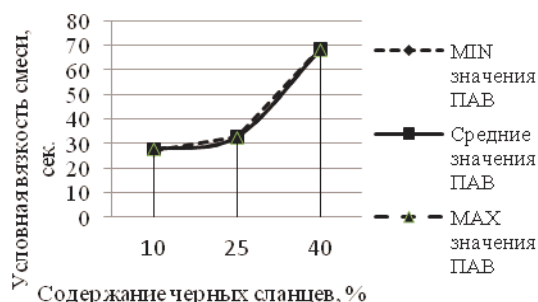


Рис. 10. Влияние содержания черных сланцев на условную вязкость состава сырьевой смеси для получения огнезащитного покрытия

материала на ранних этапах теплового воздействия. Также нарушение структуры материала приводит к нарушению адгезионных свойств (рис. 12). Таким образом, можно отметить, что наилучшие свойства огнезащитного материала на основе жидкого стекла из микрокремнезема достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 10-25 масс. %. Огнезащитное покрытие на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078-81 характеризуется снижением потерь по массе при огневых испытаниях при содержании в составе огнестойкого наполнителя в количестве 20-35 %. Дальнейшее увеличение содержания черных сланцев от 35 до 50 масс. % не оказывает существенного влияния на огнезащитные свойства. Таким образом, можно отметить, что наилучшие свойства огнезащитного материала на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078-81 достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 25-50 масс. %.

В ходе научных исследований и лабораторных экспериментов на кафедре строительного материаловедения и технологий Братского государственного университета проведен сравнительный анализ свойств огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла, полученного по ГОСТ 13078-81, и жидкого стекла из микрокремнезема, изготовленного по низкотемпературной технологии путем растворения микрокремнезема в растворе щелочи (патент РФ № 2056353, МПК С 04 В 28/04) [20].

На рис. 11 и 12 показано влияние содержания минерального наполнителя (черные сланцы) на огнезащитную эффективность и адгезию при использовании в качестве связующего жидкого стекла, полученного по ГОСТ 13078-81, и жидкого стекла из микрокремнезема, изготовленного по низкотемпературной технологии путем растворения микрокремнезема в растворе щелочи. Из представленной графической зависимости (рис. 11) видно, что потери по массе при огневых испытаниях значительно меняются после увеличения в составе количества наполнителя более 20 масс. % в зависимости от используемого связующего. При использовании в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема увеличение количества наполнителя ведет к увеличению потерь по массе при огневых испытаниях. Это может быть связано с нарушением структуры материала в связи с избытком твердых частиц. В жидком стекле из микрокремнезема уже присутствует значительное количество твердых частиц нерастворенного микрокремнезема. Известно, что если в составе пеностекляной смеси будет избыток твердых частиц, то сумма поверхности пенных пленок окажется недостаточной, чтобы на них разместились все твердые частицы [17]. В данном случае происходит растрескивание и осыпание

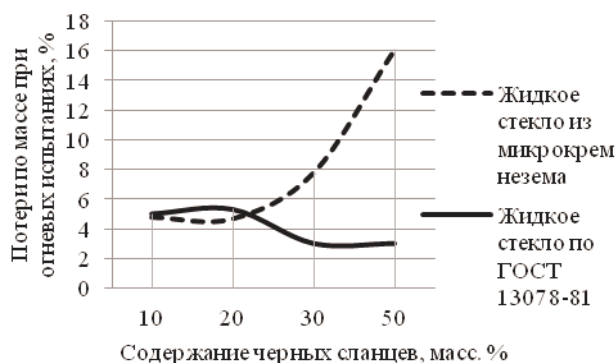


Рис. 11. Влияние количественного содержания черных сланцев на огнезащитную эффективность покрытий для древесины на основе силикат-натриевых композиций

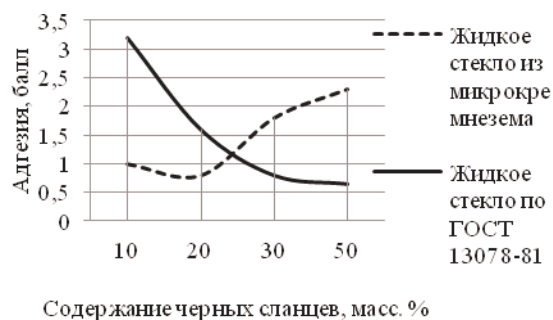


Рис. 12. Влияние количественного содержания черных сланцев на адгезию огнезащитных покрытий для древесины на основе силикат-натриевых композиций

Из представленных графических зависимостей (рис. 13, 14) видно, что при использовании в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема наилучшие показатели огнезащитной эффективности и адгезионные свойства материала достигнуты при использовании добавки ПАВ в количестве 1-2 масс. %. Для составов на жидком стекле по ГОСТ 13078-81 оптимальным является содержание добавки ПАВ в количестве 1 %.

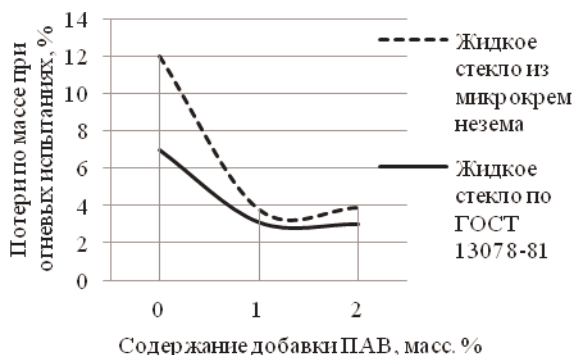


Рис. 13. Влияние количественного содержания ПАВ на огнезащитную эффективность покрытий для древесины на основе силикат-натриевых композиций

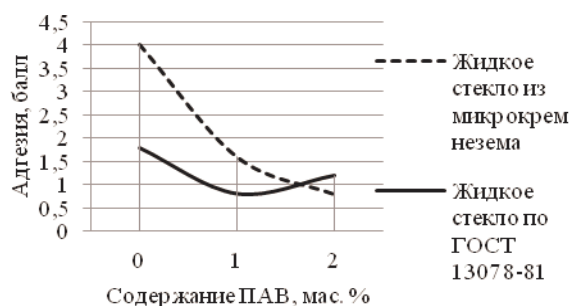


Рис. 14. Влияние количественного содержания ПАВ на адгезию огнезащитных покрытий для древесины на основе силикат-натриевых композиций

Полученная огнезащитная композиция на основе силикат-натриевых композиций с использованием в качестве огнестойкого наполнителя черных сланцев и добавки ПАВ позволяет обеспечить пористое покрытие с повышенной адгезионной прочностью, вспучивающееся при воздействии высоких температур и обеспечивающее соответствие I группе огнезащитной эффективности. Расход состава композиции при толщине 0,2-0,3 мм составляет 0,35-0,5 кг/м². Тонкослойное покрытие данным составом сырьевой смеси позволяет добиться длительного огнезащитного эффекта. Огнезащитные свойства данной сырьевой смеси проявляются за счет увеличения толщины слоя и изменения теплофизических характеристик при интенсивном тепловом воздействии в условиях пожара. Вспученный слой действует, как физический барьер, при подводе тепла от пламени к нижележащим слоям покрытия и защищаемой поверхности, уменьшая теплопередачу в десятки раз. Образующийся пористый слой обугливается, и покрытие становится теплоизоляционным слоем между источником тепла и защищаемой поверхностью. Объем образовавшегося обугленного слоя в зависимости от состава может составлять до 10-15 первоначальных объемов покрытия.

На основе проведенных исследований установлено, что жидкое стекло из микрокремнезема, приготовленное по низкочастотной технологии, является эффективным связующим при получении огнезащитного покрытия для древесины, обеспечивая соответствие I группе огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363-98.

«Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». Пенза, 2007. С. 367-370.

3. Белых С.А., Зайцева Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитная композиция с тонкодисперсными наполнителями из вторичных минеральных ресурсов // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы всерос. научно-техн. конф. Братск, 2007. С. 154-155.

4. Леонович А.А. Химический подход к проблеме снижения пожароопасности древесных материалов // Пожаровзрывобезопасность, 1995. Т.4. № 2. С. 10-12.

5. Леонович А.А., Шелоумов А.В. Снижение пожарной опасности древесных материалов, изделий и строительных конструкций. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 59 с.

6. Скоков Д.В., Зайцева Ю.В. Изучение эффекта и эффективности различных наполнителей для огнезащитных композиций // Энергия молодых – строительному комплексу: мате-

Литература

1. Белых С.А., Зайцева Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитное покрытие для древесины на основе жидкого стекла и тонкодисперсных отходов промышленности // Материалы V межрегиональной научно-технической конференции «Строительство: материалы, конструкции, технологии». Братск, 2007. С. 203-205.

2. Белых С.А., Новоселова Ю.В., Скоков Д.В. Тонкодисперсные отходы промышленности при получении огнезащитного покрытия для древесины // Материалы II всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых

риалы научно-техн. конф. студентов инженерно-строит. фак. Братск, 2007. С. 17-19.

7. Еремина Н.В. Огнезащитные композиции на основе жидкого стекла и механически активированных оксидов алюминия и магния: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Томск, 2007. 19 с.

8. Белых С.А., Лебедева Т.А., Зайцева Ю.В., Красичкова К.В. Оптимизация свойств жидкого стекла для получения жаростойких ячеистых материалов // Актуальные проблемы современного строительства. Строительные материалы и конструкции: материалы междунар. научно-техн. конф. Пенза, 2005. С. 252 – 256.

9. Белых С.А., Новоселова Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитное покрытие для древесины на основе жидкого стекла и тонкодисперсных отходов промышленности // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 2. С. 214 – 217.

10. Белых С.А., Новоселова Ю.В. Особенности получения огнезащитного покрытия для древесины на основе жидкого стекла // Материалы VI(XII) Всероссийской научно-технической конференции «Молодая мысль: наука, технологии, инновации». Братск, 2014. С. 232 – 235.

11. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий для древесины и древесных материалов. 2-е изд. М.: МГУЛ, 2005. 568 с.

12. Павлович А.В., Владенков В.В., Изюмский В.Н., Кильчицкая С.Л. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия // Лакокрасочная промышленность. 2012. № 5. С. 5-7.

13. Ненахов С.А., Пименова В.П. Экспериментальное изучение влияния толщины вспенивающихся покрытий на огнезащитную эффективность // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. С. 2-9.

14. Белых С.А., Новоселова Ю.В. Оптимизация составов сырьевой смеси при получении огнезащитного покрытия для древесины на основе жидкого стекла и местных сырьевых ресурсов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 402-406.

15. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М.: Стройиздат, 1988. 208 с.

16. Белых С.А., Лебедева Т.А., Зайцева Ю.В., Красичкова К.В. Сырьевая смесь для изготовления жаростойкого ячеистого материала: пат. 2278087 Рос. Федерация. № 2005101497/03; заявл. 25.01.05; опубл. 20.06.06, Бюл. № 17. 3 с.

6. Skokov D.V., Zaitseva Yu.V. The effect and efficiency of various fillers for fireproof compositions // Energiya molodykh - stroitel'nomu kompleksu: materialy nauchno-tekhn. konf. studentov inzhenerno-stroit. fak. Bratsk, 2007. P. 17-19.

7. Eremina N.V. Fireproof compositions on the basis of liquid glass and mechanically activated aluminum and magnesium oxides: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Tomsk, 2007. 19 p.

8. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Zaitseva Yu.V., Krasichkova K.V. Optimization of liquid glass properties for getting heat-resistant cellular materials // Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva. Stroitel'nye materialy i konstruksii: materialy mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. Penza, 2005. P. 252-256.

9. Belykh S.A., Novoselova Yu.V., Skokov D.V. A fireproof wood covering on the basis of liquid glass and industrial fine

17. Белых С.А., Лебедева Т.А., Зайцева Ю.В., Красичкова К.В. Влияние коэффициента насыщения на физико-механические характеристики жаростойкого ячеистого материала // Проблемы и достижения строительного материаловедения: сб. докл. междунар. научно-практ. Интернет – конф. Белгород, 2005. С. 9-11.

18. Обзор огнезащитных средств строительных конструкций [Электронный ресурс] // Технология-про: сайт. URL: <http://www.tehnology-pro.ru/obzor-ognezashitnix-sredstv-stroitelnix-konstrukcii.html> (дата обращения: 19.05.2013).

19. Новоселова Ю.В. Управление свойствами огнезащитного покрытия для древесины // Материалы XIII (XXXV) Всероссийской научно-технической конференции «Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири». Братск, 2014. С. 85-86.

20. Белых С.А., Новоселова Ю.В. Свойства огнезащитных покрытий для древесины на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078-81 и жидкого стекла из микрокремнезема, полученного по упрощенной низкочастотной технологии // Научные технологии функциональных материалов: тез. докл. междунар. научно-техн. конф., 18-20 июня 2014 г. СПб., 2014. С. 82 - 85.

Reference

1. Belykh S.A., Zaitseva Yu.V., Skokov D.V. Fireproof covering for wood on the basis of liquid glass and industrial fine wastes // Materialy V mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Stroitel'stvo: materialy, konstruksii, tekhnologii». Bratsk, 2007. P. 203-205.

2. Belykh S.A., Novoselova Yu.V., Skokov D.V. Industrial fine waste when getting a fireproof covering for wood // Materialy II vserossiiskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Teoriya i praktika povysheniya effektivnosti stroitel'nykh materialov». Penza, 2007. P. 367-370.

3. Belykh S.A., Zaitseva Yu.V., Skokov D.V. Fireproof composition with fine fillers made of secondary mineral resources // Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri: materialy vseros. nauchno-tekhn. konf. Bratsk, 2007. P. 154-155.

4. Leonovich A.A. Chemical approach to a problem of the wood materials fire danger reduction // Fire and Explosion Safety. 1995. T. 4. № 2. P. 10-12.

5. Leonovich A.A., Sheloumov A.V. Wood materials, products and building structures fire danger reduction. SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2002. 59 p.

waste // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2013. T. 2. P. 214-217.

10. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Features of getting a fireproof wood covering on the basis of liquid glass // Materialy VI(XII) Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Molodaya mysl': nauka, tekhnologii, innovatsii». Bratsk, 2014. P. 232-235.

11. Rybin B.M. The technology and equipment of protective and decorative wood and wood materials coverings. М.: МГУЛ, 2005. 568 p.

12. Pavlovich A.V., Vladenkov V.V., Izyumskii V.N., Kil'chitskaya S.L. Fireproof expanding coverings // Paint & Coatings Industry. 2012. № 5. P. 5-7.

13. Nenakhov S.A., Pimenova V.P. Experimental studying of foaming coverings thickness influence on fireproof efficiency // *Fire and Explosion Safety*. 2011. Т. 20. P. 2-9.
14. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Optimization of the raw mix compositions when getting a fireproof wood covering on the basis of liquid glass and local raw material resources // *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki*. 2014. Т. 1. P. 402-406.
15. Toturbiev B.D. Construction materials on the basis of silicate - sodium compositions. M.: Stroizdat, 1988. 208 p.
16. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Zaitseva Yu.V., Krasichkova K.V. The raw mix for heat-resistant cellular materials production: pat. 2278087 Ros. Federatsiya. № 2005101497/03; zayavl. 25.01.05; opubl. 20.06.06, Byul. № 17. 3 p.
17. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Zaitseva Yu.V., Krasichkova K.V. Coefficient of saturation influence on the heat-resistant cellular material physicommechanical characteristics // *Problemy i dostizheniya stroitel'nogo materialovedeniya: sb. dokl. mezhdunar. nauchno-prakt. Internet - konf. Belgorod, 2005. P. 9-11.*
18. The review of fireproof means of construction designs [Elektronnyi resurs] // *Tekhnologiya-pro: sait. URL. http://www.tehnology-pro.ru/obzor-ognezashitnix-sredstv-stroitelnix-konstrukciie.html* (data obrashcheniya: 19.05.2013).
19. Novoselova Yu.V. Management of the fireproof wood covering properties // *Materialy XIII (XXXV) Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri»*. Bratsk, 2014. P. 85-86.
20. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Properties of fireproof wood coverings on the basis of liquid glass in accordance with GOST 13078-81 and liquid glass made of microsilicon dioxide got under the simplified low-cost technology // *Naukoemkie tekhnologii funktsional'nykh materialov: tez. dokl. mezhdunar. nauchno-tekhn. konf., 18-20 iyunya 2014 g. SPb., 2014. P. 82 - 85.*

