Научная статья
Original article
УДК 699.8

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

DEVELOPMENT OF FLAME RETARDANT BASED ON LOCAL RAW MATERIALS OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Григорьев Василий Семенович, магистрант, 2 курс, группа 3В-220 МТ, 2 курс, Техносферная безопасность ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Железногорск

Grigoriev Vasily Semenovich, master student, 2nd year student, group 3V-220 MT, 2nd year student, Technospheric safety FSBEI HE Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia Zheleznogorsk

Аннотация: Статья посвящена разработке рецептуры огнезащитного состав на основе местного сырья Республики Саха (Якутия), не уступающего рыночным аналогам по эффективности и себестоимости. Установлено, что разработанный огнезащитный состав обладает огнезащитной эффективностью. Представлены результаты физико-механических свойств огнезащитного состава. Представлено, что эффективность огнезащитного состава на основе карбамидоформальдегидной смолы КФМТ-15 и наполнителей: вспученный вермикулит, базальтовое волокно и дунитовая минеральная добавка зависит от термостойкости, прочности и теплоизолирующей способности формирующегося при разложении

наполненного полимера пористого поверхностного слоя, который устанавливается химическим и минералогическим составом породой минерала и содержанием связующего.

Annotation: The article is devoted to the development of a flame retardant formulation based on local raw materials of the Republic of Sakha (Yakutia), which is not inferior to market analogues in terms of efficiency and cost. It has been established that the developed flame retardant composition has a fire-retardant effectiveness. The results of the physico-mechanical properties of the flame retardant are presented. It is shown that the effectiveness of a flame retardant composition based on CFMT-15 carbamide-formaldehyde resin and fillers: expanded vermiculite, basalt fiber and dunite mineral additive depends on the heat resistance, strength and thermal insulation ability of the porous surface layer formed during decomposition of the filled polymer, which is established by the chemical and mineralogical composition of the mineral rock and the binder content.

Ключевые слова: предел огнестойкости, вспученный вермикулит, огнезащитное покрытие, адгезионные свойства, дунитовая минеральная добавка, стальная и деревянная конструкция.

Keywords: fire resistance limit, expanded vermiculite, flame retardant coating, adhesive properties, dunite mineral additive, steel and wooden construction.

Одной из отраслей применения древесины долгие годы является строительство зданий различного назначения, в том числе и в жилом фонде. В Республике Саха (Якутия) жилые здания, в особенности, частные дома, зачастую изготавливаются более чем на 75% из древесины и материалов на её основе. В последнее время тенденция развития деревянного домостроения в Якутии за период до 2030 года объём строительства зданий и сооружений из древесных материалов должен увеличиться примерно на четверть. Этому содействует в часности разработка новых технологий и огнезащитных составов для повышения долговечности деревянных конструкций. Одной из

составных частей общей системы мероприятий по предотвращению пожарных ситуаций в зданиях и сооружениях различного назначения, является огнезащита строительных конструкций с помощью огнезащитных полимерных покрытий и материалов. Поэтому правильное и своевременное использование огнезащитных составов способно обеспечить предотвращение возгорания, замедлить или прекратить развитие пожара в начальной стадии, обеспечить его локализацию, снизить влияние опасных факторов пожара, соответственно, будет способствовать быстрой ликвидации пожара [1-5]. Поэтому разработка эффективных огнезащитных составов с приемлемой стоимостью, в частности, на основе применения местного сырья на сегодняшний день является актуальной задачей. Использование местных сырьевых ресурсов республики Саха (Якутия) позволит снизить стоимость огнезащитных композиций за счет применения доступных компонентов, при этом физико-механические свойства которых не уступают, а иногда и превосходят свойства традиционно применяемых материалов.

Целью исследования является разработка состава и способа получения огнезащитного материала для состава для деревянных строительных конструкций на основе карбамидоформальдегидной смолы КФМТ-15 и местных сырьевых ресурсов.

В качестве связующего при изготовлении огнезащитного состава для древесины использовали карбамидоформальдегидной смолы КФМТ-15. Выбор связующего обусловлен сравнительно низкой стоимостью и доступностью мочевиноальдегидных смол. Горючесть смолы понижали путем введения в состав диаммонийфосфата. Введение фосфорсодержащих фрагментов фосфорсодержащих антипиренов в системы покрытий не только снижает их горючесть, но и повышает адгезию, противокоррозионную стойкость и улучшает важные свойства. Добавки на основе фосфора единственные препятствуют тлению − фосфорсодержащие антипирены действуют на начальных стадиях процесса горения, предотвращая разогрев и

вызывая дегидратацию полимера, ускоряя его коксование, поэтому они больше подходят для зоны пиролиза. В качестве наполнителей использовали каолин, вспученный вермикулит, минеральную дунитовую добавку и базальтовое волокно.

Для модификации смолы использовали минеральную дунитовую добавку, что позволило значительно улучшить свойства исследуемого материала. Игналинской щелочно-ультраосновной массив располагается в северной краевой части Алданского щита, в верховьях реки Инагли – правого притока реки Алдана, в 30 км к западу от самого города Алдана. Центральная часть массива площадью 16 км^2 сложена форстеритовыми дунитами, отороченными узкой (5-25м) прерывистой каймой пироксен-оливиновых пород, по составу отвечающих перидотитам и слюдосодержащими пироксенитам. Дуниты представляют собой средне- или мелкозернистые породы темно-серого цвета со стальным оттенком. Для идентификации пробы дунита выполнены химический анализ с помощью энергодисперсионного анализа с получением спектра рентгеновского изучения элементов на электронном микроскопе JCM-6000. Результаты химического анализа приведены в таблице 1, также представлен спектр рентгеновского излучения – на рисунке 1.

Таблица 1. Химический состав дунита, мас.%.

Наименование	Содержание оксидов, % мас.							Модули	
Дунит	MgO	SiO2	CaO	Al2O3	MnO	Fe2O3	Δmпр	MgO/ SiO2	MgO/ Fe2O3
	45,61	34,59	1,06	0,41	0,39	8,07	10,88	1,34	5,65

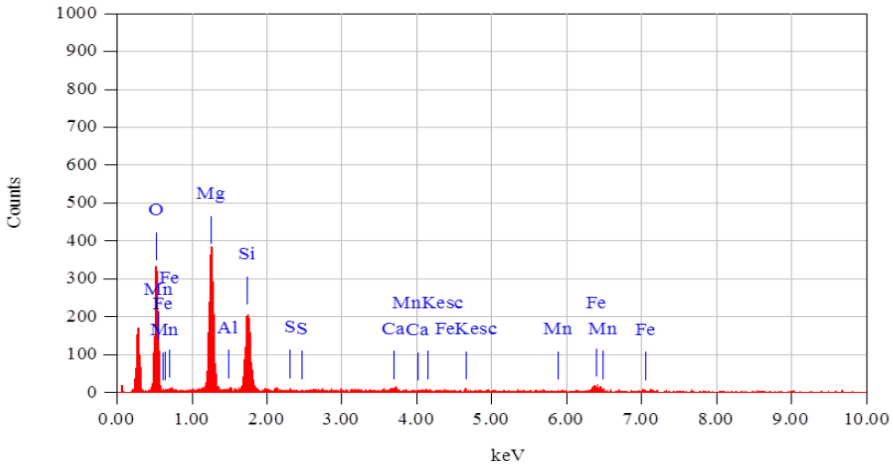

Рис.1. Спектр рентгеновских излучений элементов дунита массива Инагли, республика Саха (Якутия)

Минеральная дунитовая добавка получена следующим образом: дробление породы в лабораторной щековой дробилке; получение песка просеиванием через сито с размерами отверстий 5 мм; помол в лабораторной барабанной мельнице марки МБЛ в течение двух часов. Истинная плотность зерен исследуемой породы определена пикнометрическим методом и составляет 2,69 г/см^3. Удельная поверхность составила соответственно 5510 см^2/кг. В качестве армирующего наполнителя применяли непрерывное базальтовое волокно БНВ-13-80 (Васильевское месторождение, Якутия). Все сырьевые расходные компоненты соответствуют требованиям нормативных документов для использования в строительных материалах.

Выбор процентного соотношения компонентов рецептур огнезащитных покрытий представлен в таблице 2. Составы огнезащитных покрытий получали следующим образом: в вертикальный реактор с пропеллерной мешалкой при постоянном перемешивании со скоростью 600 об/мин добавляли последовательно в необходимых пропорциях: карбамидоформальдегидную смолу, диаммоний фосфат, базальтовое волокно, вспученный вермикулит, минеральную диопсидовую добавку и каолин. Полученную смесь перемешивали в течение 30-40 мин. и наносили на

защищаемую поверхность с помощью кисти, шпателя или аппаратом безвоздушного нанесения.

Таблица 2. Соотношение компонентов рецептур огнезащитных покрытий

Состав	Соотношение компонентов рецептур, масс ч , 100%					
	Смола КФМТ-15	Базальтовое волокно	Диаммоний фосфат	Вспученный вермикулит	Минеральная дунитовая добавка	Каолин
К-1	64	8,3	13	8	5,2	1,5
К-2	61	4,2	23	9	2	0,8
К-3	57	9	25	-	6	2
К-4	58	5,4	24	-	10,8	1,8
К-5	59	4,6	27	-	8,2	1,2

Для определения огнезащитной эффективности разработанных огнезащитных составов проведены исследования по определению основных физико-механических показателей в зависимости от соотношения содержания выбранных компонентов, различной толщины и крупности заполнителя [6-7]. Условия проведения испытаний и определение пределов огнестойкости конструкций определяли в соответствии с ГОСТ 30.247.0-94. Огнезащитная эффективность составов подразделяется на 5 групп:1-я – не менее 150 мин., 2-я – не менее 120 мин., 3-я – не менее 60 мин., 4-я – не менее 45 мин., 5-я не менее 30 мин. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты испытаний огнезащитной эффективности

Наименование	Порядковый номер рецептур				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Предел огнестойкости, ч	0,34	0,20	0,61	0,65	0,74

Исследование огнезащитной эффективности покрытий, составы которых приведены в таблице 3, показало, что для рецептур, включающих

вспученный вермикулит (составы К-1, К-2), предел огнестойкости не превышает 0,34 часа. Таким образом, из приведённых результатов видно, что наибольшейэффективностью характеризуется состав К-5 так как достигаемый им предел огнестойкости значительно выше по сравнению с остальными составами огнезащитный покрытий (0.74 час). Разработанная композиция содержит следующие компоненты (масс.%): 61,23 карбамидоформальдегидной смолы КФМТ-15, 18,36 диаммоний фосфата, 4,6 базальтовое волокно, 8,2 минеральная дунитовая добавка и 1,2 каолин.

Исследование адгезионной способности образцов композитного материала, изготовленных методом обмазки покрытия. Данный метод позволяет получить высокую и точную характеристику прочности адгезионного соединения. Испытания на водопоглощения проводили в соотвествии с методикой [8]. В таблице 4 представлены результаты исследованных физико-механических свойств огнезащитных составов в зависимости от содержания исходных компонентов.

Таблица 4. Физико-механические свойства огнезащитного состава

№ состава	Величина силы отслаивания, Н/м	Водопоглащение при переменной относительной воздуха влажности
К-1	130,1	1,8
К-2	127,6	2,0
К-3	131,3	2,2
К-4	135,0	2,0
К-5	133,6	1,9

Внешнее отслеживание показали, что после нанесения состава идет медленный процесс затвердения с образованием твердого покрытия без трещин и отслаиваний от металла, а также после огневых испытаний защитный слой представляет собой пористый углистый остаток с хорошей

адгезионной прочностью. Покрытие, полученное путем нанесения на конструкцию состава, имеет значительно меньшее водопоглощение, которое при переменной относительной влажности воздуха 60-75% составляет 1,8-2,2%. Соответственно, это исключает растрескивание и расслоение покрытия при эксплуатации и увеличивает срок службы покрытия.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что дунитовую минеральную добавку можно применять в качестве наполнителя в рецептуре разработанного огнезащитного состава. Представленные результаты свидетельствуют о преимуществе разработанного огнезащитного состава по сравнению с аналогами отечественных и зарубежных составов, его более высоком пределе огнестойкости при меньшей толщине. Предполагается, что повышение огнестойкости покрытий на основе разработанного огнезащитного состава с применением местного сырья Республики Саха (Якутия) за счет содержания группы силикатов моноклинных амфиболов, который увеличивает температуру разложения дунитовой минеральной добавки и вспученного вермикулита. Экспериментальным путем определены физико-механические характеристики разработанного огнезащитного состава: адгезионная способность 131,52 Н/м. Устойчивость огнезащитного покрытия к воздействию переменных температур оценивалась визуальным наблюдением.

Литература

1. Голованов В.И., Павлов В.В., Пехотиков А.В. Обеспечение огнестойкости несущих строительных конструкций. // Пожарная безопасность. 2014. № 3. С.48-57.
2. Худякова Л.И., Войлошников О.В., Котова И.И. и др. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для получения строительных материалов.- Вестник ДВО РАН.2010.№1.- С.81-84.

3. Бердов Г.И., Ильина Л.В. и др. Влияние вида и количества минеральных добавок на прочность цементного камня//Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010.№9. С.87-91.
4. Собурь С.В. Огнезащита строительных материалов и конструкций: Справочник /С.В.Собурь.М.:ООО «Пожарная Книга», 2016. 215 с.
5. ГОСТ 16363-98 (2002). Средства огнезащитные для древесины методы определения огнезащитных составов.
6. Еремина Т.Ю., Крашенинникова М.В, Дмитриева Ю.Н., Семенов Д.С. Нормируемые требования к качеству огнезащитных покрытий при сдаче строительных объектов и применение методов термического анализа для прогнозирования долговечности покрытий.// Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 5. С.105-107.
7. ГОСТ 16483.20-72 «Древесина. Метод определения водопоглощения»

Literature

1. Golovanov V.I., Pavlov V.V., Pekhotikov A.V. Ensuring fire resistance of load-bearing building structures. // Fire safety. 2014. No. 3. pp.48-57.
2. Khudyakova L.I., Voiloshnikov O.V., Kotova I.I., etc. Waste from mining enterprises as raw materials for the production of construction materials.- Bulletin of the FEB RAS.2010.No.1.- pp.81-84.
3. Berdov G.I., Ilyina L.V. et al. The effect of the type and amount of mineral additives on the strength of cement stone//International Journal of Applied and Fundamental Research. 2010.No.9. pp.87-91.
4. Sobur C.B. Fire protection of building materials and structures: Handbook /S.V.Sobur.Moscow:LLC "Fire Book", 2016. 215 p.
5. GOST 16363-98 (2002). Flame retardants for wood methods for determining flame retardants.
6. Eremina T.Yu., Krasheninnikova M.V., Dmitrieva Yu.N., Semenov D.S. Standardized requirements for the quality of fire-resistant coatings during the delivery of construction projects and the use of thermal analysis methods to

predict the durability of the coating // Fire and explosion safety. 2007. No. 5. pp.105-107.

7. GOST 16483.20-72 "Wood. Method for determining water absorption".

© Григорьев В.С., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.

Для цитирования: Григорьев В.С. Разработка огнезащитного состава на основе местного сырья Республики Саха (Якутия)// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022