

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

БАРАХТЕНКО ВЯЧЕСЛАВ ВАЛЕРЬЕВИЧ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И
ЗОЛЫ УНОСА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Специальность: 05.23.05– Строительные материалы и изделия

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
д.т.н., профессор
Зелинская Е.В.

Иркутск – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	10
1.1 Проблемы использования и производства полимерных композиционных строительных материалов; требования к полимерным строительным материалам, в том числе к террасной доске	10
1.1.1 Общие требования к полимерным строительным материалам	10
1.1.2 Проблемы производства полимерных строительных материалов	14
1.1.3 Анализ темпов роста строительства	18
1.2 Обоснование видов отходов (в том числе и на примере Байкальского региона) для использования в качестве сырья при производстве полимерных композиционных материалов	20
1.3 Анализ условий применимости золы уноса в качестве наполнителя ПВХ- композиции	24
1.3.1 Основные свойства дисперсных наполнителей	24
1.4 Выбор дисперсного наполнителя	29
1.4.1 Уменьшение стоимости композита	29
1.4.2 Изменение физико-механических свойств	30
1.5 Анализ механизмов взаимодействия наполнителей различного вида с полимерной матрицей	32
1.5.1 Влияние гетерофазности на регулирование напряжений в композиционном материале	32
1.5.2 Образование поверхностного слоя	33
1.5.3 Структура на границе раздела полимер – твердое тело	36
1.5.4 Структурообразование в дисперснонаполненных полимерах	37
Выводы	39
2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	42
2.1 Изучение свойств золы уноса Иркутской области	42
2.2 Доказательство возможности использования золы уноса	53
2.2.1 Подготовка и оптимизация состава композиционной смеси	55
Выводы	67

3. РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	68
3.1 Изучение параметров технологического процесса при различных составах композиции.....	68
3.1.1 Используемое основное оборудование	68
3.1.2 Характеристики сырья для производства материала	69
3.2 Оптимизация режимов технологического процесса экструзии полимерно-минеральной композиции.....	72
4. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА	83
4.1 Физико-механические свойства полимерно-минерального композиционного материала и террасной доски на его основе	84
4.1.1 Сравнение физико-механических характеристик образцов ПМК.....	92
4.1.2 Испытание твердости материала	93
4.2 Климатические испытания ПМК.....	95
4.2.1 Исследование устойчивости террасной доски из ПМК к воздействию ультрафиолета	96
4.2 Изучение элементарного состава полимерно-минерального композита ...	98
4.3 Исследование пространственной морфологии ПМК	99
4.3.1 Исследование структуры композита с 25% наполнителя	99
4.3.2 Исследование структуры композита с 40% наполнителя	114
4.4 Исследование вязкоупругих свойств материалов	120
4.5 Исследование пожарной опасности материалов	126
Выводы	131
5. АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕРРАСНОЙ ДОСКИ ИЗ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	134
5.1 Результаты маркетингового анализа	136
5.1.1 Общая характеристика потребности и объем производства декинга в России	138
5.1.2 Анализ потенциальных конкурентов	140
5.2 Определение экономического эффекта производства ПМК	144

5.3 Перспективы применения композиционного материала	148
Выводы	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	150
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	153
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В условиях роста объемов строительства жилья возрастает потребность в обеспечении строительной индустрии высокоэффективными, экологически чистыми и относительно дешевыми строительными материалами. Необходимо, чтобы разрабатываемые материалы отвечали современным требованиям пожарной и экологической безопасности. Другой важной проблемой требующей срочного решения, является накопление отходов производства и потребления. Использование минеральных и полимерных отходов производства, как сырья для предприятий строительного комплекса является экономически целесообразным и технически оправданным. Однако, чтобы новые материалы являлись конкурентоспособными, необходима оптимизация составов полимерно-минеральных композиций и технологических режимов их переработки для получения строительных материалов заданного качества. Данная работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 02.740.11.5080 «Разработка новых материалов на основе использования крупнотоннажных отходов») и при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)» ГЗ № 3.2091.2011 от 11.01.12 г.

Степень разработанности темы исследования. Теоретическими основами работы стали исследования российских ученых, посвященных проблеме вовлечения промышленных отходов в производство строительных материалов: Пухаренко Ю.В., Тихонова Ю.М., Хозина В.Г., Огрель Л.Ю., Клесова А.А., Симонова-Емельянова И.Д., Шутова Ф.А., Низамова Р.К., Абдрахмановой Л.А.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – разработка составов композиций и технологических параметров процесса экструзии для производства группы высоконаполненных золой уноса теплоэлектростанций полимерно-минеральных строительных материалов и изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Задачи исследования:

- 1.Обоснование целесообразности использования золы уноса в качестве наполнителя для производства полимерно-минеральных строительных материалов.
- 2.Оптимизация составов полимерно-минеральных материалов с высоким наполнением поливинилхлорида (ПВХ) золой уноса теплоэлектростанций (ТЭЦ).
- 3.Оптимизация технологических параметров производства строительных изделий из высоконаполненной золой уноса полимерно-минеральной композиции.
- 4.Исследование влияния наполнения на структуру полимерно-минеральных композиционных материалов.
- 5.Изучение свойств высоконаполненных полимерно-минеральных композиционных материалов и изделий из них.
- 6.Изучение рынка потребления полимерных композиционных строительных материалов и изделий – террасной доски и монтажной лаги с учетом экономических показателей производства и условий рынка (Анализ конкурентоспособности нового материала).

Объектом исследования являются полимерно-минеральные композиты (ПМК) на основе отходов ПВХ и зол уноса ТЭЦ.

Предметом исследования являются составы полимерно-минеральной композиции со сверхвысоким наполнением ПВХ золой уноса, технологические параметры экструзионной технологии получения изделий из разработанных композиционных материалов, физико-технические и потребительские характеристики полученной продукции.

Научная новизна исследований

1. Установлено влияние характеристик золы уноса ТЭЦ: химического состава, распределения частиц по размерам, величины удельной поверхности, характера упаковки частиц, влажности на свойства наполненного строительного композитного материала на основе ПВХ.

2. Впервые разработаны составы сверх высоконаполненных полимерно-минеральных композитов на основе ПВХ с содержанием до 170 массовых частей золы уноса на 100 массовых частей поливинилхлорида, из которых получены конкурентоспособные строительные изделия, превосходящие аналоги по прочности, твердости, ударной вязкости, влагостойкости, пожаробезопасности.

3. Определены закономерности изменения технологических характеристик экструзионного процесса (температура, давление) получения новых строительных изделий из композита на основе ПВХ в зависимости от степени наполненности золой уноса: увеличение степени наполнения минеральной составляющей на 10% приводит к увеличению температуры экструзии на 10 °С и давления на 9 МПа.

4. Установлено наличие слоистой структуры и развитого пограничного слоя полимерной матрицы на частицах золы уноса металлической природы, представляющего собой шипообразную оболочку из молекул ПВХ, с размерами глобулярных образований - шипов ~ 250-2000 нм.

Методологической основой диссертационного исследования послужили основные положения строительного материаловедения в области полимерных композиционных материалов с учетом современных тенденций в части ресурсо- и энергосбережения, в процессе выполнения работы применялись методы исследований: гамма-спектрометрия для изучения элементарного состава золы и образцов ПМК, микроскопия для исследования структуры материала, динамический механический анализ (ДМА) для выявления влияния состава композиции на качество получаемых материалов, физико-механические испытания, определение пожаробезопасности.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК: 05.23.05 – Строительные материалы и исследования, а именно: п. 7. «Разработка составов и принципов производства эффективных строительных материалов с использованием местного сырья и отходов промышленности».

Практическая ценность и реализация результатов исследования

1. Получена серия строительных материалов на основе отходов энергетики (золы уноса ТЭЦ), используемых в качестве наполнителя, и ПВХ – в качестве

связующего. Полученные материалы отличаются от аналогичных повышенной огнестойкостью и влагостойкостью, низким коэффициентом линейного теплового расширения, более низкой себестоимостью.

2. Разработан технологический регламент, в соответствии с которым выпущена экструзионным методом опытно-промышленная партия террасной доски и монтажной лаги из новых сверх высоконаполненных композитов.

3. Предложен способ совместной утилизации отходов энергетики (золы уноса ТЭЦ) и отходов ПВХ, который защищен «ноу-хау» и патентом РФ № 2469976. По результатам исследований создано опытное производство террасной доски из разработанных сверх высоконаполненных композитных материалов.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференции-семинаре «Инновационные технологии использования золошлаковых материалов в стройиндустрии и дорожном строительстве», Иркутск, 2010 г.; Международной конференции GPEC 2010 Global Plastics Environmental Conference 2010 Orlando, Florida, USA, 2010 г.; III Международном научно-практическом семинаре «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», г. Москва, 2010 г.; Международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести», Вологда, 2011 г.; Международном совещании «Плаксинские чтения», Верхняя Пышма 2011 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсоэнергосбережение, Экологические чистые технологии», Иркутск, ИрГТУ, 2011; Международном интерактивной научно-практической конференции «Инновации в материаловедении и металлургии» УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, 2011 г., V Всероссийский инновационный молодежный конвент. Москва, «Сколково», 2012 г.; Межрегиональной научно-исследовательской конференции «Молодые инноваторы Байкальского региона» 2013 г. Иркутск.

Публикации. Результаты работы нашли отражение в 30 научных публикациях общим объемом 12 п.л., лично автором – 3 п.л., из них 8 работ в изданиях перечня ВАК, ноу-хау, патент на изобретение № 2469976.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов и приложений, содержит 236 страниц текста, в том числе 57 рисунков, 47 таблиц, список литературы из 139 наименований.

Личный вклад автора. Формулировка идеи, цели и задач исследования, проведение аналитического обзора научно-технической информации, выполнение экспериментальных и теоретических исследований по изучению состава и свойств отходов и разработке технологического процесса производства ПМК, внедрение процесса получения группы композитов в производство, изучение физико-технических характеристик разработанных материалов строительного назначения обсуждение результатов и формулировка выводов.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1 Проблемы использования и производства полимерных композиционных строительных материалов; требования к полимерным строительным материалам, в том числе к террасной доске

Наиболее часто полимерные строительные материалы и изделия классифицируются по назначению: материалы и изделия для покрытия полов; отделочные и конструкционно-отделочные; теплоизоляционные; кровельные и антикоррозионные; лакокрасочные; трубы и сантехническое оборудование; элементы зданий и сооружений (навесные панели, окна, двери и пр.).

1.1.1 Общие требования к полимерным строительным материалам

Полимерные строительные материалы и изделия получают из пластических масс. Пластическими массами (пластмассами) являются материалы, основным связующим компонентом которых является полимер как синтетическое высокомолекулярное вещество. На стадии изготовления материалов пластмассы обладают способностью легко формоваться при определенной температуре и давлении. [1-5]

Кроме полимера (связующего) пластмассы могут содержать наполнители, пластификаторы, красители, стабилизаторы, смазывающие вещества и другие специальные добавки. По структуре и свойствам пластмассы и изделия являются представителями искусственных строительных конгломератов (комбинированных конгломератов и микроконгломератов).[6-12]

Применение различных полимеров и наполнителей позволяет значительно изменять структуру и строительные-технологические свойства пластмасс. Так, например, стеклопластики и другие материалы могут в ряде случаев достигать прочности стали, а пено- и поропласты, наполненные азотом,

воздухом или другими газами, могут иметь малую среднюю плотность, теплопроводность и хорошую звукоизоляцию.[5]

Одним из главных требований к пластмассам является их относительная легкость. Например, для большой группы поропластов средняя плотность находится в пределах 15...400 кг/м³. Однако для пластмасс в целом она колеблется в широких пределах от 10 и для некоторых специальных видов пластмасс до 2200 кг/м³. [1-5]

Пластмассы (особенно с листовыми наполнителями) должны обладать высокими механическими свойствами. Они хорошо сопротивляются сжимающим, растягивающим, изгибающим, истирающим и ударным воздействиям. Предел прочности большинства пластмасс с порошкообразными и волокнистыми наполнителями должен составлять при сжатии 120...160,0 МПа, а при изгибе 40,0... 60,0 МПа и более. Кроме того, важен высокий коэффициент конструктивного качества (1,0 ...2,0). [4,5]

Важной положительной характеристикой пластмасс является их малая теплопроводность и водопоглощение. Теплопроводность большинства обычных изделий из пластмасс составляет 0,25... 0,70 Вт/(м*°С), а у пористых материалов всего лишь 0,03 Вт/(м*°С), т. е. приближается к теплопроводности воздуха 0,023 Вт/(м*°С). [4-8]

Пластмассы и изделия на их основе должны иметь высокую химическую стойкость к воздействию растворов кислот, щелочей, органических растворителей, высокую коррозионную стойкость и механическую прочность.

К положительным свойствам пластмасс следует отнести также их способность прокрашиваться на всю толщину изделия и легко поддаваться технологической обработке – сверлиться, обтачиваться и свариваться в струе горячего воздуха.

Отдельные виды пластмасс (органические стекла) должны обладать высокой прозрачностью, которая находится в пределах 85...94 относительно прозрачности алмаза, принятую за 100. [9,10,11]

Особые декоративные свойства изделий из пластмасс: гладкая, не требующая полировки поверхность, четко выраженный колер — выгодно отличают эти изделия от других видов отделочных материалов[4-28].

Требования к террасной доске из древесно-полимерного композита.

Террасная доска может быть монолитной или полой, может изготавливаться экструзией (в основном) или прессованием. Часто, но не всегда, доски имеют ширину около 140 мм, высоту (толщину) около 21-32 мм, и длину 3600, 4800 или 6000 мм.[28-36]

Поверхность досок может быть гладкой, обработанной щетками (шероховатой), рельефной или имитировать структуру дерева. Они могут быть изготовлены из термопластичных полимеров любого типа, но большинство досок из ДПК произведены из полиэтилена, полипропилена или поливинилхлорида.

Наиболее очевидное требование – прочность на изгиб. Настил (доски) не должен разрушаться под воздействием определенной нагрузки. Требования ICC (сокращенно от ICC-ES—International Code Council Evaluation Service—Международный совет по нормам и правилам) определяют этот показатель, как однородно распределенная нагрузка 488 кг/м^2 (100 фунтов на квадратный фут доски)[28].

Модуль упругости и прогиб при изгибе. Строительные нормы (ASTMD7042) требуют, чтоб была зарегистрирована максимальная нагрузка при определенном прогибе испытываемого пролета. Требованием к общей нагрузке измеряемого прогиба доски является однородно распределенная временная нагрузка 488 кг/м^2 (100 фунтов на квадратный фут доски).

Коэффициент линейного расширения-сжатия, в данном случае, доля длины доски, на которую она будет растянута, сжата на 1°C . Должен составлять примерно $3,47 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ [28]. Террасная доска из ДПК должна иметь минимальную усадку – 0,3-0,5 % от длины доски.

Соппротивление скольжению. Не подкреплено нормативными документами, но является общепринятым, что коэффициент трения для

материалов, применяемых для «пешеходных» поверхностей, должен быть не менее 0,50, чтобы обеспечить безопасность движения.[28]

Водопоглощение. При погружении в воду на 24 часа материал из ДПК поглощает влагу от 0,7 до 3 %. При более длительном погружении поглощают до 20- 30% воды. Излишнее водопоглощение может привести к разбуханию и вспучиванию, а также ускоряет рост плесени.[28]

Горючесть. Большинство террасных досок из ДПК относят к классу С категории горючести с точки зрения распространения пламени. Существует четыре основных класса для индекса распространения пламени (FSI): класс А – от 0 до 25; класс В – от 26 до 75; класс С – от 76 до 200; ниже класса С – FSI выше 200 (неклассифицированные материалы)[28].

Эксплуатационно-технические недостатки полимерных материалов зависят в основном от их природы и назначения, однако можно выделить главные из них.

Подверженность воздействию ультрафиолетового излучения, приводящего к преждевременному старению материала. Длительное воздействие солнечных лучей, повышенной температуры в сочетании с кислородом воздуха может вызвать «старение» пластмасс, т. е. изменение их эксплуатационных свойств (прочности, цвета и др.). При старении возможно протекание в полимере двух процессов: структурирование (т. е. сшивка молекул), приводящее к потере эластичности, появлению хрупкости и последующему растрескиванию, и деструкция – разложение полимера на низкомолекулярные продукты. В пластифицированных пластмассах возможно также «выпотевание» и улетучивание пластификатора, что также приводит к потере эластичности.[28-47]

Пожароопасность. Большинство изделий из полимерных материалов горючи и обладают невысокой теплостойкостью (предельные рабочие температуры для многих из них 100...150°C, а некоторые начинают размягчаться уже при 60...80°C).[15]

Имея высокую начальную прочность, полимеры под действием длительных нагрузок даже при нормальной температуре проявляют большие *пластические деформации (ползучесть)*[49].

Химическая стойкость. Большинство полимерных материалов обладает высокой стойкостью к действию химически агрессивных веществ — растворов кислот, щелочей и солей. Однако многие пластмассы легко растворяются или набухают в органических растворителях. Для каждой пластмассы характерна своя группа растворителей, имеющих родственную к полимеру природу[49].

Низкая морозостойкость полимерных материалов не позволяет применять эти изделия в некоторых областях строительства.[15]

Способность накапливать статическое электричество, которое может создать серьезные проблемы при переработке пластмасс. Также оно может представлять пожарную опасность, поскольку возникающие искровые разряды могут превышать минимальную энергию, необходимую для зажигания горючих сред[50].

Экологическая опасность, т.к. не исключено выделение из полимеров токсичных веществ. В полимерах возможно присутствие остатков мономеров или низкомолекулярных продуктов деструкции полимеров, появившихся в результате нарушения технологических режимов синтеза и переработки. В связи с этим при использовании полимерных материалов, особенно для внутренней отделки помещений, для целей водоснабжения и т. п., необходима их тщательная санитарная проверка.[16]

Отсутствие в России системы утилизации отработавших свой срок полимерных материалов: окон, декоративных панелей, плит, мебели и т.д.

1.1.2 Проблемы производства полимерных строительных материалов

Спрос на строительные полимерные материалы в России растет. Это связано с тем, что в последние десятилетия полимеры становятся одним из

основных материалов в любой сфере промышленности, заменяя традиционные металл, дерево, стекло и бумагу.

Производство в России полимерных строительных материалов развивается, в основном, за счет заимствованных технологий, т.е. на базе зарубежного производства и зарубежных же технологических линий, куда загружается отечественное сырье. До начала 90-х годов темпы роста нашей химической промышленности неуклонно падали вместе с качеством продукции и отсутствием новых разработок. 90-е годы во всем мире характеризовались довольно бурным ростом отрасли, в России же в это время начали появляться первые современные производства, в основном изделий из полиэтилена и поливинилхлорида.[1,2]

Низкий уровень отечественных научно-технических разработок является следствием глубокого кризиса фундаментальных и, особенно, прикладных исследований в данной области. Отставание национального химического машиностроения от развитых стран мира ведет к тому, что производство и переработка пластиков полностью зависит от закупок импортных технологий и оборудования. Во многом сказывается отсутствие государственной инновационной политики по развитию нефтехимической отрасли[51].

По этим причинам не удовлетворяется внутренний спрос также по структуре производства полимеров. В России почти нет производства сшитого полиэтилена, а также современных трубных марок; в малых количествах выпускается линейный полиэтилен. Только в 2008 г. в ОАО «Казаньоргсинтез» запустили производство поликарбонатов. В стране не обеспечивается спрос на полимеры для изготовления пластиковых труб, применяемых в жилищно-коммунальном хозяйстве (водо-, газоснабжение) и конструкционных материалов инженерно-технического назначения [52].

Расширению производства полимеров требуется строительство новых мощностей по пиролизу углеводородов, примерно в два раза превышающих выпуск полимеров, поскольку пиролиз бензина позволяет получить лишь 50% целевых олефинов — этилена и пропилена[53].

Вместе с тем низкий технический и организационный уровень отечественного производства приводит к тому, что качество производимых материалов оказывается весьма невысоким. Поэтому целесообразно обратиться к ранее опробованным технологиям, основанным на серьезных научно-технических разработках изготовления материалов, использующим местное сырье, отходы промышленности, и экономящим в производстве дорогостоящие энергию и топливо.

Актуальной проблемой является отсутствие разработок новых термопластичных композитов и компаундов, путем модификации базовых полимеров — поливинилхлорида, полиэтилена, полипропилена, полистирола и их сополимеров. Композиционные полимерные материалы могут широко применяться наряду с конструкционными пластиками (полиэтилентерефталатом, поликарбонатом, полиамидами).

Российский рынок строительных полимеров развивается, в основном, за счет импортного сырья. Рынок полипропилена за последние годы вырос более чем в три раза, а поставки – более чем в шесть раз. К примеру, российские компании ввели новые мощности в Буденновске и Нижнекамске, которые должны были удовлетворить растущий спрос на полипропилен. Но задержка выпуска была вызвана также аварией на заводе в Буденновске, из-за которой объемы производства заметно упали. Таким образом, важной проблемой в России остается некачественное оборудование или неквалифицированный персонал[54].

В то же время, одним из самых острых вопросов в России, как и в мире, стоит задача производства качественного поливинилхлорида – одного из основных полимеров, используемых в строительстве. Эта ситуация осложняется еще тем, что среди всех стран бывшего Советского Союза выпускает поливинилхлорид только Россия. Завод на Украине стоит из-за отсутствия сырья, да и российские заводы тоже работают не на полную мощность. И это при том, что объемы импорта возросли почти в 20 раз, а емкость рынка – в 4 раза [54,55].

В связи с этим, растет доля импорта в потреблении ПВХ-пластиков, при этом дефицит полимера носит и регулярный характер, и сезонный, во время пика спроса на пластиковые окна.

Главной проблемой решения этого вопроса является ограниченность сырьевой базы – у нас нет производства некоторых марок смол ПВХ, которые, к тому же, сложно ввозить из-за рубежа в силу высокого мирового спроса на эту продукцию (мировая потребность в ПВХ-пластиках составляет свыше 50 млн. тонн в год)[54].

Сейчас можно увидеть, что на нашем рынке появляется все больше пластика ПВХ южнокорейского производства. Это обусловлено ожидаемым вводом в строй новых мощностей, в основном в странах Азии, которая к 2015 году будет выпускать более 10 млн. тонн ПВХ (67% от вновь вводимого производства)[55].

Самой низкой потребностью на российском рынке обладает полистирол, где объемы потребления в период с 2000 года выросли всего в 2,5 раза. Объемы выпускаемого полистирола в России, Украине и Казахстане малы, но производства работают далеко не на полную мощность из-за отсутствия собственной сырьевой базы.

Таким образом, сильно сказывается недостаток местного сырья.

Также стоит отметить, что в настоящий момент импортное сырье оказывается дешевле российского, транспортные затраты оказываются ничтожными, а ориентация отечественного производителя на внутренний рынок с его высокими ценами приводят к тому, что закупка местного сырья оказывается невыгодной.

Описанная сложившаяся ситуация позволяет сделать вывод, что в Российской Федерации в недостаточном объеме производятся качественные полимерные строительные материалы, в том числе композиционные. Производство данной продукции в нашей стране является проблемной отраслью.

1.1.3 Анализ темпов роста строительства

За январь-февраль 2012 года в России было введено в эксплуатацию 5,9 миллиона квадратных метров жилья, что на 13,1 процента выше показателя за аналогичный период 2011 года[56].

Также по данным Росстата, организациями всех форм собственности в январе-феврале было построено 66500 квартир, в том числе в феврале - 30 тысяч квартир[56].

Объем работ в денежном выражении, выполненных в строительной сфере за два месяца, составил 475,1 миллиарда рублей, что на 9,2 % больше, чем в январе-феврале прошлого года. В феврале этот показатель составил 240,4 миллиарда рублей (больше на 6,8 % относительно аналогичного периода 2011 года)[56].

Министерство регионального развития РФ прогнозирует, что по итогам 2013 года в стране планируется ввести в эксплуатацию не менее 69 млн кв. м. миллионов квадратных метров жилья. В 2012 году в России построили 65,2 миллиона "квадратов" (826 800 квартир)[57,58].

Согласно федеральной целевой программе "Жилище", доля семей, которые смогут купить жилье за счет собственных средств и кредитов, к 2015 году должна увеличиться до 30 процентов от общего числа граждан. В 2014 году годовой объем жилищного строительства должен составить 79 миллионов квадратных метров, а в 2015 году - 90 миллионов "квадратов"[58].

Темпы роста рынка недвижимости, а именно строительство новых объектов, реконструкция и ремонт напрямую связано с производством строительных материалов.

Чтобы обеспечить потребность в строительстве объектов недвижимости, на сегодняшний день недостаточно производственных мощностей. К примеру, дефицит цемента наблюдается уже сегодня, и с каждым годом будет только расти. Необходимо вводить новые мощности производства, а также модернизировать старые. В ближайшие годы потребуются инвестиции в

десятки миллиардов рублей, а также потребуются новые энергетические ресурсы. С одной стороны, данный дефицит выгоден монополизированному сегменту производства материалов – есть возможность диктовать цены. С другой стороны – это потеря дополнительной прибыли[59].

Учитывая тот факт, что Россия вступает в ВТО, можно ожидать прихода на российский рынок дешевых строительных материалов импортных производителей. А увеличение цен на энергоносители до мирового уровня и низкие темпы модернизации производства строительных материалов сделают российскую продукцию менее конкурентоспособной.[1-3]

Также можно выделить, что вместе с рынком производства строительных материалов монополизирован и рынок строительства объектов недвижимости. Вывод из этого: стоимость недвижимости будет только расти. Дополнительной причиной ценового роста выступит дефицит строительных материалов и рост тарифов на энергоносители. И как следствие, сам увеличение стоимости недвижимости будет усиливать удорожание строительных материалов, который в свою очередь будет повышать плату за недвижимость. Цены на стройматериалы будут расти, пока дорожает жилье[59].

Увеличение стоимости строительных материалов в последние годы опережает инфляцию. Среди причин, которые привели к данной ситуации на рынке можно выделить следующие:

- дефицит на мировом рынке сырья и спекулятивный характер торгов на мировых биржах;
- монополизация рынка производства строительных материалов;
- дефицит строительных материалов на внутреннем рынке;
- рост объемов строительства в последние несколько лет;
- недостаток производственных мощностей[59].

Если объединить финансовые проблемы производства строительных материалов с недостатком местного сырья для их производства, можно сделать вывод, что существует необходимость разрабатывать и внедрять производство

новых строительных материалов из местного недорогого сырья. Этого можно достичь, используя в качестве сырья крупнотоннажные отходы производства.

Отходы при их рациональной переработке перестают быть отбросами и становятся ценными исходными материалами, в том числе для строительной индустрии. Такие отходы являются техногенным сырьем, которое обладает рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с обычным сырьем, а также часто технологически более подготовленные (частично обожженные, диспергированные и т.п.) [60].

Исходя из этого, можно говорить о целесообразном использовании таких отходов для изготовления строительных материалов.

1.2 Обоснование видов отходов (в том числе и на примере Байкальского региона) для использования в качестве сырья при производстве полимерных композиционных материалов

Известно, что в мировой и российской практике отходы промышленности при производстве строительных материалов используются давно. Тенденции развития производства в целом, и в особенности строительной индустрии, предусматривает широкое использование техногенного сырья. В настоящее время в условиях сокращения запасов разведанного природного сырья, а так же усиливающейся антропогенной нагрузки на окружающую среду особое значение приобретает проблема расширения использования отходов производства и потребления [61].

В условиях роста объемов строительства жилья возрастает потребность в обеспечении строительной индустрии высокоэффективными, экологически чистыми и относительно дешевыми строительными материалами [62].

Актуальным для повышения мощностей предприятий строительного комплекса может стать рациональное использование отходов производства и комплексное использование местных сырьевых ресурсов, что является экономически целесообразным и технически оправданным. Важным

компонентом этого направления исследований является экологическая составляющая, так как при этом может быть достигнут эффект за счет очистки территории от вредных отходов производства и высвобождения земель для других мероприятий, например, для сельскохозяйственных работ или застройки.

Поэтому современное строительство во многих случаях базируется на применении местных строительных материалов и вторичных сырьевых ресурсов, что экономически целесообразно и является наиболее рациональным направлением развития собственной базы. Наибольшее применение при возведении и ремонте зданий нашли материалы из глин, песка, гравия, древесины, продуктов и отходов сельскохозяйственного производства, зол и шлаков, а также отходов промышленности [63].

Основными видами техногенных продуктов России, пригодных для использования в производстве строительных материалов, являются золы и шлаки ТЭС, отходы угледобычи горно-обогатительных комбинатов, переработки горючих сланцев, металлургические и бытовые отходы.

Так, например, уже нашли применение вяжущие, бетоны и изделия с использованием различных шлаков, шламов, зол, древесно-стружечных, а также строительных отходов, образующихся при сносе и реконструкции зданий и сооружений. Шлаки металлургической промышленности используются для производства шлакового кирпича.

Золы и золошлаковые смеси используют в дорожном строительстве при сооружении земляного полотна, для устройства укрепленных оснований, в качестве заполнителя и минерального порошка в асфальтобетонах. Использование золошлаков, а также отходов производства асбестоцемента, камнедробления, шлаков металлургической промышленности и др. является одним из резервов получения строительных материалов. Зола уноса применяется как добавка взамен части цемента и заполнителя при приготовлении тяжелого бетона и раствора [63].

Перспективным способом утилизации отходов термопластов (пластмасс), является их повторная переработка: изготовление отделочных материалов; использование отходов полиолефинов в композиции с битумом является одним из направлений, позволяющих модифицировать свойства покрытий; вторичное поливинилхлоридное сырье находит применение, при получении линолеумной плитки; отходы полиэтилена могут быть использованы в композициях с полистирольными пластиками, при этом возрастают такие показатели последних, как ударная вязкость и относительное удлинение при разрыве и т.д. [27]

Байкальский регион представлен пятью основными отраслями народного хозяйства: лесопромышленный комплекс (включая целлюлозно-бумажное производство), горно-добывающая и горно-перерабатывающая, металлургическая, химическая и нефтехимическая промышленность и энергетика. На территории Иркутской области за 2010 год по данным статистической отчетности образовалось отходов 72 740 173,810 тонн[63]. Существенную часть этого количества составляют отходы теплоэнергетического комплекса – золошлаки.

В Иркутской области за годы работы энергосистемы на золоотвалах накоплено около 80 млн. тонн золошлаковых отходов, которые являются серьезнейшим источником загрязнения окружающей среды региона. Суммарный годовой выход золошлакоотходов – около 1,7 млн. тонн. Всего в Иркутской области действует 13 крупных тепловых электрических станций (ТЭС), работающих на твердом топливе. Ежегодно объем потребления угля растет. В 2007 году было переработано 10 млн. тонн угля, в 2008 году - 14 млн. тонн, а в 2015 году прогнозируется переработать 26 млн. тонн. Прогнозируется, что через несколько лет в Иркутской области хранить золошлаки будет негде[63].

Следовательно, необходимо разрабатывать технологии утилизации золошлаковых отходов, в том числе, применяя их как сырье для производства строительных материалов.

Использование техногенных продуктов в производстве строительных материалов способствует решению следующих основных задач:

- экономии энергосырьевых ресурсов;
- утилизации отходов;
- улучшению экологической обстановки в регионах.

Однако степень использования отходов для производства строительных и, в частности, отделочных материалов остается невысокой. Это вызвано рядом причин, в том числе разнообразием и неустойчивостью состава промышленных минеральных отходов, изменением их свойств в процессе хранения с течением времени, а также зачастую наличием токсичных и вредных примесей, препятствующих их использованию в производстве строительных материалов, особенно, гражданского назначения.

Важной задачей является создание таких материалов, которые при использовании отходов в их составе для получения новых заданных свойств, будут удовлетворять существующим нормативным требованиям к техническим характеристикам.

Например, использование отходов при производстве композиционных полимерных материалов с целью повышения их огнестойкости не должно отрицательно повлиять на плотность, теплофизические и другие характеристики строительного материала.

Так как минеральные отходы зачастую являются инертными материалами предложено использовать их в качестве наполнителя для повышения физической и химической стойкости, в частности, огнестойкости строительных материалов.

В связи с этим, представляется важным установление возможности использования крупнотоннажных минеральных отходов и для производства композиционных строительных материалов.

1.3 Анализ условий применимости золы уноса в качестве наполнителя ПВХ-композиции

Анализ многочисленных исследований по наполнению полимеров показал, что существует ряд характеристик наполнителя, соответствие которым является необходимым условием для их использования в данном качестве

Изучив некоторое количество основополагающих научных трудов по наполнению полимеров можно надеяться, что описываемые параметры наполнителей будут достаточны для получения данных о возможности применения золы уноса в этой области.

Исследуемый в данной работе материал с золой уноса в качестве наполнителя имеет дисперсную (дискретную) макроструктуру [64], при такой структуре в полимерной смеси при плотной упаковке дисперсных частиц происходит образование непрерывного пространственного каркаса из них, в результате некоторые свойства материала становятся как у непрерывного сплошного материала второй фазы.

Основные свойства структуры дисперсных композитов согласно [64-66]: форма частиц; размер и распределение частиц по размерам; удельная поверхность частиц (протяженность границы раздела фаз); упаковка частиц; содержание фаз и химический состав. Выбор наполнителя определяется в первую очередь этими характеристиками. Таким образом, данные параметры могут быть применены в качестве требований к минеральным наполнителям композиций для производства строительных материалов.

1.3.1 Основные свойства дисперсных наполнителей

Форма частиц

Частицы дисперсных наполнителей, большая часть которых представлена минералами руд и скальных пород, при дроблении имеют нерегулярную форму, однако некоторые, например, кальцит, микросферы могут быть более

правильной формы. В то же время в реальном наполнителе редко встречаются частицы правильной формы.

В результате необычайного различия формы частиц большинства наполнителей и невозможности ее строгой характеристики, для классификации наполнителей и анализа влияния их на свойства композиционного материала, основными параметрами являются только размер частиц и площадь поверхности.

Вследствие полидисперсности многих видов наполнителей вводится стандартный показатель размера частиц – диаметр эквивалентной сферы (ДЭС), т. е. это диаметр сферы, объем которой равен объему частицы. Основным методом определения полидисперсности является седиментационный анализ. [64,65] Более точно, но в то же время более трудоемко и длительно, размер частиц определяется микроскопией. Также используется ситовой анализ, который незаменим при изучении частиц размером более 40 мкм.[65] Интегральные и дифференциальные кривые, характеризующие распределение частиц по размерам можно получить с помощью этих методов.

Распределение частиц по размерам

Данная характеристика имеет важное значение для дисперсного наполнителя, т.к. при ее отсутствии нельзя связать полифракционность с удельной поверхностью и плотностью упаковки наполнителя.[65] Для реальных наполнителей характерно широкое или узкое распределение частиц по размерам.

Анализа и оценка таких значимых для наполнителя характеристик, как стандартное отклонение и искажение (би- или полимодальное) распределения частиц, производится на основе отношения среднечисловых и среднемассовых размеров частиц. Определение этих показателей неспециалистом весьма затруднительно и, соответственно, они должны выдаваться поставщиком, чтоб облегчить оптимизацию выбора и использования наполнителя потребителем. [64,65]

Качественный анализ критериев применимости наполнителя должен заключаться в оценке зернистости и характера распределения частиц по размерам. Это обусловлено тем, что средние значения размеров частиц могут повлечь неверные выводы, т.к. случаются резкие отклонения от средних показателей размеров частиц.

Различие в характере распределения частиц по размерам значительно сказывается на физико-химических свойствах наполненного композита: реологии, абразивности и устойчивости к истиранию, характере упаковки частиц, химической стабильности, оптических свойствах, прочности материала. Поэтому в общем случае необходима полная характеристика дисперсности наполнителей. [64,65]

Удельная поверхность

Удельная поверхность – еще один важнейший показатель эффективности дисперсного наполнителя, особенно в случае адсорбции или взаимодействия с поверхностью наполнителя полярных полимеров либо других веществ. [65]

Показатель удельной поверхности дисперсной фазы определяет протяженность границы раздела фаз композита. Одинаковая удельная поверхность не может быть основана только на одинаковом характере кривых распределения частиц по ДЭС, необходимо также учитывать форму частиц. Поэтому для получения точных значений применяют специальные методы, например, метод адсорбции азота по уравнению БЭТ и другие методы. [65]

Если известен диаметр эквивалентной сферы дисперсных частиц, то величину удельной поверхности можно рассчитать по формуле:

$$S_{уд} = K/\rho \times \Sigma(W/d_{эс}),$$

где K – коэффициент пропорциональности, учитывающий форму частиц ($K=6$ – для сфер, 12 – для призматических частиц, 18 – для пластин, $18-30$ – для тонких чешуек); ρ – плотность, $г/см^3$; W – массовая доля фракции; $d_{эс}$ – диаметр эквивалентной сферы.

Упаковка частиц

Плотность упаковки – одна из важнейших структурных характеристик структуры полимерных материалов, от которой зависят физико-химические и физико-механические свойства материалов.[66,67] Плотность упаковки дисперсных частиц зависит не только от природы, формы, распределения по размеру частиц, но и от взаимодействия между частицами, характеризующего его агрегатную устойчивость. [64] Максимальная объемная доля дисперсной фазы, находящейся в заданном объеме, является главной характеристикой для оценки плотности упаковки дисперсных наполнителей. Данная величина определяется как отношение насыпной плотности к истинной плотности наполнителя:

$$\varphi_m = \rho_n / \rho_i ,$$

где ρ_n – насыпная плотность, г/см³; ρ_i – истинная плотность.

Установлено[64], что при размерах частиц более 40 мкм, φ_m не зависит от их размера, в то время как, с уменьшением размера меняется форма частиц и образуются прочные крупные агрегаты, которые состоят из отдельных частиц, и заметно уменьшается φ_m .

Также известно, что при приложении давления и сдвиговых напряжений (недостаточных для деформации частиц), насыпная плотность дисперсных наполнителей зависит от давления и размера частиц. Под давлением φ_m (упаковка) для наполнителей диаметром более 40мкм почти не меняется, но для частиц менее 20 мкм является функцией давления и в пределе стремится к упаковке $\varphi_m = 0,6$ – статистически рыхлой, что приводит к разрушению агрегата. В зависимости от давления φ_m пластичных частиц может возрастать от начальной до 1,0. [64] При использовании существующих методик упаковку дисперсных систем можно направленно регулировать с возможностью получения высокоплотных упаковок части со значением φ_m до 0,98.

Высокая степень наполненности требует широких интервалов размеров частиц дисперсного наполнителя, т.к. каждая тонкая фракция оставляет

свободный объем, который должен быть занят еще более тонкой фракцией (метод непрерывного подбора фракций). [65]

В результате максимальное содержание дисперсной фазы зависит от плотности упаковки. При использовании систем с высокоплотной упаковкой количество дисперсной фазы может увеличиться до 0,95, а матрицы уменьшится до 0,05. Таким образом, изменяя плотность упаковки и содержание дисперсной фазы можно создавать низко- либо высококонцентрированные композиционные материалы. [64,68]

Химический состав

Химический состав чаще всего является определяющей характеристикой для возможности использования наполнителей. В таблице 1 приведена классификация часто используемых дисперсных наполнителей [65] и их химическая стойкость. Представленные в таблице свойства основных видов наполнителей могут применяться только к практически чистым веществам. Для использования определенных наполнителей необходим подробный дополнительный анализ состава и возможных примесей, которые могут реагировать с компонентами композиции или негативно влиять на полимерное связующее.

Таблица 1 – Классификация наполнителей по химической стойкости

Класс	Происхождение	Тип	Химическая стойкость	
			К кислотам	К щелочам
Оксиды	Минеральное	Оксид алюминия	X	X
		Гиббсит (тригидроксид алюминия)	X	X
Соли	Минеральное	Карбонат кальция	П	С
		Борит (сульфат бария)	О	О
	Органическое	Арагонит, кабронат кальция (ракушечник)	П	С
Силикаты	Минеральное	Силикат циркония (циркон)	О	О
		Силикат кальция (воластонит)	С	С
		СаMg-силикат (тремолит)	С	X
		Силикат алюминия (каолинит)	X	X
		К-алюмосиликат (слюда)	X	X
		Силикат магния (талк)	X	X
		Диоксид кремния	О	П
		Гидроксид кремния (опал)	О	X
	Синтетическое	Na, K – алюмосиликат (полево- шпат, нефелин)	X	X
		Стекло (микросферы)	X	П
		Осажденный силикат кальция	П	С

Отдельные элементы	Минеральное	Кристаллический углерод (графит)	О	О
	Синтетическое	Металлы	П	О
Органические вещества	Растительное	Каменный уголь (антрацит)	О	С
		Древесина	П	П

Обозначения: О – отличная, Х – хорошая, С – средняя, П - плохая.

Химический состав наполнителей определяет все процессы, протекающие на их поверхности, и связанные с этим эффекты. При этом важно учитывать, что состав и свойства поверхности наполнителя часто не соответствует составу и свойствам его в объеме, в связи с чем, автор [65] делает вывод о необходимости исследования свойств частиц наполнителя в средах, где они были диспергированы. Также поверхностная активность (в безводных средах) зависит от адсорбированной на поверхности влаги.

1.4 Выбор дисперсного наполнителя

В данной части рассмотрена оптимизация выбора дисперсных наполнителей по целевому назначению, на основе анализа свойств наполненных полимерных материалов, на которые влияют в той или иной степени различные наполнители, определяющие возможность их использовать в каком-либо качестве.

1.4.1 Уменьшение стоимости композита

Снижение стоимости полимерных материалов является одним из основных условий использования дисперсного наполнителя. Основные показатели, которые определяют возможность удешевления композиций с применением наполнителей – объемное содержание наполнителя и стоимость единицы объема. Наибольший эффект снижения общей стоимости композиции будут давать наполнители, обеспечивающие высокоплотную упаковку частиц, и цена которых в разы меньше цены самих полимеров.

В работе [65] предлагается графический метод сравнения стоимости полимерной матрицы и наполнителя, такие графики можно получить для любой системы, на которых можно выявить взаимосвязи между различными

составляющими в стоимость. С целью максимального удешевления такие графики сравнивают для нескольких наполнителей, с выявлением наполнителя с максимальной объемной долей (φ_m), т.к. они обеспечивают наибольшее снижение стоимости композиции и выигрыш в свойствах.

1.4.2 Изменение физико-механических свойств

Для улучшения физико-механических свойств композита, в первую очередь нужно выбирать наполнитель с наибольшим значением максимальной объемной доли (φ_m), ведь в этом случае можно изучить широкую область составов ниже φ_m , которые позволят получить нужные свойства. Но во многих случаях в силу технических причин требуются наполнители с более низкой φ_m , при этом должен быть найден баланс между стоимостью и другими свойствами композита, в первую очередь реологическими. [65]

Так, при максимальной плотности упаковки частиц композиция практически не обладает текучестью, при не высокой плотности упаковки чем выше максимальная объемная доля наполнителя, тем ниже вязкость композиции. Вязкость зависит от формы частиц, чем меньше K - коэффициент пропорциональности, учитывающий форму частиц, тем она ниже.

Также реологические свойства зависят от распределения частиц по размерам: при узком распределении крупных частиц наблюдается эффект дилатансии при сдвиге; при широком распределении смеси крупных и мелких частиц наиболее низкая вязкость; при широком распределении для мелких частиц вязкость почти не зависит от условий сдвига; при узком распределении мелких частиц у композиции наиболее высокая вязкость и лучшая равномерность распределения частиц в объеме.

При взаимодействии частиц наполнителя без флокуляции у композиции наименьшая вязкость, с флокуляцией – тиксотропный эффект и снижение вязкости при увеличении скорости сдвига.

На вязкость влияет диспергируемость наполнителя, при полной – наименьшая вязкость, при неполной – тиксотропный эффект и уменьшение вязкости при старении дисперсии и увеличении скорости сдвига.

Основные характеристики дисперсных наполнителей пп. 1.3.1 влияют на следующие физико-механические характеристики: модуль упругости; разрушающее напряжение при разрушении; разрушающее напряжение при изгибе; ударную вязкость; разрушающее напряжение при сжатии; твердость; коэффициент трения; износостойкость; плотность. В случае невозможности улучшения желаемых физико-механических свойств полимерных композитов с помощью одного вида наполнителей, рекомендуется использовать смеси наполнителей, в том числе использование смесей разнородных наполнителей может быть особенно эффективным. В таблице 2 представлен выбор наполнителя с учетом тех физико-механических свойств термопластов, которые необходимо улучшить при помощи наполнителя.

Таблица 2 - Выбор наполнителя с целью улучшения физико-механических свойств[65]

Улучшаемый параметр	Физическое состояние полимерной матрицы	Параметр, не ухудшаемый с введением наполнителя	Требования к матрице	Требование к наполнителю (размер, форма, адгезия к полимеру)
Модуль упругости	Стеклообразное	Ударная вязкость	Повышенная пластичность	Мелкодисперсные частицы с узким распределением по размерам
Модуль упругости	Стеклообразное	Прочность при растяжении	Повышенная пластичность и жесткость	Тонкие волокна или чешуйки с хорошей адгезией к матрице
Модуль упругости	Стеклообразное	Прочность при изгибе	Повышенная жесткость	Высокое значение ϕ_m , хорошая адгезия
Износостойкость	Стеклообразное	Прочность при сжатии	Повышенная пластичность и жесткость	Высокая твердость, высокая ϕ_m
Плотность (уменьшение)	Стеклообразное	Прочность при сжатии	Повышенная твердость и жесткость	Стекланные микросферы
Модуль упругости	Эластичное	Вязкость	Низкая вязкость расплава	Высокое значение ϕ_m , широкое

				распределение частиц по размерам
Прочность при растяжении	Эластичное	Ударная вязкость	Высокое удлинение при разрыве	Мелкодисперсные частицы с узким распределением по размерам и средняя адгезия к матрице
Ползучесть	Эластичное	Прочность при растяжении	Высокое или среднее удлинение при разрыве	Мелкодисперсные частицы с широким распределением частиц по размерам, хорошей адгезией к матрице
Прочность на раздир	Эластичное	Ударная вязкость	Среднее или высокое удлинение при разрыве	Мелкодисперсный наполнитель с узким распределением частиц по размерам и средней адгезией к матрице

Следует учесть, что не все типы композиций с максимальным содержанием наполнителя будут текучими и могут быть переработанными. Вследствие этого, вязкость является лимитирующим фактором при любом способе (особенно экструзии и литье под давлением) переработки полимеров, и во многом этот критерий является основным при выборе наполнителя.

1.5 Анализ механизмов взаимодействия наполнителей различного вида с полимерной матрицей

1.5.1 Влияние гетерофазности на регулирование напряжений в композиционном материале

Наполненный полимерный материал имеет неоднородную структуру, т.к. образуются границы раздела между фазами. В результате различного реагирования фаз материала на внешние воздействия появляются области с высокой и низкой концентрацией напряжений (термических, механических и

др.), что является основным признаком отличия композита от однофазного материала. [64,68,70]

При этом наиболее сильные внутренние напряжения возникают на границе раздела фаз и уменьшаются по мере отдаления дисперсной частицы от матрицы. Величина внутренних остаточных напряжений зависит как от природы исходных материалов, так и от свойств структуры (форма, размер частицы) и производственной технологии, меняя эти параметры можно варьировать значения внутренних напряжений в материале.

Вокруг дисперсной частицы под воздействием внешних напряжений образуется область концентрации напряжений, при этом уровень напряжений зависит от формы частицы, чем больше форма отличается от шарообразной, тем он выше. Помимо концентрации напряжений частица воспринимает на себя значительную долю внешних напряжений. Чем ее форма больше отличается от шарообразной, тем больше воспринимает напряжений на себя, поэтому при использовании волокнистого наполнителя его прочность будет способствовать упрочнению композиционного материала.

Вследствие чего, гетерофазность материала дает возможность изменять уровень внутренних напряжений и напряжений, воспринимаемых различными структурными составляющими материала и вместе с этим регулировать эксплуатационные и технологические свойства композитов. [64]

1.5.2 Образование поверхностного слоя

Поверхность раздела фаз, образующаяся в процессе технологического производства при контакте компонентов – основная характерная особенность композиционных материалов. Выделяют несколько видов границы раздела: твердое тело – твердое тело, твердое тело – жидкость, твердое тело – газ, жидкость – жидкость, жидкость – газ. Во всех перечисленных случаях будут различаться природа граничных слоев, структура материала, взаимодействие фаз.

Итоговым желаемым результатом нужно считать получение эксплуатационной, термодинамически и во времени устойчивой границы раздела фаз, которая характеризовалась бы хорошей адгезией и распределением напряжений по всей структуре композита. [64,69]

В основе изучения закономерностей взаимодействия на границе раздела фаз лежит термодинамический подход. Исходя из работ [64,67,69] адсорбция полимера на поверхности дисперсной фазы наполнителя является одним из основных процессов, определяющих свойства наполненных систем.

Граница раздела фаз – это поверхностный слой определенной толщины, которая будет зависеть от термодинамических и молекулярно-кинетических параметров фаз. Поверхностный или граничный слой - неоднородный тонкий слой определенной толщины и объема, который располагается по обе стороны поверхности, разделяющей две соприкасающиеся объемные фазы, и свойства граничного слоя отличны от свойств полимера в объеме. Строго определить границы поверхностного слоя невозможно, вследствие непрерывного перехода в объемную фазу, из-за чего толщина граничного слоя определяется как расстояние, при котором изменение свойств или состава слоя от объемной фазы будет меньше заданной величины. При этом некоторые свойства изменяются при отдалении от середины слоя совершенно по-разному, поэтому толщина поверхностного слоя будет зависеть также от того, по изменению какого свойства она определяется. [64,67,70]

Гетерогенность наполненных полимерных материалов определяется присутствием дисперсной фазы в полимере и различиями в структуре полимера в граничном слое и в объеме, а также существованием границ раздела форм надмолекулярных структур. [67] Структура поверхностного слоя, образующегося в процессе адсорбции, определяет важнейшие механические и физико-химические свойства получаемого композита. В дисперснонаполненных системах структура поверхностных слоев полимера имеет важное значение для изучения механизма структурообразования. В связи

с этим необходимо рассматривать адсорбцию полимеров на границе раздела фаз и конформации адсорбированных цепей.

Наиболее приемлемая и физически обоснованная теория адгезии [67,69] – это адсорбционная теория, согласно которой адгезия связана с адсорбцией, т.е. с действием межмолекулярных сил на границе раздела.

Специфические особенности адсорбции полимеров, в отличие от адсорбции низкомолекулярных веществ, заключаются в переходе на поверхность адсорбента не изолированных молекул, а агрегатов макромолекул и других надмолекулярных образований, появляющиеся в растворах даже при невысоких концентрациях. Состав этих агрегатов и форма макромолекул зависят от концентрации раствора. При изменении концентрации непрерывно меняется размер и форма адсорбируемых частиц.

При исследовании свойств наполненных полимеров различают адсорбционный слой и поверхностный слой, т.к. первый имеет толщину в несколько молекул, а второй – может быть значительно удален от поверхности.

Адсорбционные силы играют основную роль при адгезии полимеров к твердым телам. Адсорбция, определяя физико-химические и физико-механические свойства композитов, также существенно влияет на формирование материала в процессе его переработки, в присутствии твердых тел иной природы – наполнителей, пигментов, на поверхности металлов и др.

В ходе получения полимерных материалов имеет значение хорошее смачивание твердого тела полимерными молекулами, необходимое для образования прочного адгезионного соединения и высоких параметров физико-механических свойств композита.

В результате адсорбционного взаимодействия молекул полимера с твердым телом на границе раздела уменьшается подвижность цепей в процессе формирования полимерного материала и при его эксплуатации, что ведет к изменению структуры поверхностного слоя, а также изменению температур, при которых в поверхностных слоях происходят структурные и термодинамические переходы, и сопутствующим явлениям. [67]

1.5.3 Структура на границе раздела полимер – твердое тело

Известно, что толщина межфазного слоя будет увеличиваться с уменьшением поверхностного натяжения на границе раздела фаз и с увеличением поверхностной энергией фазы (γ). Все тела по величине удельной поверхностной энергии делятся на высокоэнергетические, у которых $\gamma > 200$ эрг/см², и низкоэнергетические $\gamma < 100$ эрг/см². К высокоэнергетическим относятся почти все металлы, стекла, керамики, самая высокоэнергетическая поверхность у алмаза. Полимерные материалы относятся к низкоэнергетическим поверхностям, например, полиолефины 30 эрг/см², фенолформальдегидные смолы 40-45 эрг/см², полиамиды 45 эрг/см² и т.д. [64]

В то же время установлено [64], что на границе раздела формируется слой со структурой, отличающейся от структуры фазы, и толщина слоев может иметь огромные значения в полимерах, а также поверхностная энергия четко не связана с величиной толщины межфазного слоя: из этого следует ограниченность термодинамического подхода.

Особенности влияния природы контактирующих фаз на основные закономерности образования межфазных слоев и их структуры учитывает молекулярно-кинетический подход. Экспериментально установлено, что на твердой поверхности образуется уплотненный слой, ориентированный межфазный слой, не зависящий от поверхностной энергии. Для полистирола и полиметилметакрилата на металле толщина этого слоя 2-4 мкм, для жесткоцепных полимеров и высокоэнергетических поверхностей за межфазным слоем образуется разрыхленный слой, и чем выше энергия когезии полимера, тем больше его толщина. При этом толщина общего граничного слоя для полистирола и полиметилметакрилата на металле – 30 и 60 мкм, т.е. толщина рыхлого слоя значительно больше межфазного слоя. Для низкоэнергетических поверхностей имеет место образование только межфазного слоя малой протяженности (2-4 мкм) с плотной (изменение плотности 2-5%) и ориентированной структурой.

В связи с этим, можно сделать вывод о формировании граничных слоев со сложной структурой под влиянием поверхности раздела с твердым телом в высокомолекулярных соединениях. Изменение структуры поверхностных слоев твердого тела под действием полимера происходит на расстоянии всего 5-7 ангстрем, которые входят в межфазный слой.

Имеются экспериментальные данные по образованию граничных слоев на расстоянии 200-500 мкм, т.к. природа макромолекул, способность их к формированию агрегатов, заторможенность релаксационных процессов ведет к тому, что ограничение подвижности, возрастание жесткости цепи передается на значительные расстояния по «эстафетному механизму». В случае системы низкоэнергетическая поверхность – гибкоцепной полимер суммарная плотность граничных слоев полимеров может быть больше объемной, или меньше для системы высокоэнергетическая поверхность – жесткоцепной полимер. [64]

При образовании границы раздела фаз под действием термодинамических факторов формируются межфазные слои, представляющие собой для системы полимер – твердое тело плотный ориентированный слой полимера и измененную на глубину 5-7 ангстрем поверхность твердого тела, изменение структуры и свойств полимера наблюдаются и после межфазного слоя, это связано с образованием переходных (разрыхленных слоев).

Таким образом, выполненный анализ общих закономерностей образования границы раздела фаз для системы полимер – твердое тело, позволяет предположить природу взаимодействия сред в процессе создания новых полимерно-минеральных композиционных материалов.

1.5.4 Структурообразование в дисперснонаполненных полимерах

Структурообразование в наполненных полимерах рассматривается с точки зрения формирования в полимере структуры в результате взаимодействия частиц наполнителя друг с другом, и с точки зрения структурообразования в полимере с наполнителем. С увеличением количества

введенного наполнителя или уменьшением размера его частиц усиливается роль поверхностных явлений на границе раздела фаз, т.к. вместе с этим увеличивается толщина межфазного поверхностного слоя, обладающего специфическими свойствами. [67,69]

Взаимодействия соприкасающихся фаз в дисперсных системах определяются молекулярно-поверхностными явлениями. Исследования дисперсных систем позволяют сформулировать представления о характере взаимодействия частиц наполнителя между собой и с полимерной матрицей – дисперсной средой и, соответственно, о механизме действия активных наполнителей. Исследования процессов структурообразования показывают, проведенные на модельных системах, что пространственные коагуляционные структуры в суспензиях образуются под действием ван-дер-ваальсовых сил, которые связывают частицы наполнителя через тонкие полимерные прослойки.

На поверхности частиц всегда присутствуют микрорельеф и шероховатости, присутствуют более и менее лиофильные участки, придающие мозаичную микроструктуру. Образование структуры происходит при сближении частиц на малые расстояния, до нескольких молекулярных диаметров, при этом сохраняется тонкий слой дисперсионной среды. В это время осуществляется взаимодействие двух типов пространственных структур – коагуляционной сетки частиц твердой фазы и сетки структурной из дисперсной среды (полимером). [67]

Такие коагуляционные структуры характерны больше для систем с относительно невысоким объемным заполнением, но большим числом дисперсных частиц. Для формирования этих структур доля поверхности частиц с коагуляционными центрами, т.е. лиофильными участками, должна быть небольшой, иначе коагуляция приведет не к развитию рыхлых каркасов структурной сетки, а к созданию компактных агрегатов частиц, что резко уменьшит количество свободных частиц, которых будет недостаточно для образования пространственной сетки. Это говорит о важности степени дисперсности частиц в наполненных полимерах. [67]

Если достаточно велика объемная концентрация наполнителя, то полимер адсорбируется в виде пленки на поверхности и сам может образовывать пространственную сетку, которая будет пронизывать весь объем, и в этом случае не потребуются для структурирования возникновения рыхлой коагуляционной структуры частиц наполнителя.

Поверхность частиц наполнителя – это место, где преимущественно растет и возникает полимерная фаза. В этом заключается структурообразующая роль частиц в полимерных композиционных материалах. [64,67,69]

На структурообразование могут влиять адсорбционные процессы. Образование адсорбционных слоев полимера на поверхности наполнителя приводит к изменению сил взаимодействия частиц. Адсорбционные слои влекут за собой ослабление взаимодействия поверхностей. В связи с этим, структурообразование самого полимера и коагуляционное структурообразование частиц наполнителя взаимосвязаны.

Согласно [67] выделяется два различных случая структурообразования в наполненных полимерных растворах: 1). возникновение тиксотропной структуры из частиц наполнителя в истинных растворах, при этом адсорбционные слои ослабляют структуру и контактные взаимодействия; 2). в метастабильных, пересыщенных растворах, испытывающих микрорасслоение, возникает комплексная полимерно-минеральная структура, где контакты между частицами наполнителя образованы прослойками полимера, эти структуры не являются тиксотропными, т. к. их деформация связана с необратимым разрушением образовавшихся при выделении новой фазы контактов, а прочность их во много раз превышает прочность коагуляционных структур наполнителя в истинных полимерных растворах.

Выводы

1. Выявлено, что современные строительные материалы из полимерных композитов должны отвечать ряду положительных потребительских

характеристик, таких как достаточная стойкость к микроорганизмам, изменение цвета под действием УФ-излучения, огнестойкость, изменение геометрии в условиях повышенной влажности и коэффициент линейного теплового расширения.

2. Установлена необходимость разрабатывать и внедрять производство новых строительных материалов из местного сырья. Это можно достичь, используя в качестве сырья крупнотоннажные отходы производства, которые при их рациональной переработке являются техногенным сырьем, обладающим рядом технико-экономических преимуществ.

3. Аргументирована актуальность и эффективность использования золы уноса, в качестве вторичного сырья для производства композиционных строительных материалов.

4. Рассмотрены условия применимости дисперсных наполнителей в полимерной матрице, определяющие решающую роль в получении наполненных композиций, а также их влияние на свойства готовых материалов. Проанализированы основные свойства наполнителей, которые определяют возможность их применения в наполненных полимерных композициях. Систематизированы оптимальные условия выбора дисперсных наполнителей по целевому назначению на основе анализа свойств наполненных полимерных материалов, зависящих от типа наполнителя, в том числе таких важных свойств, как физико-механические характеристики и стоимость получаемых композитов.

5. Проведен анализ известных механизмов взаимодействия различных дисперсных наполнителей с полимерной матрицей и процессов, проходящих на поверхности раздела границы фаз в условиях технологического производства при контакте компонентов, определяющие основные свойства наполненных систем.

Исходя из вышесказанного, целью работы является разработка состава композиций и технологии производства группы высоконаполненных золой

уноса ТЭС минерально-полимерных строительных материалов и изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Задачи исследования:

1.Обоснование целесообразности использования золы уноса в качестве наполнителя для производства полимерно-минеральных строительных материалов.

2.Оптимизация составов полимерно-минеральных материалов с высоким наполнением поливинилхлорида (ПВХ) золой уноса теплоэлектростанций (ТЭЦ).

3.Оптимизация технологических параметров производства строительных изделий из высоконаполненной золой уноса полимерно-минеральной композиции.

4.Исследование влияния наполнения на структуру полимерно-минеральных композиционных материалов.

5.Изучение свойств высоконаполненных полимерно-минеральных композиционных материалов и изделий из них.

6.Изучение рынка потребления полимерных композиционных строительных материалов и изделий – террасной доски и монтажной лаги с учетом экономических показателей производства и условий рынка (Анализ конкурентоспособности нового материала).

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Изучение свойств золы уноса Иркутской области

Объектами исследования являются золы уноса ТЭС Иркутской области: Ново-Зиминская ТЭЦ, Ново-Иркутская ТЭЦ, ТЭЦ-10 (г. Ангарск), ТЭЦ-11 (г.Усолье-Сибирское), ТЭЦ-12 (г.Черемхово), ТЭЦ-16 (г.Железногорск-Илимский), ТЭЦ-6 (г. Братск), ТЭЦ-9 (г. Ангарск), Усть-Илимская ТЭЦ.

На предмет возможности использования для производства полимерно-минерального композиционного строительного материала рассматривались пробы золы уноса ряда теплоэлектростанций (ТЭС) Иркутской области. Важным фактором являлась возможность сухого отдельного отбора золы, что реализуется в настоящее время на ряде ТЭС региона.

Состав и строение и золы зависит от целого комплекса одновременно действующих факторов: вида и морфологических особенностей сжигаемого топлива, тонкости помола в процессе его подготовки, зольности топлива, химического состава минеральной части топлива, температуры в зоне горения, времени пребывания частиц в этой зоне и др.

Проведенные лабораторные исследования позволили установить значения основных характеристик золы уноса, определяющих возможность использования ее для производства полимерно-минеральных строительных материалов.

Основные критерии выбора наполнителя в ПМК:

- форма частиц;
- распределение частиц по размерам;
- удельная поверхность;
- плотность упаковки частиц;
- химический состав,

а также используемая зола должна иметь сертификат соответствия (паспорт), соответствовать СанПиН 2.6.1.2523-09 (п.5.3.4.), НРБ-99/2009

(Нормы радиационной безопасности) [71]; влажность золы не должна превышать 0,5%.

Зола уноса – тонкодисперсный материал, улавливаемый из отходящих газов теплоэлектростанций (ТЭС), состоящий, как правило, из частичек размером от долей микрона до 0,14 мм. Соотношение золы уноса и шлака в смеси определяется видом и технологией сжигания топлива[72-74].

Нами определены основные критерии выбора золы уноса, при использовании в качестве наполнителя для производства полимерно-минерального композиционного материала.

Химический состав зол Иркутской области

Возможность использования остатка от сжигания углей на ТЭС, а именно сухой золы уноса, для изготовления композиционных строительных материалов с полимерным связующим была показана нами в процессе проведения экспериментальных исследований [60,82, 70]. Однако получение композиционной смеси, пригодной для процессов экструдирования, литья, прессования и т.д. с высоким наполнением минеральной составляющей, к которой относится зола уноса, требует разработки соответствующих составов и оптимизации технологических режимов процессов, а также использования золы с определенными характеристиками.[78] К таким характеристикам относятся: компонентный состав, в частности, содержание кальция и его оксидов, содержание серы, влажность, гранулометрический состав, радиационные характеристики, структурные особенности (морфология), форма зерен и др.

Применение золы при производстве строительных материалов возможно в том случае, если качество золы, в первую очередь, содержание тяжелых металлов и радиационная безопасность будет удовлетворять нормативам.

Таким образом, установление необходимых характеристик золы, пригодной для использования в качестве минерального наполнителя в композиционной смеси для производства строительных отделочных материалов, требует выработки критериев применимости золы. С этой целью

был проведен анализ состава и свойств золы уноса с различных ТЭЦ, поученной при сжигании различных типов углей.

Так же следует учесть, что не существует стандартов и нормативных документов, определяющих требования к минеральным дисперсным наполнителям в полимерных материалах, поэтому в данном разделе рассмотрены критерии, описанные в пунктах 1.3 и существующие методики исследования материалов для производства строительных материалов.

Химический анализ зол производится в соответствии с ГОСТ 10538-87. Настоящий стандарт распространяется на бурые и каменные угли, антрациты, горючие сланцы, торф и кокс и устанавливает методы определения в золе топлива диоксида кремния (SiO_2), оксида железа (Fe_2O_3), оксида алюминия (Al_2O_3), оксида магния (MgO), оксида кальция (CaO), оксида калия (K_2O), оксида натрия (Na_2O), оксида фосфора (P_2O_5), диоксида титана (TiO_2), триоксида серы (SO_3), смешанного оксида марганца (Mn_3O_4)[80].

Химический состав зол ТЭЦ Иркутской области показан в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав зол Иркутской области [81]

		Предприятие				
		Ново-Иркутская ТЭЦ	Шелеховский участок Ново-Иркутская ТЭЦ	ТИ и ТС ТЭЦ-6 (ТЭЦ-6 и ТЭЦ-7)	ТЭЦ-9	Усть-Илимская ТЭЦ
Преобладающий тип угля		Азейский и Мугунский	Азейский и Мугунский	Ирша-Бородинский	Тулунский	Ирша-Бородинский
Содержание элементов в расчете на оксиды, %	П.п.п.*	0,6	Не более 5	2,2	1,5	0,5
	SiO_2	48,2	47,3	55,4	62,9	51,2
	TiO_2	0,0	0,7	0,6	0,6	0,8
	Al_2O_3	29,2	22,1	12,5	21,3	19,3
	Fe_2O_3	6,6	19,5	10,8	7,6	7,1
	CaO	9,6	4,9	12,4	3,3	15,3
	MgO	1,9	2,7	3,6	2,2	1,9
	K_2O	1,1	0,2	0,9	1,2	0,6
	Na_2O	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
	SO_3	2,4	1,71	3,5	0,7	3,6
	CaOсв	<0,1.	нет	1,1	0,3	5,5

*П.п.п. – потери при прокаливании.

Данные по химическому составу зол свидетельствуют о том, что содержание отдельных оксидов в золе уноса, получаемой от пылевидного

сжигания различных видов угля, имеет значительные отклонения. Это предопределяет различие в свойствах золы и возможную область ее использования в производстве строительных материалов[82].

Проведен спектральный анализ (исследования проводились в соответствии с методикой (1.80) НСАМ №246-С.) некоторых зол Иркутской области (приложение А). Исследования показали, что зола уноса кроме макроэлементов содержит также не значительные количества микроэлементов или элементов-примесей (Ni, Co, Cr, Pb, Sn, Zn, Mo, Zr, Ge, Cu, Ag, Zn, Be, Sc, Ga, La, Y, Ba, Sr, Li, В). Эти элементы присутствуют в золах в более высоких концентрациях, нежели в углях, что объясняется их концентрированием в процессе сгорания угля[77].

Исследуемый материал относительно однородный, многокомпонентный. По составу наиболее близок к алюмосиликатам, вследствие высокого содержания оксидов кремния и алюминия до 80-90%, из которых около 2/3 оксида кремния. Вместе с этим, зола уноса почти не имеет несгоревших частиц, в которых, как правило, концентрируются вредные компоненты. Большинство известных наполнителей, применяющихся в полимерных композициях, не содержат большого количества компонентов, а представлены преимущественно одним из минералов: муллит, кварц, каолин, полевой шпат, тальк, стекло и т.д. Золой состоят из кристаллической и аморфной фазы. Кристаллическая фаза содержит кварц, полевые шпаты, муллит и др., аморфная фаза представлена в основном в виде стекла. [83]

Таким образом, зола уноса состоит из минералов, которые по отдельности широко применяются в качестве дисперсных наполнителей в полимерах. Следовательно, можно предположить, что золы ТЭЦ Иркутской области по химическому составу пригодны для использования как наполнитель в полимерной композиции.

Влажность

Влажность — показатель содержания воды в физических телах или средах. Влажность обычно характеризуется количеством воды в веществе,

выраженным в процентах (%) от первоначальной массы влажного вещества (массовая влажность) или её объёма (объёмная влажность).

Согласно ГОСТ 25592-91 влажность золы уноса при использовании в бетонах не должна быть более 1 %. Влажность - один из важнейших показателей качества сырья для экструзионной переработки.

Это вызвано особенностями технологического процесса экструзии, используемого для производства строительных материалов. Повышенное содержание влаги приводит к: увеличению давления расплава, за счет того, что присутствие влаги в условиях повышенной температуры в экструдере приводит к расширению объема расплава (исходной смеси); неравномерному смешиванию сырья, за счет наличия дополнительной фазы в расплаве (водной фазы) и адгезии воды с мелкодисперсными частицами сырья, что приводит к их слипанию; нарушению технологии смешения композиции вследствие снижения температуры смеси и увеличению времени достижения необходимой температуры в смесителе; нарушению режима течения материала внутри экструдера, вследствие изменения реологических характеристик расплава в присутствии повышенного содержания влаги в исходной смеси; переходу образующегося пара от избыточной влаги в расплав и далее в структуру материала, что приводит к его неоднородности; снижению прочностных характеристик, вследствие фазового перехода пар-вода при остывании расплава; снижению морозостойкости, вследствие присутствия дополнительной воды увеличению хрупкости, вследствие нарушения сплошности и структуры поверхности материала; ухудшению внешнего вида изделий вследствие нарушения текстурных характеристик.

Содержание влаги определяется весовым методом по разности массы исследуемой пробы до и после прокаливания.

Фактический показатель влажности зол Иркутской области составляет 0,1-0,95% [81].

Показатели влажности удовлетворяют требованиям ГОСТ 25592-91, что благоприятно скажется на технологическом процессе и потребительских

характеристиках (равномерность смешивания, отсутствие комкования, прочностные свойства, однородность материала и т.д.), а также на экономических показателях вследствие отсутствия затрат электроэнергии, необходимой для сушки наполнителя.

Гранулометрический состав

Гранулометрический состав золы твердого топлива зависит от ряда факторов:

- конструкции топок котлоагрегатов (с жидким или твердым шлакоудалением);
- эксплуатационных условий работы котлоагрегата (паровые нагрузки, равномерность и температура горения топлива в камере сжигания, сжигание топлива совместно с мазутом и т.д.);
- системы пылеприготовления и подачи угольной пыли для сжигания (типа подачи, производительности, эксплуатационного состояния и количества одновременно работающих пылеугольных машин, наличия и исправности сепаратора, а так же величины открытия его створок, температуры сушильного агента);
- типа мельниц[73].

Конструкция золоулавливающих устройств и режим их эксплуатации также влияют на состав и характеристики образующейся золы. При сухом золоудалении плохо улавливаются фракции меньше 0,005 мм; электрофильтры неудовлетворительно работают с золой, обладающей большим электрическим сопротивлением; мокрые золоуловители с золой, содержащей в своем составе большое количество химических компонентов, способствующих образованию нерастворимых соединений) и их эксплуатационным состоянием.

Зерновой состав определяют путем отсева песка на стандартном наборе сит. Аналитическую пробу массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы. Высушенную до постоянной массы пробу просеивают через сита. Остатки на ситах взвешивают и вычисляют содержание в пробе фракций с размером зерен согласно с размерами ячеек сит в процентах по массе [83].

Результаты определения гранулометрического состава зол уноса Иркутской области, выполненного в соответствии с ГОСТ 8735 представлены в таблицах 4, 5, 6,7 [84].

Таблица 4 – Гранулометрический состав золы уноса Ново-Иркутской ТЭЦ, г. Иркутск [81]

Сито, мм	> 0,315	0,25-0,315	0,20-0,25	0,14-0,20	0,10-0,14	0,08-0,10	0,05-0,08	0,02-0,05	<0, 02
Фракция, %	0,34	0,00	0,1	0,70	3,79	6,98	25,11	30,40	32,58

Таблица 5 – Гранулометрический состав золы уноса ТИ и ТС ТЭЦ-6 (ТЭЦ), г. Братск [81]

Сито, мм	> 0,315	0,25-0,315	0,14-0,25	0,10-0,14	0,08-0,10	0,05-0,08	0,02-0,05	<0, 02
Фракция, %	0,46	0,10	1,00	4,20	7,90	7,30	18,00	61,04

Таблица 6 – Гранулометрический состав золы уноса Усть-Илимской ТЭЦ [81]

Сито, мм	> 0,315	0,25-0,315	0,14-0,25	0,10-0,14	0,08-0,10	0,05-0,08	0,02-0,05	0,01-0,02	<0, 01
Фракция, %	1,50	0,00	1,48	3,84	3,84	11,92	34,47	23,84	19,11

Таблица 7 – Гранулометрический состав золы уноса ТЭЦ-9, г. Ангарск [81]

Сито, мм	> 0,315	0,25-0,315	0,14-0,25	0,10-0,14	0,08-0,10	0,05-0,08	0,02-0,05	0,01-0,02	<0, 01
Фракция, %	0,50	0,00	1,49	4,88	5,57	16,82	36,32	17,81	16,61

На рисунке 2 изображены кривые распределения частиц золы уноса по размерам (золы: Н-И ТЭЦ – Ново-Иркутская ТЭЦ, ТЭЦ-6, г. Братск, У-И ТЭЦ – Усть-Илимская ТЭЦ, ТЭЦ-9, г. Ангарск)

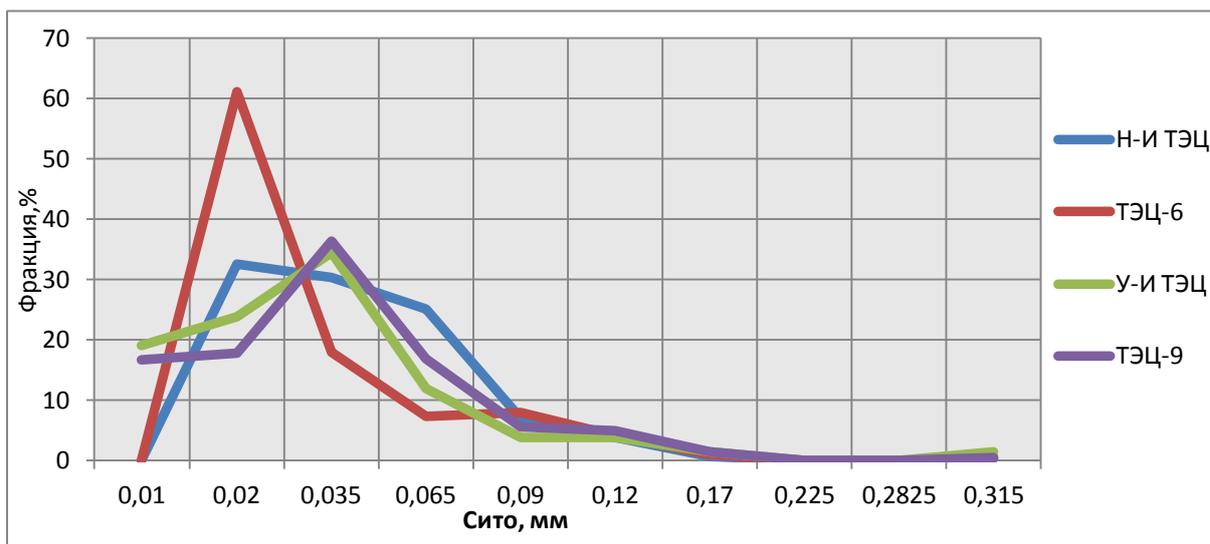


Рисунок 2 – Распределение частиц золы уноса ТЭС Иркутской области по размерам

Данные ситового анализа свидетельствуют о наличии фракций в золах уноса Иркутской области диапазоне от 10 до 315 мкм (минимальный предел ограничен методикой определения). Полидисперсность исследуемых зол различных электростанций Иркутской области имеет различный характер, исключением можно выделить золы Усть-Илимской ТЭС и ТЭС-9, процентное содержания фракций которых наиболее близко, однако на этих предприятиях используется уголь различных месторождений, следовательно, это может быть обусловлено одинаковой технологией сжигания топлива. Эти золы имеют в наибольшем количестве (около 35%) фракцию 35 мкм. Зола уноса ТЭС-6 в количестве свыше 60 % содержит фракцию 20 мкм, в то время как у других зол этот показатель значительно ниже. Соответственно, наиболее крупные фракции в этом материале содержатся в значительно меньших количествах. Вследствие чего, можно сказать, что данная зола является наиболее мелкодисперсной, по сравнению с тремя другими образцами. Однако золы уноса Н-И ТЭС, У-И ТЭС, ТЭС-9 имеют более равномерное распределение частиц по размерам.

Таким образом, установлено, что изучаемые золы уноса имеют широкое распределение частиц по размерам, причем с содержанием как мелких, так и крупных фракций, следовательно, такой гранулометрический состав будет оказывать положительное влияние на реологические свойства, а именно снижать вязкость композиции. Исходя из того, что вязкость композиции

является решающим фактором при выборе наполнителя, особенно для методов экструзии и литья под давлением [58,65], золы Иркутских ТЭЦ удовлетворяют критерию распределения частиц по размерам.

Удельная поверхность

Удельная поверхность — отношение суммарной поверхности частиц дисперсной фазы к их массе. Удельная поверхность обратно пропорциональна линейным размерам частиц и является важной технической характеристикой сыпучего материала, в ряде случаев определяющей возможность использования его в различных областях народного хозяйства.

Согласно ГОСТ 310.2 удельная поверхность золы, в частности при наполнении бетонов должна составлять не менее 1500-3000 см²/г. Согласно [30], этот показатель для молотого карбоната кальция (мел) - 3000 см²/г и более.

Удельная поверхность зол ОАО «Иркутскэнерго» имеет следующие показатели: Ново-Иркутская ТЭЦ – 2870 см²/г; ТИ и ТС ТЭЦ-6 (ТЭЦ) – 3760 см²/г; Усть-Илимская ТЭЦ – 2220 см²/г; ТЭЦ-9 – более 3870 см²/г [81].

Исходя из этого, имея схожие значения удельной поверхности, а значит и протяженность границы раздела фаз с одним из наиболее часто используемых наполнителей в ПВХ композициях, исследуемые золы удовлетворяют данному критерию.

Упаковка частиц

Насыпную плотность определяли по ГОСТ 9758-86 взвешиванием массы высушенной пробы заполнителя в мерном сосуде. Частицы золы и шлака как одного, так и разного твердого топлива имеют неодинаковый химический состав и, как следствие этого, неодинаковую плотность.

Насыпная плотность зол ОАО «Иркутскэнерго» имеет следующие показатели: Ново-Иркутская ТЭЦ – 923,7 кг/м³; ТИ и ТС ТЭЦ-6 (ТЭЦ) – 900кг/м³; Усть-Илимской ТЭЦ - 1510 кг/м³; ТЭЦ-9 - 738 – 743 кг/м³ [81]. Плотность упаковки частиц характеризуется максимальной объемной долей дисперсной фазы (φ_m), это отношение насыпной плотности к истинной плотности наполнителя.

Для исследуемых зол уноса максимальная объемная доля дисперсной фазы равна: ТИ и ТС ТЭЦ-6 (ТЭЦ) – 0,33; Усть-Илимской ТЭЦ – 0,58; ТЭЦ-9 – 0,36. Для известных наполнителей максимальная объемная доля дисперсной фазы варьируется от 0,08 (для аэросила) до 0,74 (для одномодалых шарообразных частиц)[29]. Данный параметр для каолина составляет 0,36-0,56; для осажденного мела – 0,37-0,64; для слюды – 0,38-0,45. [65]

Таким образом, максимальная объемная доля дисперсной фазы частиц зол Иркутской области имеет достаточно высокие значения, сопоставимые с показателями известных используемых в полимерных композициях наполнителей. Кроме того, при таких показателях ϕ_m и широком распределении частиц по размерам вязкость композиции будет низкой, что положительно скажется на переработке материала. Следовательно, исследуемые золы соответствуют данному критерию. [65]

Радиоактивность

В новых стандартах на технические условия для строительных материалов все чаще одним из параметров их экологической безопасности принят показатель радиационного качества. Критерием для принятия решения о возможности применения строительных материалов и изделий служит показатель «удельной эффективной активности естественных радионуклидов» (ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные»), определяемой по формуле.

Очень важно отметить, что помимо строительных материалов требование радиационно-экологической оценки введено в ГОСТы и на строительное сырье.

Испытания по определению удельной эффективной активности ЕРН золы уноса проводились в Центральной аналитической лаборатории «БСП Сосновгеология» (приложение А). Активность золы измерялась низкофоновой гамма-спектрометрической установкой на базе «Гамма-плюс» № 030 и блока детектирования – сцинти-блока на основе NaO (Ti) № 03551 размером 195*199 мм с колодцем В75*100 мм. Все измерения проводились в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные».

Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов». Объем аналитической навески составлял 250 мл. Полученные данные приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Удельная эффективность активности ЕРН золы уноса ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго»

Зола уноса	Удельная активность Бк/кг				Эффективная удельная активность Бк/кг	Погрешность определения, Бк/кг
	²²⁶ R	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs		
ТЭЦ-6	47	30	61	-	97	6
ТЭЦ-7	89	44	176	-	168	6
ТЭЦ Усть-Илимск	171	67	157	-	253	10
ТЭЦ-9	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	210	24

В соответствии с данными, приведенными в таблице 9 класс, радиационной безопасности золы уноса от сжигания углей согласно санитарным правилам СП 2.6.1.798-99, ГОСТ 30108-94 и НРБ-99 не превышает нормативные 370 Бк/кг, следовательно, все золы относятся к первому классу, что делает возможным использование данных зол в производстве строительных материалов.

Характеристики исследуемых зол уноса, взятых с разных ТЭС Иркутской области, указывают на принципиальную возможность использования данных отходов для производства ПМК.

В соответствии с описанными критериями, а также с целью утилизации отходов техногенных месторождений, в качестве опытных образцов для получения ПМК были использованы следующие минеральные дисперсные наполнители:

- 1) зола уноса ТЭЦ – 7 (ТИ и ТС ТЭЦ-6, г. Братск) – филиал ОАО «Иркутскэнерго»;
- 2) зола уноса Усть-Илимской ТЭЦ – филиал ОАО «Иркутскэнерго»;
- 3) зола уноса ТЭЦ-9 (г. Ангарск)– филиал ОАО «Иркутскэнерго».

2.2 Доказательство возможности использования золы уноса

Анализ основных методов переработки термопластичных полимеров, в том числе их отходов, в новые материалы показал, что наиболее распространенным и эффективным является метод экструзии, который и использовался нами при производстве нового полимерно-минерального композиционного материала

Исследования проведены на ОАО Винпласт г. Иркутск (приложение Б).

Получение ПМК происходит в заводском цехе рисунок 3 [85-90].

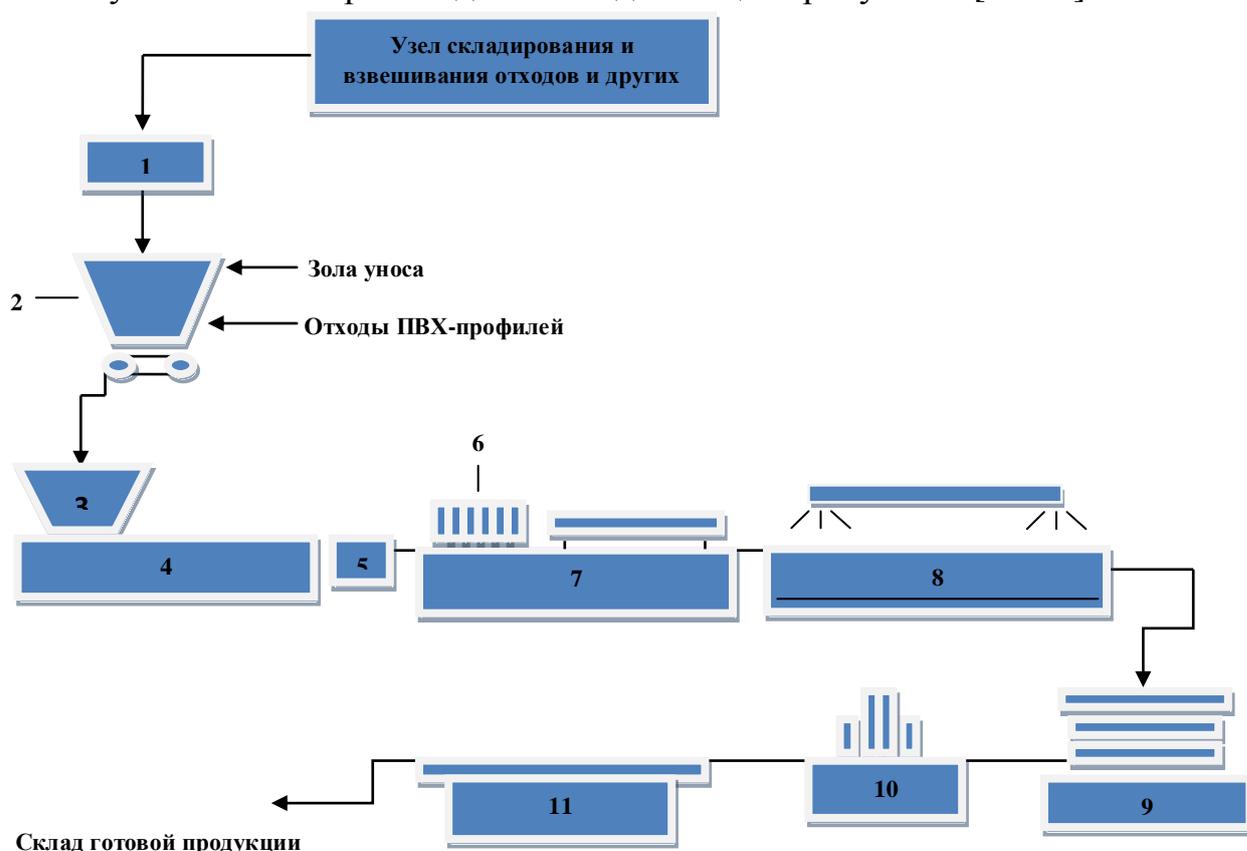


Рисунок 3 - Технологическая схема производства нового композиционного материала [86]

В данном технологическом процессе (рисунок 2) для производства нового строительного материала используется следующее оборудование:

- 1 – бетоносмеситель;
- 2 – бункер со смесью полимерных отходов и золой-уноса;
- 3 – загрузочный бункер экструдера;
- 4 – экструдер;
- 5 – фильера (формирующая головка экструдера, рисунок 5) ;

- 6 – вакуумный калибратор (рисунок 4);
- 7 – калибрационный стол;
- 8 – охлаждающая ванна;
- 9 – тянущее устройство;
- 10 – блок отрезной пилы;
- 11 – приёмное устройство (стол).

Основные компоненты: полимерная матрица – термопласт (в работе использовалась смесь отходов и первичного поливинилхлорида), наполнитель - зола уноса от сжигания углей теплоэлектростанций.

Характеристики наполнителя приведены в пп. 2.1, основные показатели полимерной матрицы приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики отходов производства полимерных материалов (основное вещество - поливинилхлорид суспензионный марки СИ-67) [86]

№/№	Наименование показателей	Единицы измерения	Марка	Метод испытаний
			СИ-67	
1	1. Внешний вид: количество загрязнений и посторонних веществ,	шт	не более 6	ГОСТ 25138 ISO 1265
2	Значение "К" (константа Фикентчера)	-	66,5±1	ГОСТ 14040 ISO 1265 DIN EN ISO 1628-2
3	Насыпная плотность	г/см ³	0,56±0,05	ГОСТ 11035.1 DIN EN ISO 60
4	Остаток после просева на сите с сеткой:			ГОСТ 14332 ISO 4610 DIN EN ISO 4610
	1) №0315	%	0,1 не более	
	2) №0063	%	91 не более	
5	Масса поглощения пластификатора, поливинилхлорида, не менее	г на 100 г	-	ГОСТ 25265 ISO 4608
6	Массовая доля влаги и летучих веществ	%	0,3 не более	ГОСТ 14043 ISO 1269 DIN 787 (2)
7	Сыпучесть	с	20 не более	ГОСТ 14332
8	Массовая доля винилхлорида	млн ⁻¹	5 не более	ГОСТ 25737 ISO 6401
9	Термостабильность пленки при 160°С, мин. не менее	-	-	ГОСТ 14332

Также для повышения технологических и физико-механических свойств в качестве вспомогательных компонентов использовались аддитивы:

- стабилизатор **Naftomix GWX-675 B** – двухосновной фосфит свинца, белого цвета, гранулированный;

- модификатор – **Akdeniz PRO 40** – акриловый; представляет собой гранулы статистического сополимера полиметилметакрилата (ПММА) с полиакрилатом;

- пластификатор – **дибутилфталат** — дибутиловый эфир фталевой кислоты – бесцветная маслянистая жидкость по ГОСТ 8728-88;

- модификатор ударопрочности – **Akdeniz DMA600** – акриловый модификатор, сополимер эфиров акриловой и метакриловой кислоты, порошок белого цвета;

- модификатор текучести – **Tyrin 6000** — хлорированный полиэтилен;

- вспенивающие агенты – органические химические газообразователи: **Cellcom AC 7001 F** и **Unicell D 200 A**, аналоги порофора ЧХЗ-21(азодикарбонамид).

- смазка – стеариновая кислота.

Для выполнения поставленных задач, предусматривается изучение основных параметров процесса экструзии ПМК. В качестве регулируемых параметров были выбраны две группы:

1. состав композиционной смеси;
2. режимные параметры процесса: температура зон экструдера, температура фильеры, давление массы расплава, скорость вращения шнека.

2.2.1 Подготовка и оптимизация состава композиционной смеси

Начальный этап работы – приготовление композиции с ПВХ – драйбленда (от англ.: dry – сухой, blend – смешивать) – смешивание в высокоскоростном двухстадийном смесителе модель SHZ – 200/400 ПВХ и аддитивов. Базовая часть композиции: полимерные отходы производства

оконных профилей и первичный ПВХ. Основа – ПВХ СИ-67 – поливинилхлорид, производство ОАО «Саянскимпласт», Россия, ТУ 2212-012-46696320-2008.

Затем подготовка композиции драйбленд – наполнитель, используя для смешивания бетоносмеситель типа НСМ 225. Таким образом, получали три рецептуры опытных образцов непористого ПМК с различным количеством наполнителя (10, 20, 25 и 30%). Для всех первых опытных образцов использовалась одна базовая смесь.[86]

Дальнейший этап – подготовка композиции драйбленд-зола с использованием вспенивающего агента для получения пористого ПМК с одинаковым количеством наполнителя (всего 7 рецептур), но с различным содержанием вспенивающего агента, а также, в некоторых рецептурах применение пластификатора.

Навески драйбленда и золы уноса поочередно вручную взвешивались на электронных весах. Затем покомпонентная загрузка в бетоносмеситель и перемешивание. Перемешивание производилось в течение 35-40 мин до получения однородной смеси светло-серого цвета.[86]



Рисунок 4 – Вакуумный калибратор и охлаждающая ванна.

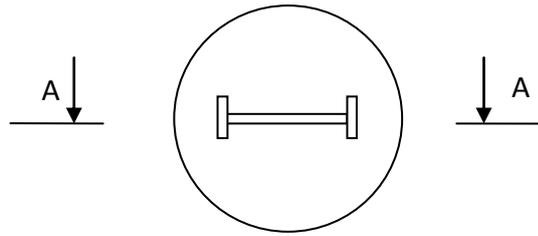


Рисунок 5 - Схема и фото I-образной фильеры.

1. *Изготовление непористого полимерно-минерального композита (НПМК). Оптимизация режимов работы экструдера.* В процессе получения материала с наполнением 30% (НПМК-III, рисунок 10) использовалась зола уноса ТЭЦ-6. Полученный профиль с ребрами (рисунок 4) имел темно-серый цвет с коричневым оттенком, местами неостывший профиль рвался, т.е. материал был неэластичный, после охлаждения и затвердения легко ломался, был хрупким. Толщина профиля существенно не изменилась и составила $\approx 1,5 - 1,6$ мм [86]. Значения параметров процесса при экструзии НПМК-III представлены в таблице 10

2. *Изготовление пористого полимерно-минерального композита. Оптимизация составов с применением вспенивающих агентов.*

Следующим этапом оптимизации режимов технологии являлось исследование влияния добавок вспенивающих агентов на качество получаемой продукции.

На основании проведенных ранее исследований было установлено оптимальное содержание золы 25 %.

Таблица 10 - Параметры процессов, происходящих при экструзии смеси с содержанием 30 % золы уноса ТЭЦ – 6 ОАО «Иркутскэнерго»

	Температура зон экструдера, °С				Адаптер	Температура зон фильеры, °С	Рецептура	Обороты шнека главного экструдера	Обороты дозирующего устройства экструдера	Скорость отвода профиля, м/мин	Давление массы расплава, МПа	Температура воды в калибровочном столе, °С	Характеристика полученного профиля
	1	2	3	4									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уст. значение	178	182	184	181	177	179	НПМК-III	5,7 - 6	5,89	290	17,0	12	Полученный профиль темно-серого цвета с коричневым оттенком, неэластичный, хрупкий, эластичности не хватает - местами профиль рвется
Реальное	178	183	184	188	177	179		5,7 - 6	5,89	290	17,0	12	
Уст. значение	184	188	190	183	178	182		5,8	5,32	3,01	22,5	12	
Реальное	182	187	191	193	178	182		5,8	5,32	3,01	22,5	12	

Получение материала на основе матрицы ПВХ и наполнителя золы уноса ТЭЦ-6 ОАО «Иркутскэнерго» производилось с использованием вспенивающего агента – аналога порофора ЧХЗ-21 - азодикарбонамид (ADC) Cellcom AC 7001 F (рисунок 6), производство Южная Корея. [86]

Используя бетоносмеситель, получено несколько различных типов смесей «Драйбленд – зола - вспенивающий агент» (рисунок 10), содержащих 25 % золы уноса ТЭЦ – 6 ОАО «Иркутскэнерго» и от 0,3 до 3 % вспенивающего агента Cellcom AC 7001 F, Южная Корея



Рисунок 6 - Вспенивающий агент Cellcom AC 7001 F [91]

Полученные профили при минимальных содержаниях вспенивающего агента – коричневого цвета с крупными порами диаметром $\approx 5,0 - 15$ мм, поверхность неровная бугристая. Поры образуются при выходе профиля из фильеры. [86]

Полученные профили при средних по значению содержаниях вспенивающего агента – коричневого цвета, имеет мелкие поры, местами крупные поры диаметром $\approx 3,0 - 4,0$ мм, в целом поверхность ровная. Поры образуются при выходе профиля из фильеры.

Полученный профиль при максимальных содержаниях вспенивающего агента Cellcom AC 7001 F, Южная Корея – коричневого цвета с частыми крупными порами диаметром $\approx 5,0 - 10$ мм, поверхность неровная бугристая. [86]

Значения параметров процесса, происходящего при экструзии представлены в таблице 11.

Таблица 11- Параметры процессов, происходящих при экструзии смеси, содержащей 25 % золы уноса ТЭЦ – 7 ОАО «Иркутскэнерго» и вспенивающий агент Cellcom AC 7001 F, Южная Корея

1	Температура зон экструдера, °С				Адаптер	Температура зон фильеры, °С	Рецептура	Обороты шнека главного экструдера	Обороты дозирующего устройства экструдера	Скорость отвода профиля, м/мин	Давление массы расплава, МПа	Температура воды в калибровочном столе, °С	Характеристика полученного профиля
	2	3	4	5									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уст. значение	160	178	182	186	179	183	ПМК-IV	6 – 5,8	9,04	2,90	16,5	12	Форма профиля – без ребер; коричневого цвета, поверхность ровная, имеет мелкие поры, местами более крупные поры, а также обладает текстурой схожей с натуральной древесиной
Реальное	158	177	180	188	180	185		6 – 5,8	9,04	2,90	16,5	12	
Уст. значение	160	174	184	187	185	185		5,8-5,4	8,30	2,46	15,5	12	
Реальное	160	174	182	186	185	185		5,8-5,4	8,30	2,46	15,5	12	
Уст. значение	160	174	184	187	185	188		5,6	8,30	2,46	13,5	12	
Реальное	159	173	180	187	185	188		5,6	8,30	2,46	13,5	12	

Таким образом, установлены оптимальные значения содержания порофора в интервале от 0,5 до 2 м.ч.

3.Изготовление пористого полимерно-минерального композита. Оптимизация составов с применением пластификатора.

Следующим этапом оптимизации режимов технологии являлось исследование влияния пластификатора на качество получаемой продукции.

Получение пористого полимерно-минерального композита (ППМК) на основе матрицы ПВХ и наполнителя золы уноса Усть-Илимской ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго» производилось с использованием вспенивающего агента – аналога порофора ЧХЗ-21 - азодикарбонамид (ADC) Unicell D 200 А, производство Германия.

На основании проведенных ранее исследований было установлен интервал значений содержания вспенивающего агента для дальнейших исследований 0,5 - 2 м.ч.

Используя бетоносмеситель, получено несколько различных типов смесей «Драйбленд - вспенивающий агент – зола – пластификатор», содержащих, соответственно, 25 % золы уноса Усть-Илимской ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго», от 0,5 до 2 м.ч. вспенивающего агента Unicell D 200 А и различные концентрации пластификатора дибутилфталат (ДБФ). [86]

Формующая головка (фильера) – плоскощелевая без ребер по бокам (рисунок 7):

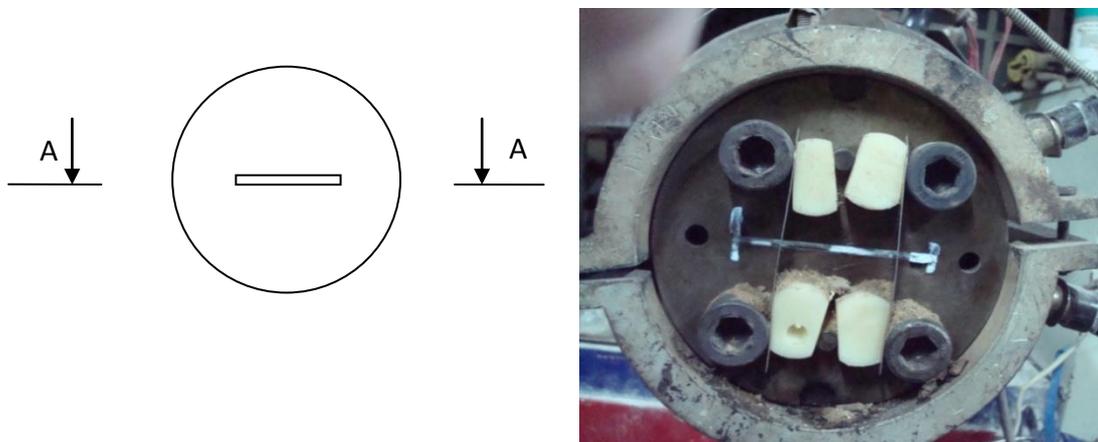


Рисунок 7 - Схема и фотография фильеры.

При различных составах смеси получены профили:

- серого цвета, поверхность ровная, имеет мелкие поры, местами крупные поры с увеличенной толщиной образца (Рисунок 8).

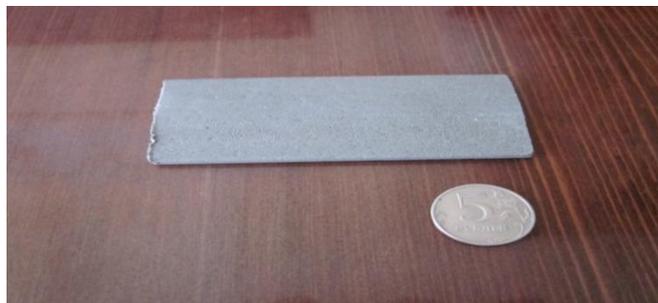


Рисунок 8 - Образец профиля серого цвета

- серого цвета, поверхность ровная, имеет мелкие поры, крупные поры отсутствуют. В результате увеличения дозы пластификатора, наблюдаем понижение давления и увеличение толщины образца. При получении данного опытного образца применяем вакуумный калибратор.

- коричневого цвета (Рисунок 9), поверхность ровная, имеет мелкие поры, местами крупные поры. Однако крупные пузыри сглаживаются и выравниваются, т.к. применяется вакуумный калибратор.

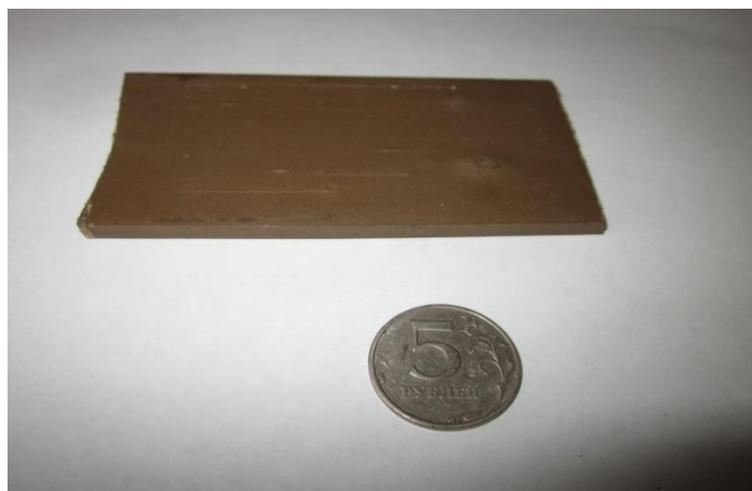


Рисунок 9 - Профиль коричневого цвета (в левой части образца заметны крупные поры)

Значения параметров процесса, происходящего при экструзии сведены в таблицу 12.

Таблица 12 - Параметры процессов, происходящих при экструзии смеси, содержащей 25 % золы уноса Усть-Илимской ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго», вспенивающий агент Unicell D 200 А, Германия и пластификатор Дибутилфталат (ДФБ)

	Температура зон экструдера, °С				Адаптер	Температура зон фильеры, °С	Рецептура	Обороты шнека главного экструдера	Обороты дозирующего устройства экструдера	Скорость отвода профиля, м/мин	Давление массы расплава, МПа	Температура воды в калибровочном столе, °С	Характеристика полученного профиля
	1	2	3	4									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уст. значение	180	185	184	177	171	168	ПМК-2	7,53	6,9	1,96	13,0	12	Полученный профиль – серого цвета, поверхность ровная, имеет мелкие поры, местами крупные поры.
Реальное	178	185	189	191	170	169		7,53	6,9	1,96	13,0	12	
Уст. значение	180	185	184	177	171	168		5,8	6,9	1,96	11,5	12	
Реальное	179	184	186	190	171	169		5,8	6,9	1,96	11,5	12	
Уст. значение	180	185	183	177	171	169		5,8	6,9	1,96	11,0-10,5	12	
Реальное	179	184	184	190	172	168		5,8	6,9	1,96	11,0-10,5	12	
Уст. значение	175	179	177	174	169	168		5,8-6	6,91	1,76	11,5	12	
Реальное	180	184	180	188	172	168		5,8-6	6,9	1,76	11,5	12	

4. Оптимальные режимы изготовления пористого полимерно-минерального композита.

В результате оптимизации состава композиционной смеси для изготовления пористого и непористого полимерно-минерального композита получены следующие рецептуры, представленные на рисунке 10.

В ходе проведенной работы были разработаны следующие оптимальные режимы проведения процесса:

Состав композиции на основе золы уноса: ПВХ; пластификатор дибутилфталат; азодикарбонамид (ADC) Unicell D 200 А; стабилизатор – 675 В, основа - свинец, фосфиты свинца (II, III) - белый гранулированный; PRO 40 – акриловый модификатор текучести; F1 – стеариновая кислота, смазка; Tyrin – модификатор текучести, хлорированный полиэтилен; DMA600 – модификатор удара прочности, сополимер акриловой, метакриловой кислоты.

Оптимальные технологические параметры изготовления ПМК: температура экструдера 175-195 °С; давление массы расплава, 10-13 МПа; обороты шнека главного экструдера – 5,6-7,6; скорость отвода профиля, 1,7- 2,0 м/мин.[86]

Маркировка образцов проведена в соответствии с иерархической схемой (Рисунок 9): 1.1 – ненаполненный поливинилхлорид; 1.2.1 – НПК-I (Непористый ПМК); 1.2.1 – НПК-II; 1.2.3 – НПК-III; 2.2.1 – ПМК-I; 2.2.2 – ПМК-II; 2.2.3 – ПМК-III; 2.1.4 – ПМК-IV.

Данные материалы использовались для исследования их свойств, описанных в главе 4.

В ходе эксперимента выявлено, что содержание в композиции пластификатора влияет на значения технологических температур переработки. При увеличении в исходной смеси количества пластификатора в 3 раза приводит к снижению значений указанных температур на 5 – 11⁰С (Рисунок 11), что ведет к снижению затрат энергии всего процесса[86].

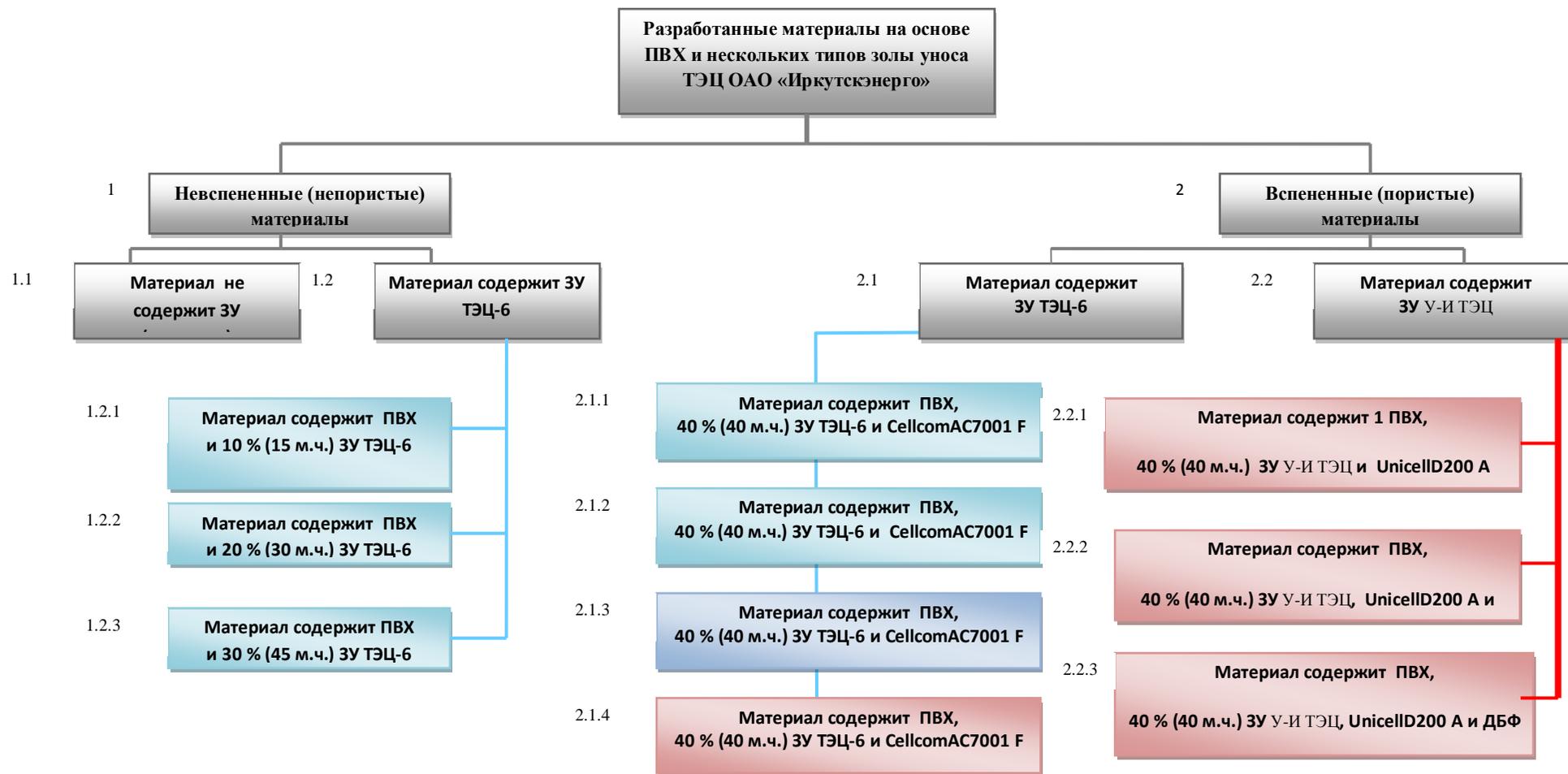


Рисунок 10 - Типы пористого и непористого ПМК, разработанного на основе крупнотоннажных полимерных и минеральных (зола уноса) отходов [51]



- форма и сечение образцов - без ребер



ЗУ ТЭЦ-6 – зола уноса ТЭЦ – 6 (ТИ и ТС ТЭЦ-6) – филиал ОАО «Иркутскэнерго»

Cellcom AC 7001 F – вспенивающий агент, химический газообразователь ХГО-1, аналог порофора ЧХЗ-21 (азодикарбонамид)

ПВХ – поливинилхлорид суспензионный марка СИ-67 (концентрация 100 м.ч. во всех образцах)



- форма и сечение образцов - с ребрами



ЗУ У-И ТЭЦ– зола уноса Усть-Илимской ТЭЦ – филиал ОАО «Иркутскэнерго»

Unicell D 200 A – вспенивающий агент, химический газообразователь ХГО-2, аналог порофора ЧХЗ-21 (азодикарбонамид)

ДБФ – дибутилфталат, пластификатор

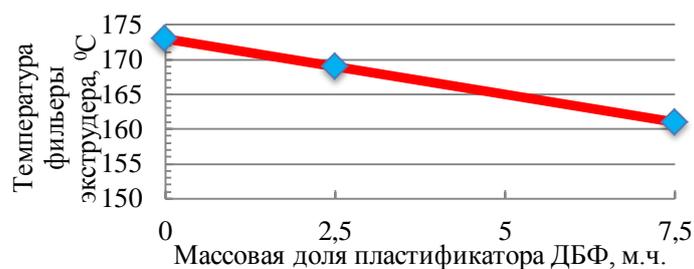


Рисунок 11 – Зависимость температуры фильеры экструдера от количества пластификатора при получении пористых образцов

Температура переработки определяет тип сообщения газовых ячеек между собой в пористых образцах. С увеличением температуры, молекулы газа приобретают большую скорость, за счет давления, прилагаемого на композицию. К резкому возрастанию процесса вспенивания приводит рост температуры в связи с чем, число активных молекул вспенивающего агента увеличивается. Это обусловлено тем, что молекулы газа обладают достаточной энергией, чтобы создать возможность образования открытых пор, сообщающихся между собой. С понижением температуры и при поддержании процесса при такой температуре смесь композиции приобретает вязкотекучее состояние, что ведет преимущественно к образованию закрытых ячеек, наполненных газом. При таком образовании ячеистого материала меняются физико-механические характеристики [86].

Известно, что давление влияет на скорость физических процессов, причем может их, как ускорять, так и замедлять. Многие важные процессы при давлении проводят при высокой температуре, которая увеличивает подвижность частиц и тем самым ускоряет достижение состояния равновесия. Можно также предположить, что давление влияет на свойства и структуру получаемого материала прямо пропорционально температурам переработки материала.

На значение давления массы расплава также влияет скорость вращения шнека экструдера и количество оборотов в минуту дозирующего шнека экструдера. При уменьшении скорости вращения шнека, через фильеру проходит меньше расплава, и давление расплава становится меньше [86].

Подведя итог, можно утверждать, что контролируя процесс производства ПМК можно управлять им, меняя значения технологических режимов - температуру, давление скорость шнека, наличие пластификатора в композиции.

В ходе проведенных исследований доказана возможность совместной переработки отходов поливинилхлорида (полимерная матрица) и золы уноса теплоэлектростанций (наполнитель) для создания нового полимерно-минерального композиционного материала, с количеством наполнения до 45 %.

При варьировании значений технологических параметров процесса экструзии выявлена возможность регулирования пористости минерально-полимерных композитов на основе золы уноса ТЭЦ (Зависимость «структура – условия технологического процесса»).

Выводы

1. На основании исследования свойств обоснована возможность использования зол уноса независимо от состава и характеристик при условии их соответствия установленным критериям используемой золы в качестве наполнителя для производства полимерно-минерального композита.

2. На основе предъявляемых требований к сырью, выбраны три типа зол уноса для использования в качестве минеральных дисперсных наполнителей для получения ПМК: зола уноса ТЭЦ – 6 (ТИ и ТС ТЭЦ-6, г. Братск); зола уноса Усть-Илимской ТЭЦ и зола ТЭЦ-9 (г. Ангарск).

3. Доказана принципиальная возможность и определены технологические условия совместной переработки полимерных отходов и отходов энергетики в строительные изделия.

4. В результате апробации возможности применения зол уноса в качестве наполнителя поливинилхлорида экструзионным способом получены несколько типов образцов нового материала с пористой и непористой структурой, различным составом композиции и свойствами.

3. РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для разработки промышленной технологии производства ПМК использовались сырье (связующее, наполнитель и добавки) и оборудование (экструзионная линия, двухстадийный смеситель), аналогичные применяемым для апробации возможности получения нового материала, описанные в предыдущей главе. Технология внедрена на ООО «Озон» и ООО «Экостройинновации» г. Иркутск (приложение В)

3.1 Изучение параметров технологического процесса при различных составах композиции

3.1.1 Используемое основное оборудование

Экструзионная линия по производству ПВХ профилей модель SJZ55/110YF300, включает в себя:

1). Экструдер конический двухшнековый, характеристики указаны в таблице 13:

Таблица 13 – Характеристики экструдера

Показатель	Единицы измерения	Значение
Размеры, длина*ширина*высота	мм	3600*1200*2100
Вес	кг	3600
Производительность	кг/ч	100-120
Скорость вращения шнеков	об/мин	1-34,7
Количество зон нагрева цилиндра	ед.	4
Максимальная мощность нагрева	кВт	17,5
Максимальная мощность двигателя	кВт	22

2) Вакуумный калибровочный стол с охлаждающей ванной, характеристики указаны в таблице 14.

Таблица 14 – Основные характеристики калибровочного стола

Показатель	Единицы измерения	Значение
Размеры, длина*ширина	Мм	6000*1100
Мощность и количество вакуумных насосов	кВт*п	5,5*4
Давление вакуума	МПа	0-0,09

3) Тянущее и режущее устройство, а также укладчик

Высокоскоростной двухстадийный смеситель SRL-Z 100/200A, основные характеристики приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Основные технические характеристики смесителя SRL-Z 100/200A

Характеристика	Единицы измерений	Значение
Общий объём	л	110/200
Полезный (рабочий) объём	л	75/160
Максимальная масса загрузки	кг	
Скорость вращения	об/мин,	650/1300/180
Мощность мотора	кВт	14/22/7.5
Тип охлаждения	-	Водяное
Тип диска	-	Пневматический
Масса	т	3,2
Габаритный размер	мм, длина. x ширина x высота	3780x1870x2250

Данное оборудование является стандартным минимальным набором для изготовления профильных изделий из поливинилхлорида.

3.1.2 Характеристики сырья для производства материала

Связующее (полимерная матрица).

В процессе разработки промышленной технологии получения ПМК использовалась также смесь отходов и первичного ПВХ от производства оконных профилей, основной компонент суспензионный ПВХ СИ-64. От СИ-67 этот материал отличает более низкая константа Фикентчера, а, следовательно, молекулярная масса и более низкая вязкость расплава. Значение константы

Фикентчера, т.е. величины характеризующей среднюю молекулярную массу полимера, в композициях на основе жесткого ПВХ находится в интервале 64-71[94]. В связи с этим, в композицию с ПВХ СИ-64 можно ввести больше наполнителя.

ПВХ СИ-64 используется для изготовления твердых и мягких профилей, твердой и мягкой пленки, плит, листов, стеновых панелей, плинтусов, гофротруб, кабельных каналов, изделий, получаемых литьем под давлением, тары[95,96]. Характеристики СИ-64 указаны в таблице 16.

Таблица 16 – характеристики ПВХ СИ-64[95]

Наименование показателя	Значение	Метод испытаний
Внешний вид: цвет	Однородный порошок белого цвета	ГОСТ 14332-78
Количество загрязнений и посторонних веществ, шт., не более	6	ISO 1265:2007
Значение "К"	64±1	ГОСТ 14040-82
Насыпная плотность, г/см ³	0,53-0,59	ISO 60:1977
Остаток после просева на сите с сеткой: 1 №0315, %, не более 2 №0063, %, не менее	0,1 95	ISO 4610:2001
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	0,3	ISO 1269:2006
Сыпучесть, с, не более	15	ГОСТ 25139-93
Массовая доля винилхлорида, млн ⁻¹ , не более	1	ГОСТ 25737-91

Наполнитель (зола уноса). Помимо зол уноса ТЭЦ – 7 и Усть-Илимской ТЭЦ были проведены исследования на пригодность для получения ПКМ золы ТЭЦ-9 г. Ангарска. В результате исследований выяснилось, что зола ТЭЦ-9 не только не уступает характеристикам зол ТЭЦ – 7 и Усть-Илимской ТЭЦ, но и является более пригодной. Также расположение ТЭЦ-9 (г. Ангарск) находится в непосредственной близости к предприятию. Таким образом, для дальнейших исследований по разработке промышленной технологии было решено использовать золу уноса ТЭЦ-9 (пункты 2.1, глава 2 диссертации).

Добавки. В качестве аддитивов были подобраны и использовались стабилизаторы, модификаторы, смазки, пластификаторы, вспениватели и пигменты (таблица 17), аналогично представленным в главе 2, но проявляющие улучшенные характеристики при использовании в наполненных ПВХ-композициях.

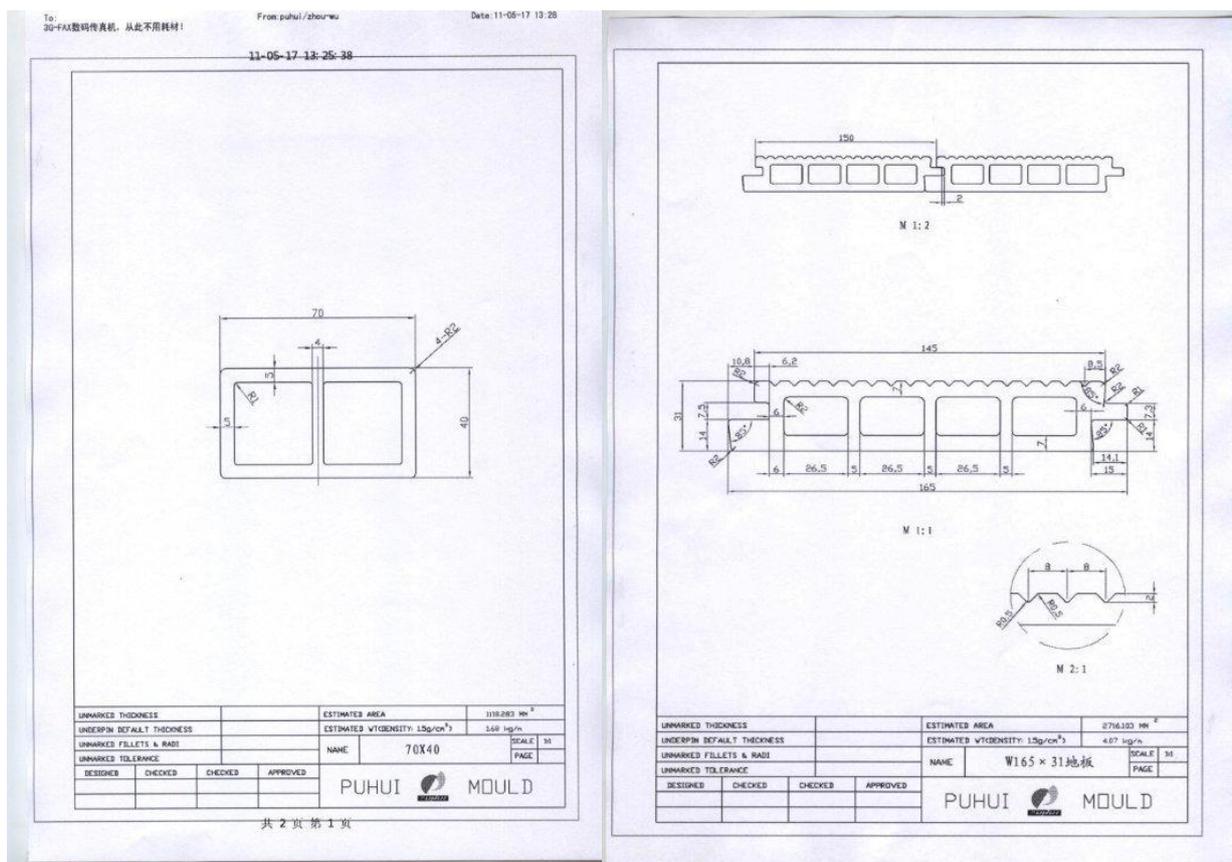
Таблица 17 – Характеристики аддитивов

Наименование	Применение	Описание	Аналог
Naftomix MRX 2167	Стабилизатор	Компаунд стабилизатор-смазка основе двухосновного фосфита свинца с высокой термостабильностью и высокой стойкостью к свету	Akstab 675 В
Paraloid K - 125ER	Модификатор	Модификатор текучести, смесь акриловых сополимеров	Akdeniz PRO 40
Paraloid KM 1	Модификатор	Модификатор ударопрочности, сополимеризат метилметакрилата со стиролом, бутадиеном и акрилатом	DMA 600
Tyurin 6000	Модификатор	Модификатор текучести, хлорированный полиэтилен	-
NaftolubeSts	Смазка	Основа - стеариновая кислота, для переработки мягкого и жесткого ПВХ	Стеариновая кислота
Zebra cellC 083 G	Вспенивающий агент	Вспениватель на базе модифицированного азодикарбонамида	Cellcom AC 7001 F и Unicell D 200 A
M12000334 precolor PVC	Пигмент	Колорант, цвет перламутровый. Композиция из неорганических пигментов и ПВХ с аддитивами и стабилизаторами	-
M1200477 precolor PVC	Пигмент	Колорант, цвет бежевый. Композиция из неорганических пигментов и ПВХ с аддитивами и стабилизаторами	-
Железоокисный красный	Пигмент	добавить информацию	

В связи с тем, что наполнение ПВХ-композиции минеральной составляющей изменяет реологию и другие характеристики расплава, нами были выбраны аддитивы, позволяющие улучшить технологичность нового материала.

3.2 Оптимизация режимов технологического процесса экструзии полимерно-минеральной композиции

Всего подготовлено и экструдировано 7 рецептов на описанной линии. В ходе серии экспериментов также были подобраны оптимальные параметры для переработки ПМК. Для работы использовались две фильеры (формующие головки): «террасная доска» и «лага» (Рисунок 12) по разработанным нами чертежам.



а.

б.

Рисунок 12 – Фильеры экструзионной линии: а. – «лага», б. – «террасная доска»

Смешивание компонентов осуществлялось в высокоскоростном двухстадийном турбосмесителе, где и производится нагрев смеси за счет трения при турбосмешивании (число оборотов двигателя 1200 об/мин) при температуре горячего миксера 115°C, холодного – 40°C, все компоненты (связующее, наполнитель, добавки) при этом помещались в миксер одновременно.

При достижении указанной температуры (115°С) при помощи нижнего пневмозатвора смесь передается в охлаждающий смеситель, где при скорости перемешивания 180 об/мин охлаждается до 40 °С. Охлаждение происходит за счет циркуляции воды в рубашке смесителя с температурой 10-12 °С (давление воды 0*5 бар). Управление процессом смешивания производится при помощи электронной системы, снабженной программируемым контролером, регулирующим температуру. Движение компонентов при смешивании происходит, как показано на рисунке 13.

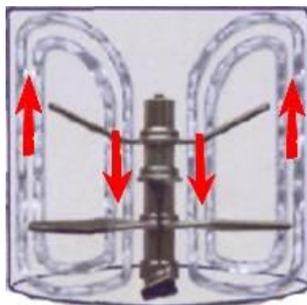


Рисунок 13 – Движение компонентов во время смешивания в турбосмесителе [97]

Время смешения 8-15 минут. Время смешения колеблется и зависит от состава композиции, степени наполнения и конструктивного исполнения лопастей горячего смесителя, чем меньше рабочая площадь лопаток, тем быстрее смесь будет нагреваться за счет большей отдачи кинетической энергии смешиваемой смеси, которая за счет силы трения преобразуется в тепловую[97]. Далее смесь подается в бункер для хранения и выдержки.

Время выдержки составляет не менее 24 часов. Высокоскоростные миксеры используются для скоростного смешивания, дегидратации, сушки, окраски пластмасс и другой обработке всех видов материалов из пластмасс, резин и др. химических веществ.

Важнейшим показателем, влияющим на качество смешивания материалов, является влажность компонентов. Избыточная влажность сырья приводит к: неравномерному смешиванию сырья, за счет наличия дополнительной фазы в расплаве (водной фазы) и адгезии воды с мелкодисперсными частицами сырья, что приводит к их слипанию; нарушению

технологии смешения композиции вследствие снижения температуры смеси и увеличению времени достижения необходимой температуры в смесителе.

Взвешивание сырья производилось на двух типах весов: до 1000 кг и аналитическими до 3 кг. На сегодняшний день экструзионный процесс переработки поливинилхлорида является одним из наиболее прогрессивных и эффективных в производстве таких строительных изделий, как сайдинг, оконные профили, вспененные трубы, профили, листы и т.д.[94,98]. В экструдере материал в виде порошка загружается из бункера в цилиндр с электрическим обогревом для размягчения полимера. При движении пластической массы между вращающимися шнеками и цилиндром возникает трение, что обеспечивает движение горячей массы по цилиндру и повышение температуры перерабатываемого полимера.

В процессе движения по цилиндру к отверстию фильеры расплав переходит три четко разделенные зоны: загрузка, сжатие, дозирование или гомогенизация. Зона загрузки принимает полимер из питателя и направляет в зону сжатия, в которой нагревательные элементы обеспечивают плавление порошкообразной массы, а вращающийся шнек сжимает ее. Далее расплав поступает в зону дозирования, где приобретает постоянную скорость течения, которая обусловлена винтовой нарезкой шнека. В этой части экструдера создается давление, и расплав полимера подается на выходное отверстие фильеры и выходит из него с заданным профилем. Экструдат выходит из формующей головки в очень нагретом состоянии (в данном случае около 60°C), и для сохранения геометрии требуется его быстрое охлаждение. Также важна определенная вязкость перерабатываемого материала, чтобы формируемый профиль мог сохранять придаваемую форму[94].

Для получения изделий требуемого качества нами были разработана и экструдирована серия ПМК с различным содержанием компонентов, и усотановлены экспериментальным путем режимные параметры процесса их переработки на экструзионной линии.

В таблице 18 представлены рецептуры полимерно-минеральных композиционных материалов с различным наполнением и добавками. В таблице 19 представлены параметры процесса переработки композиций. В процессе эксперимента регулировались технологические параметры, а именно температуры различных зон экструдера, процесса с целью получения изделия надлежащего качества. К качественным характеристикам изделия в процессе его экструдирования относили: гладкость профиля, отсутствие видимых дефектов, трещин, равномерность поверхности.

Рецептура №1 была отработана на фильере «лага» (рисунок 12 (а)), в таблице 19 представлены оптимальные параметры, которые были подобраны в ходе эксперимента для этой смеси. Профиль при указанных параметрах из экструдера выходит ровный, проходит через калибратор и охлаждающую ванну, хорошо оформлен.

Отличие рецептуры №2, помимо содержания наполнителя, использование пигмента другого цвета. Параметры переработки показаны в таблице 19.

В ходе эксперимента с рецептурой №2 при подборе параметров выяснилось, что с увеличением содержания наполнителя (до 40%) необходимо повысить температуру (в среднем на 5°С на каждой зоне), при этом возросло давление расплава в адаптере. Используемая фильера – «лага».

Для рецептуры №3 со вспенивающим агентом потребовалось снижать рабочие температуры, т.к. газообразование происходило очень активно, вследствие чего профиль не входил в калибратор, давление при этом осталось на уровне около 7 МПа. После снижения температур (таблица 19) профиль выходил ровный, после прохождения калибратора хорошо оформлен. Также для данной рецептуры включен вакуум калибратора (0,02 МПа), а также максимальное охлаждение на калибровочном столе.

Таблица 18 – Рецептуры полимерно-минерального композита

Компонент	Рецептура №1 (30% наполнения)	Рецептура №2 (40 % наполнения)	Рецептура №3 (40 % наполнения)	Рецептура №4 (40 % наполнения)	Рецептура №5 (40 % наполнения)	Рецептура №6 (55 % наполнения)	Рецептура №7 (60 % наполнения)
	м.ч.	м.ч.	м.ч.	м.ч.	м.ч.	м.ч.	м.ч.
ПВХ (СИ64)	100	100	100	100	100	100	100
Зола уноса ТЭЦ-9	53	80	80	85	85	136	170
Стабилизатор NAFTOMIX MRX 2167	20	20	21	33	37	18	14
Модификатор Paraloid K -125ER							
Модификатор Paraloid KM 1							
Смазка NaftolubeSts							
Модификатор Tyrin							
Пигмент M1200477 бежевый							
Пигмент M12000334 перламутровый							
Пигмент красный железокисный							
Пластификатор диоктилфталат							
Вспениватель Zebra-cell C 083 G							

Примечание: серым цветом выделены отсутствующие в рецептуре компоненты

Таблица 19 - Параметры процесса переработки композиций

Рецептура		Температура зон экструдера, °С				Температура адаптера, °С	Температура зон фильеры, °С	Шнеки экструдера, об/мин	Обороты дозирующего устройства экструдера, об/мин	Скорость отвода профиля, м/мин	Давление массы расплава, МПа	Характеристика полученного профиля
		1	2	3	4							
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14
1	Значение	141	143	146	148	156	156	21,1	16,4	0,57	6,9	Профиль ровный, проходит через калибратор и охлаждающую ванну.
2		146	149	151	153	159	162	20,1	15,7	0,61	7,3	Профиль ровный, проходит через калибратор и охлаждающую ванну.
3		139	143	146	148	156	156	21,1	16,4	0,57	7,25	Профиль ровный, хорошо оформлен.
4		148	150	152	154	150	160	20,3	16,2	0,52	1,1	Профиль ровный, хорошо оформлен.
5		148	150	152	154	150	160	18	14,7	0,46	1	Профиль ровный, хорошо оформлен.
6		165	167	170	172	162	159	8,2	6,7	-	8,8	Профиль ровный, хорошо оформлен.
7		170	173	176	179	167	165	16	13,1	-	8,8	Профиль ровный, хорошо оформлен.

Показатели температур процесса экструзии данной рецептуры №4 близки показателям смеси №2, но, в то же время, давление расплава гораздо ниже. Это обусловлено наличием в композиции пластификатора, который облегчает переработку поливинилхлорида, снижая температуру перехода полимера в вязкотекучее состояние, следовательно, при тех же температурах давление расплава будет гораздо ниже.

Параметры переработки для рецептуры № 5 соответствуют показателям предыдущего опыта, давление расплава осталось на том же уровне.

С увеличением количества наполнителя до 55% повысилась температура переработки смеси, а также значительно возросло давление расплава в адаптере. Для данной рецептуры №6 использовалась фильера – «террасная доска».

При дальнейшем увеличении содержания наполнителя (до 60%), в результате подбора рабочих параметров, температуры зон цилиндра имели максимальные значения среди всех исследуемых композиций полимерно-минерального композита. Давление, как и в предыдущем опыте, составило 8,8 МПа. В опыте №7 использовалась фильера – «террасная доска» (рисунок 12, б). Данная рецептура (№7) является максимальной по содержанию наполнителя.

На рисунке 14 изображено увеличение температур переработки композиций с 30, 40, 55 и 60 % наполнителя по зонам экструзии.

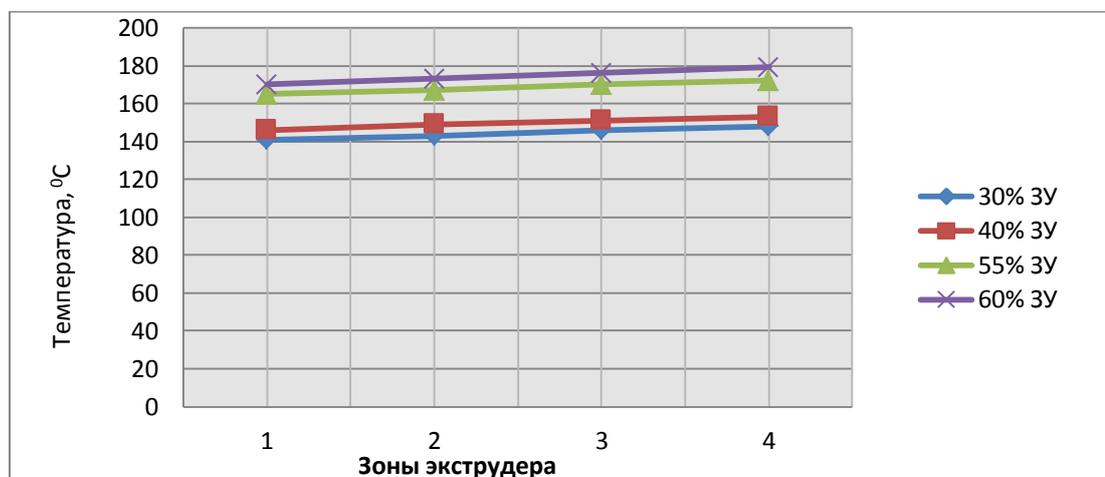


Рисунок 14 - Температуры зон экструдера при переработке композиций с различным количеством золы уноса (ЗУ)

Из графиков видно, что с увеличением количества наполнителя с 30 до 60 % повышение температура экструзии смеси по зонам экструдера составляет около 30 °С.

На рисунке 15 представлено сравнение температур по зонам экструдера композиций с содержанием вспенивающего агента и без него

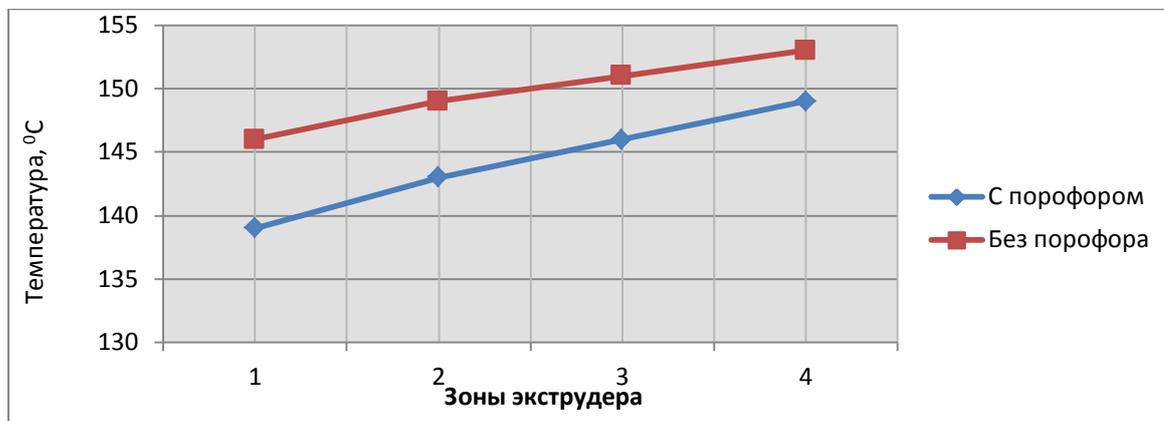


Рисунок 15 - Температуры зон экструдера при переработке композиций с добавлением и без порофора.

При добавлении в смесь вспенивающего агента рабочие температуры снизились, т.к. порофор очень активно разлагался (начало разложения используемого азодикарбонамида 130-140°С) при высоких температурах, тем самым профиль не мог получить окончательной формы в калибраторе экструзионной линии.

Рисунок 16 показывает различия в температурах по зонам экструзии смесей с содержанием и без содержания пластификатора.

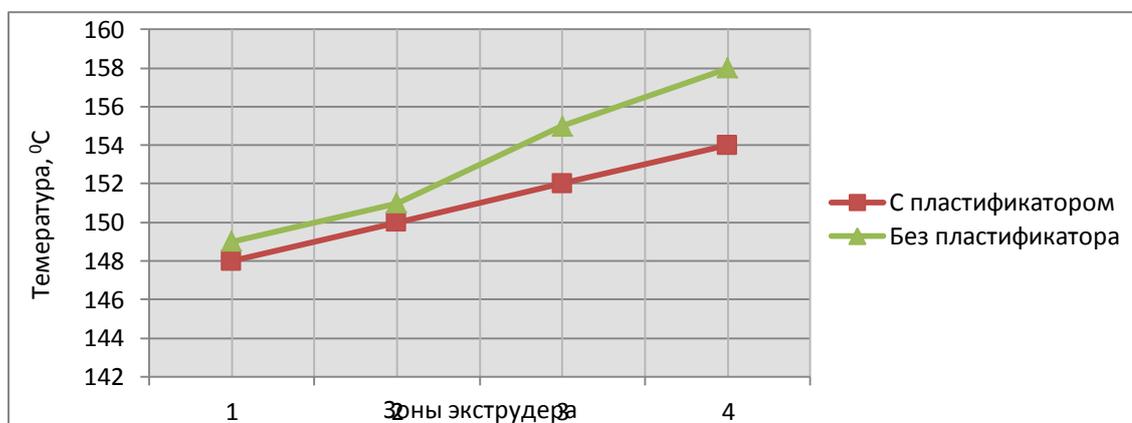


Рисунок 16 - Температуры зон экструдера при переработке композиций с пластификатором и без него.

Композиция с пластификатором имеет более низкие рабочие температуры переработки, это объясняется тем, что пластификаторы облегчают переработку материала, понижая температуру текучести расплава.

На рисунках 17 и 18 представлены изменения температуры и давления в адаптере экструдера при переработке композиций с повышением количества наполнителя в рецептуре с 30 до 60 %.

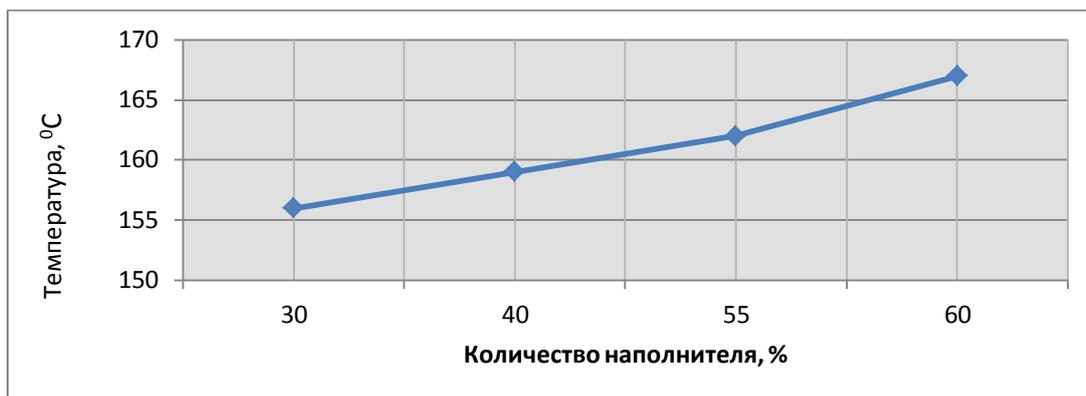


Рисунок 17 - Изменение температуры в адаптере экструдера

Эксперимент показал, что при увеличении количества золы уноса в смеси повышается температура текучести расплава повышается.

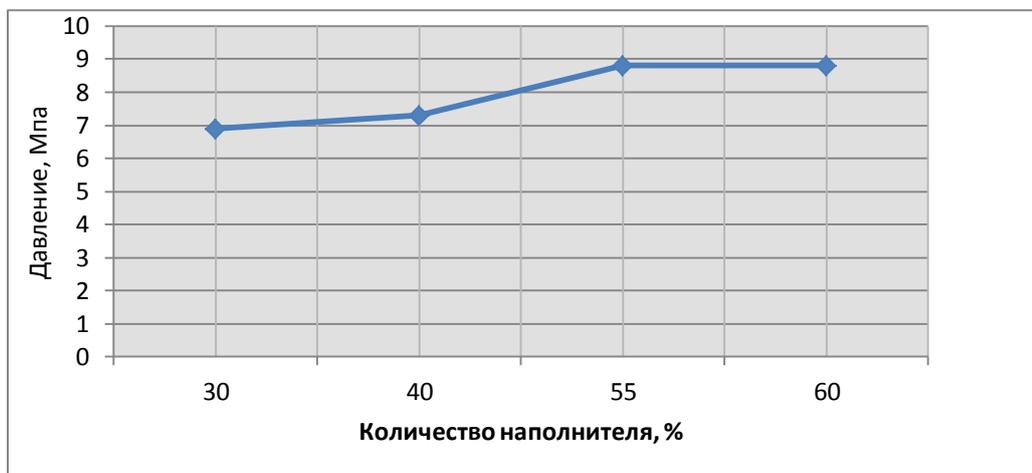


Рисунок 18 - Изменение давления расплава в адаптере экструдера

Давление расплава полимера также повышалось с увеличением количества наполнителя. Это подтверждает то, что введение наполнителей в полимеры существенно изменяет физико-химические и температурные характеристики процесса производства полимерных композиционных материалов.

Таким образом, можно сделать вывод, что количество золы уноса в смеси пропорционально влияет на температуру экструзии, а также на давление расплава. Экспериментальное применение золы ТЭЦ-9 также оправдало теоретическое обоснование ее использования в качестве наполнителя в полимерном материале.

Известно из многочисленных работ [65,67,70], что введение в наполненную композицию пластификатора уменьшает температуру стеклования и температуру текучести полимера. Нами было подтверждено, что в пластифицированной композиции с высоким содержанием (до 60%) минерального наполнителя, золы уноса, температура перехода полимера в вязкотекучее состояние снижалась, облегчая переработку поливинилхлорида. При этом уменьшалось давление массы расплава на 6 МПа. Кроме того, также подтверждено, что с увеличением количества наполнителя, золы уноса, в смеси температура переработки композиции повышается.

Выводы

1. Экспериментально установлена возможность получения экструзионным методом полимерно-минеральных композитов с наполнением золой уноса до 60 % (170 м.ч. наполнителя на 100 м.ч. поливинилхлорида). Из композиции с различными рецептурами (от 30 до 60 %) получены образцы строительных изделий (террасная доска и монтажная лага).

2. На основании экспериментальных исследований оптимизированы условия производства нового полимерно-минерального материала и разработана технология изготовления из него строительных изделий.

3. Оптимальные рабочие технологические параметры производства: температура расплава в цилиндре экструдера – 140-180 оС; давление массы расплава в адаптере – 7-9 МПа; температура воды для охлаждения 12оС; давление вакуума калибровочного стола 0,02 МПа.

4. Подтверждено, что использование золы уноса для наполненных ПВХ-композиций не изменяет способности пластификаторов снижать температуру текучести расплава при экструзии.

4. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА

В результате экспериментальных исследований, представленных в предыдущей главе, создана группа новых полимерно-минеральных композиционных материалов, представленных несколькими рецептурами. Разработаны материалы с различным содержанием наполнителя; пористый и непористый; с пластификатором и без него, а также с различными пигментами., Полученные экструзионным методом изделия, имеют гладкую ровную поверхность, хорошую геометрию профиля по всей длине, что свидетельствует о возможности получения высоконаполненных композитов с содержанием золы уноса до 60 %.

Свойства, а также строение и структура полимерных композитов, как известно, зависит от состава используемого сырья и технологии производства. Следовательно, для получения изделий с заданными необходимыми для потребителя характеристиками требуется изучение свойств и морфологии материала.[88]

Проведенные комплексные исследования ПМК включали изучение физико-механических свойств, пожарной опасности материала, химического (элементарного) состава и структуры материала.

Минеральные наполнители в поливинилхлоридных композициях могут не только существенно снижать стоимость полученных изделий, но и улучшать механическую прочность и огнестойкость. Именно таким наполнителем является зола уноса ТЭЦ. Известно, что с её помощью можно регулировать коэффициент трения, химическую стойкость, теплостойкость, теплопроводность, плотность материала.[119,122]

При прогнозировании свойств композита имеет значение форма и размер наполнителя. Если частицы золы уноса – полые сферы, ПМК, возможно, будет обладать целым рядом специальных характеристик, таких, как способность

отражать или поглощать электромагнитное излучение, акустические характеристики и т.п.

Полимерная матрица - ПВХ в свою очередь воспринимает внешние нагрузки и передает их частицам второй фазы, перераспределяет напряжения между соседними частицами золы уноса, защищает наполнитель от вредного воздействия окружающей среды. Также матрица определяет теплостойкость, термостойкость и огнестойкость композиционного материала. [90]

Далее представлены доказательства, что на свойства полученных образцов ПМК существенное влияние оказывает не только свойства наполнителя, но и структура (морфология) материала в случае получения вспененных композиций. [124,126]

Для выявления эксплуатационных характеристик полученных материалов необходимо исследовать структуру и свойства, а также их взаимозависимость с учетом взаимодействия между связующим и наполнителем. [130] Другой группой параметров, подлежащих исследованию, является зависимость между химическим составом сырьевой смеси и влиянием состава на структуру и свойства конечного материала. [86]

4.1 Физико-механические свойства полимерно-минерального композиционного материала и террасной доски на его основе

Испытания физико-механических свойств образцов пористого материала ПМК-I, ПМК-II, ПМК-III, ПМК-IV, а также непористого НПМК-III и ненаполненного ПВХ, полученных в процессе апробирования технологии (классификация образцов приведена в главе 2) [86], были проведены в «Испытательном Центре «МЦК-ИСПЫТАНИЯ» АНО «МЦК» г. Обнинск. Полученные результаты испытаний представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты квалификационных испытаний опытных образцов ПМК, НПК-III и ненаполненного ПВХ по физико-механическим показателям [86,109]

Измеряемые характеристики, единицы измерения	Наименование материала	I вариант - ПМК-I	II вариант - ПМК-II	III вариант - ПМК-III	IV вариант - ПМК-IV	V вариант - НПК-III	VI вариант – ненаполненный ПВХ (контроль-1)
Плотность, кг/м ³		1216	1200	1248	1182	1516	1464
Предел прочности при изгибе, МПа		33,31 ⁽¹⁾	32,83 ⁽²⁾	32,10 ⁽³⁾	35,93 ⁽⁴⁾	35,36(8)	62,15(5)
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²		15,25	14,95	13,08	17,24	34,11(9)	Не установлена
Энергия удара, кгс см Удар плашмя		-	-	-	-	3,94(10)	8,01(6)
Энергия удара, кгс см Удар в ребро		-	-	-	-	35,24(11)	14,1(7)
Водопоглощение, %		0,96	0,97	0,27	0,20	0,85	0,07
Водопоглощение через 5 минут, %		0,60	0,66	0,22	0,17	0,55	-
Коэффициент линейного теплового расширения, при T=100 ⁰ C и t=60 мин, %		-1,8	-3,5	-2,8	-2,1	При T = 100 ⁰ C образцы полностью деформировались (сжались), произвести замеры невозможно	При T = 100 ⁰ C образцы полностью деформировались (сжались), произвести замеры невозможно
Коэффициент линейного теплового расширения, при T=70 ⁰ C и t=60 мин, %		-0,1	-0,1	-1,9	-0,2	После нагревания линейные размеры образцов не изменились	-0,2

Примечания

1 - При максимальной нагрузке образцы прогибаются без разрушения.

2 - 6 образцов разрушились при прогибе 90°, 4 образца - при максимальной нагрузке прогиб без разрушения.

3 - Образцы разрушились при прогибе 90°.

4 - Образцы разрушились при прогибе 90°.

5 - При максимальной нагрузке прогиб без разрушения, после снятия нагрузки образцы восстанавливаются в исходное положение.

6 - Образцы не разрушились, а проскальзывали между опорами маятникового копра. В случае проскальзывания образца определяется показатель «Сопrotивление удару» по НТД на материал п.5.5а

ГОСТ 4647.

7 – Образцы не разрушились, а проскальзывали между опорами копра с не большим изгибом и побелением. В случае проскальзывания образца определяется показатель «Сопrotивление удару» по НТД на материал п.5.5а ГОСТ 4647.

8 - При максимальной нагрузке прогиб без разрушения, после снятия нагрузки образцы восстанавливаются в исходное положение.

9 - Образцы разрушились. Образцы без надреза.

10 – Среднее значение вычислено исходя из полученных результатов: 4,2; 4,0; 4,0; 4,2; 4,0; 3,9; 3,3.

6 образцов не разрушились, а проскальзывали между опорами маятникового копра. В случае проскальзывания образца определяется показатель «Сопrotивление удару» по НТД на материал п.5.5а ГОСТ 4647.

11 - Образцы разрушились.

Из результатов испытаний видно, что при наполнении ПВХ частицами золы уноса увеличивается плотность получаемого материала. При этом добавление в смесь вспенивающего агента, позволяет получать материалы с плотностью меньшей в 1,2 - 1,5 раза, чем у невспененных образцов. Минимальной плотностью из пористых ПМК обладает образец ПМК-IV, что связано с увеличением концентрации порофора (в 4 раза) и, как следствие, уменьшением плотности композиции. Изменение значения средней плотности вспененных композитов приводит к изменению исходной пористости, которая оказывает влияние на тепло-, звукоизоляционные и другие физико-механические и эксплуатационные свойства. [128]

Наличие в композиции вспенивателя и значение плотности не влияют на величину предела прочности при изгибе. Самый высокий предел прочности при изгибе имеет ненаполненный ПВХ (контроль). Во время эксперимента при максимальной нагрузке имел место прогиб материала без разрушения, после снятия нагрузки образцы восстанавливались в первоначальное положение. Предел прочности при изгибе наполненных образцов ПМК падает в 1,7 - 1,9 раз в сравнении показателем ненаполненного ПВХ. [86]

Возможно, что увеличению хрупкости полимера способствует наличие частиц наполнителя. Величина данного показателя у образца НПМК-III составляет 35,36 МПа. Образцы НПМК-III, также как и ненаполненный ПВХ, при максимальной нагрузке прогибались без разрушения, и восстанавливались после снятия нагрузки в первоначальное положение.

Среди пористых образцов самым высоким показателем предела прочности при изгибе обладает ПМК-IV, наименьшим – ПМК-III. Следовательно, на прочностные свойства оказывает влияние наличие пластификатора в композиции. С увеличением количества дибутилфталата с 2,5 (ПМК-II) до 7,5 м.ч. (ПМК-III) прочность снижается с 32,83 до 32,10 МПа. [86]

Вместе с этим, образцы ПМК-I при максимальной нагрузке прогибались без разрушения, в отличие от ПМК-III и ПМК-IV, образцы которых

разрушались при прогибе 90° . У шести образцов ПМК-II наблюдалось разрушение при прогибе 90° , четыре образца при максимальной нагрузке прогнулись без разрушения. Это можно объяснить тем, что поры являются концентраторами напряжений при любом напряженном состоянии, резко снижающими общий уровень прочностных параметров [99]. Исходя из этого, возможно, что образцы ПМК-III и ПМК-IV имеют более пористую структуру – высокую плотность ячеек и их крупный размер.[86]

При применении дисперсных наполнителей снижение относительного удлинения, как правило, сопровождается ухудшением ударных характеристик у большинства материалов на основе жесткоцепных полимеров [99,127]. Поэтому величина ударной вязкости по Шарпи ненаполненного ПВХ не установлена, т.к. образцы не разрушались, а проскальзывали между опорами копра, в отличие от образцов наполненного НПМК-III, которые разрушились. Ударная вязкость вспененных материалов значительно хуже, чем у НПМК-III. Как и в предыдущем опыте, сказывается ячеистое строение композитов. Самое большое значение ударной вязкости из пористых образцов имеет ПМК-IV.

В сравнении с ненаполненным ПВХ, водопоглощение которого практически равно нулю, наполненные золой уноса образцы незначительно впитывали воду. Лучшим показателем обладает ПМК-IV, его водопоглощение составило 0,2%. Наиболее подверженные проникновению влаги материалы – ПМК-I и ПМК-II, их показатели, соответственно, 0,96 и 0,97%. Вероятно, доля закрытых изолированных ячеек в ПМК-IV намного выше, чем открытых ячеек, т.е. ПМК-IV – закрытоячеистый материал. В то же время, можно предположить, что образцы ПМК-I и ПМК-II являются открытоячеистыми, т.к. доля открытых ячеек в них преобладает над закрытыми. Подобное повторялось и спустя 5 минут после начала эксперимента по изучению водопоглощения. Однако данное значение водопоглощения все равно более чем в 100 раз ниже, по сравнению с древесиной. [86]

В ходе определения коэффициента линейного теплового расширения при температуре 100°С в течение 60 минут образцы ненаполненного ПВХ и НПМК-III деформировались (сжались), невозможно произвести замеры. У вспененных материалов при тех же условиях происходило изменение длины опытных образцов. Добавление в композицию наполнителя значительно снижает коэффициент линейного теплового расширения. Из таблицы 34 видно, что введение пластификатора в состав ПМК-II и ПМК-III способствует большей деформации образцов по сравнению с ПМК-I и ПМК-IV.[86]

Анализ экспериментальных данных показал, что введение в композицию наполнителя – золы уноса способствует повышению физико-механических свойств материала, а также снижению себестоимости получаемых ПКМ.

Лучшими характеристиками обладает материал ПМК-IV наиболее высокими физико-механическими свойствами.

Проведен сравнительный анализ физико-механических характеристик ПМК-IV и натуральной древесины, а также в качестве контроля ненаполненного ПВХ и НПМК-III по данным представленным в таблице 21.[86]

Таблица 21 – Сравнение физико-механических свойств ненаполненного ПВХ, натуральной древесины и полимерно-минерального композита[86]

Измеряемые характеристики, единицы измерения	Ненаполненный ПВХ (контроль)	НПМК-III	ПМК-IV	Натуральная древесина (пихта)
Тип структуры	непористая	непористая	пористая	пористая
Плотность, кг/м ³	1464	1516	1182	800
Предел прочности при изгибе, МПа	62,15	35,36	35,93	35,6
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	Не установлена	34,11	17,24	32,0
Водопоглощение, %	0,07	0,85	0,20	100
Водопоглощение через 5 минут, %	-	0,55	0,17	-
Коэффициент линейного теплового расширения, при T=100°С и t=60 мин, %	Деформация образцов, замеры не возможны	Деформация образцов, замеры не возможны	-2,1	-
Коэффициент линейного теплового расширения, при T=70°С и t=60 мин, %	-0,2	После нагревания линейные размеры образцов не изменились	-0,2	-

По таблице 21 можно сделать вывод, что ПМК-IV значительно отличается по физико-механическим характеристикам от ненаполненного ПВХ и НПМК-III. В результате вспенивания у ПМК появились новые свойства, которых нет у непористого материала: легкость, хорошие тепло-, холодо- и звукоизоляционные свойства [100].

Исследования физико-механических свойств показало, что ПМК имеет схожие показатели с некоторыми сортами древесины: значения показателей плотности, предела прочности на изгиб ПМК наиболее близки к значениям аналогичных показателей у материалов из дерева.[86]

Полимерно-минеральный композит является гидрофобным материалом, его водопоглощение не превышает 0,2 %, что в 500 раз ниже водопоглощения древесины, что обеспечивает долговечность, биологическую стойкость, стабильность геометрии и прочностных свойств изделий из ПМК при эксплуатации в условиях с повышенной влажностью. Вместе с этим, экструзия, как технология производства новых строительных композитов позволяет выпускать профильные изделия из термопластичного ПМК различного сечения (террасную доску, планкен, сайдинг, изделия для мебели, оконные профили, «вагонку» и т.д.), поверхностной текстуры, длины, цвета. [86, 129]

Кроме того, были проведены расширенные исследования физико-механических свойств террасной доски (рисунок чертеж фильеры 12, б) из полимерно-минерального композита, содержащий 40% наполнителя был выбран образец, полученный при удовлетворительных технических параметрах и лучший по внешнему виду, рецептура №2 (таблица 18).

Испытания проводились в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты» г. Москва с целью определения качественных показателей террасной доски из ПМК (приложение Г). Результаты испытаний приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Технические характеристики террасной доски (рецептура №2) из ПМК

Показатели	Технические характеристики	значение для ПМК	норма для ДПК	
Водостойкость при вымачивании в воде 24 часа при 20 ±1 °С	Водопоглощение, %	0,2	<2	
	Разбухание по длине, %	0,24	<1	
	Разбухание по ширине, %	0,31		
	Разбухание по толщине, %	0,37		
Водостойкость при кипячении 2 часа	Водопоглощение, %	0,36	<5	
	Усадка по длине, %	-1,1	<1,5	
	Разбухание по ширине, %	0,62		
	Разбухание по толщине, %	0,62		
Физико-механические характеристики материала	Плотность, кг/м	1637	-	
	Твердость при вдавлении шарика, Н/мм ²	200	>90	
	Ударная вязкость по Шарпи без надреза, кДж/м ²	10	>3,5	
	Предел прочности при изгибе, МПа	52	>25	
	Предел прочности при растяжении, МПа	18,9	>10	
	Удельное сопротивление выдергиванию шурупов, Н/мм	330	>120	
Несущая способность профильной доски	Разрушающая нагрузка доски при расстоянии между опорами 400 мм	кгс	540	-
		Н	5292	>2000

Примечание: сравнение характеристик исследуемого ПМК (рецептура №2) с нормативными значениями (согласно данным НИЦ «ДПК» г. Москва) для древесно-полимерного композита (ДПК).

По данным таблицы видно, что террасная доска обладает низкими значениями водопоглощения и разбухания при вымачивании в воде за 24 часа, что характеризует ее геометрическую стабильность. В то же время, при кипячении образцов в течении 2-х часов наблюдается некоторая усадка по длине, что говорит о внутренних напряжениях в изделиях.

Образец доски характеризуется высокой плотностью свыше 1600 кг/м³. По данным испытательного центра [118] значение этого показателя для доски находится в диапазоне 1100-1300 кг/м³, т.к. превышение его не рекомендуется чисто из экономических соображений. Однако при этом изделие обладает высокой твердостью и повышенными значениями показателя прочности при изгибе модельного образца - 52 МПа (при требуемом не менее 25 МПа). Разрушающая нагрузка конструкции - 5292 Н (при требовании не менее 2000Н).

Также материал достаточно пластичен при отрицательных температурах. Ударная вязкость по Шарпи -10 кДж/м².

Определение коэффициентов линейного теплового расширения террасной доски из ПМК по ГОСТ 15173 «Пластмассы метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения». Испытания также проводились в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты» г. Москва (приложение Г).

Данный метод предусматривает определение линейного теплового расширения материала, связанного с изменением размеров образца при нагреве в установленном интервале температур от + 40 до +80°C. Средний коэффициент линейного теплового расширения характеризует относительное приращение длины, ширины или толщины образца, вызванное повышением его температуры от нижней до верхней границы интервала, отнесенное к величине этого интервала.[133-135] В качестве исследуемых образцов использовалась террасная доска из ПМК (рецептура №2, рисунок 19)

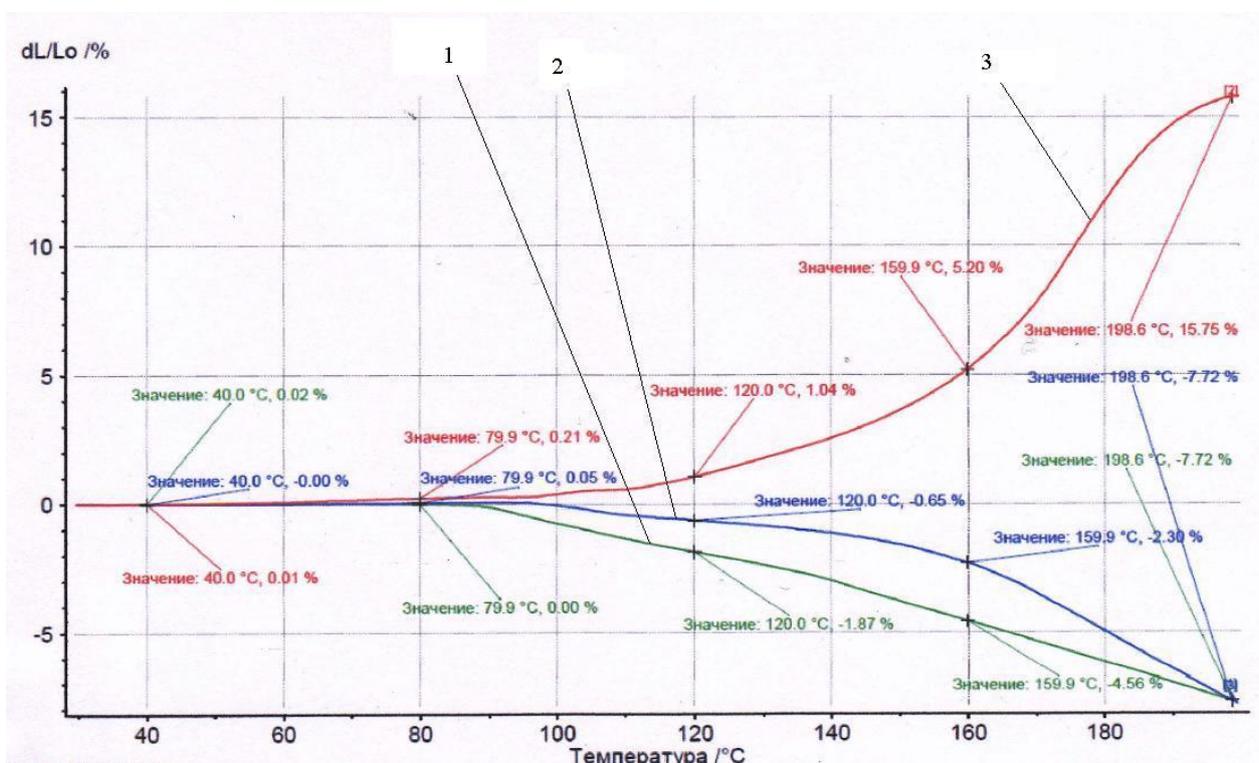


Рисунок 19 – Зависимость относительного изменения линейного размера тела от температуры образцов террасной доски: 1 – по длине; 2 – по ширине; 3 – по толщине.

В таблице 23 указаны значения коэффициентов линейного термического расширения.

Таблица 23 - Значения коэффициентов линейного термического расширения

№	Температура, °С	По толщине	По длине	По ширине
1	80°С	$\alpha = 5,25 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha = 0$	$\alpha = 1,25 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$
2	120°С	$\alpha = 1,3 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha = - 3,12 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha = - 8,13 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$
3	160°С	$\alpha = 4,33 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha = - 3,8 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha = - 1,92 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$

Значения относительных коэффициентов линейного термического расширения наряду с термическим расширением указывают также на деформации, обусловленные испарением летучих веществ, химическими процессами деструкции и релаксацией внутренних напряжений под действием температуры. В частности, при нагревании свыше 80 °С размер образцов в двух направлениях (по длине и ширине) уменьшается, что говорит о преобладании вышеуказанных процессов над термическим расширением.[118]

Террасная доска из ПМК имеет незначительное расширение в диапазоне температур от +40 до +80 °С.

При повышении температуры более 100°С наблюдается изменение размеров материала во всех направлениях, как в сторону увеличения (по толщине до 15%), так и в сторону уменьшения (по длине, по ширине до 7%).

Полученные данные могут использоваться для расчета величины деформации напольных покрытий при монтаже при нагревании, например, солнечными лучами и для определения необходимых зазоров между досками во избежание коробления напольных покрытий.[129]

4.1.1 Сравнение физико-механических характеристик образцов ПМК

Исследование физико-механических свойств материалов в ИЦ «МЦК-ИСПЫТАНИЯ» АНО «МЦК» г. Обнинск и «НИЦ ДПК» г. Москва показывают, что образцы, выпущенные по разработанной промышленной технологии

производства ПМК (рецептура №2) имеет более высокие прочностные характеристики, чем образцы пилотной партии (глава II).

Образец (рецептура №2), изготовленный по промышленной технологии производства ПМК без пористой структуры, имел самый высокий удельный вес среди испытуемых – 1637 кг/м^3 , и при этом материал обладает гораздо более высокими прочностными характеристиками.

Таким образом, террасная доска (рецептура №2) имеет физико-механические характеристики и показатели по водопоглощению значительно превышающие нормативные значения (для ДПК, таблица 22) всех измеряемых параметров, а также этот материал обладает наиболее высокими прочностными характеристиками среди исследуемых полимерно-минеральных композитов.

4.1.2 Испытание твердости материала

Помимо исследований, проведенных в испытательном центре, также были проведены лабораторные испытания материала на твердость портативным твердомером ТЭМП-2.

Данный прибор предназначен для неразрушающего экспрессного измерения твердости сталей, сплавов и их сварных соединений по шкалам Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Шора (HSD), Виккерса (HV), а также определения предела прочности сталей R_m по ГОСТ 22761-77.

В руководстве к прибору также сказано, что область применения твердомера может быть расширена также и на неметаллы, например, резина, что подходит для исследований ПМК.

Измерения твердости производились по шкале Бринелля (НВ).

В качестве образцов были выбраны материалы, рецептуры которых описаны в главе 3, результаты измерений в таблице 24.

Таблица 24 – Показатели твердости ПМК по шкале Бринелля (НВ)

Тип образца	Значение										Среднее значение, НВ, кгс/м ³	Композиция
ПМК №1	331	297	313	323	307	307	328	321	308	323	315,8	30% зола уноса (рецептура №1)
ПМК №3	332	317	342	349	309	275	318	316	315	353	322,6	40% зола уноса, вспениватель (рецептура №3)
ПМК №4	336	328	330	360	340	353	337	324	342	323	337,3	40% зола уноса, пластификатор (рецептура №4)
ПМК №8	299	274	321	312	302	303	279	324	299	317	303	25% зола уноса, вспениватель, (рецептура №8)

Анализ измерений показывает, что с увеличением количества наполнителя повышается значение твердости материала. Также выяснено, что невспененный материал (рецептура №4) обладает более высокой твердостью, по сравнению со вспененным образцом такой же наполненности (рецептура №3). Следовательно, на твердость материала влияет степень наполнение композиции, а также наличие вспенивающего агента, т.е. наличие у материала пор. Значения твердости для различных материалов в сравнении с ПМК представлены в рисунке 20 [102]. Исходя из данных рисунка, ПМК по показателю твердости уступает только стеклу и инструментальной стали.

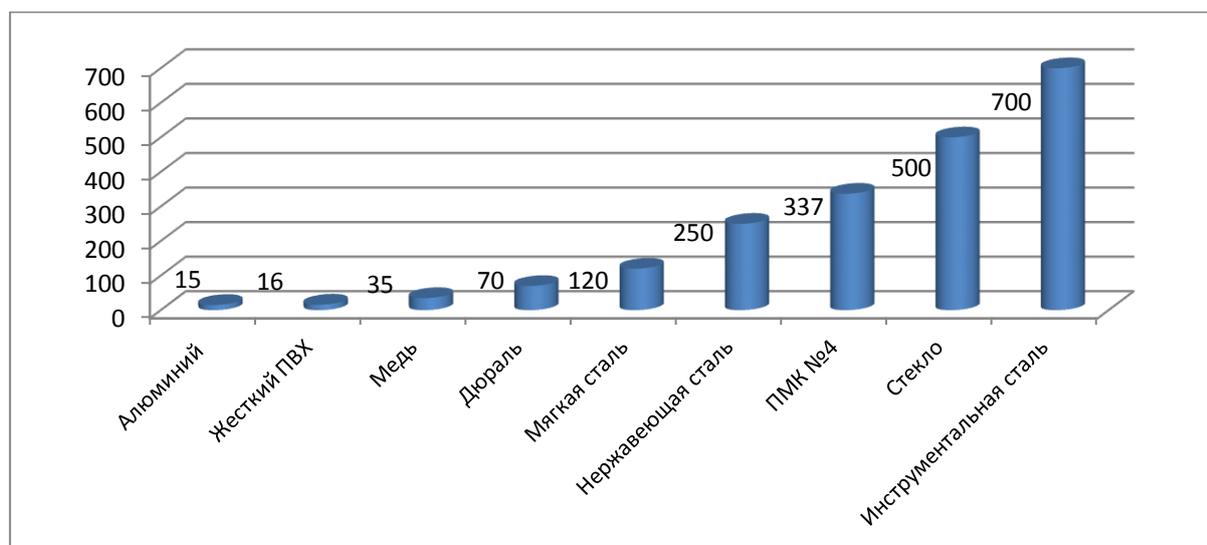


Рисунок 20 – Показатели твердости некоторых материалов и полимерно-минерального композита.

Вместе с этим, композит, содержащий 40% золы уноса, во много раз превосходит жесткий ПВХ по твердости.

4.2 Климатические испытания ПКМ

Климатические испытания террасной доски (рецептура №2) из ПКМ проводились с целью прогнозирования срока службы путем оценки изменения декоративных свойств и потери прочности при статическом изгибе после 20 циклов ускоренных климатических испытаний. Испытание проводились в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты» г. Москва в соответствии с ГОСТ 30973. Дополнительно было определено изменение массы, толщины стенок и потеря прочности при статическом изгибе образцов после проведения испытаний (приложение Д). Оценка внешнего вида образцов в процессе испытаний проводилась в соответствии с ГОСТ 9.407 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида». Процедура проведения испытаний на стойкость покрытий в условиях умеренно-холодного климата состоит из последовательного перемещения образцов покрытий из одного аппарата в другой, в соответствии с заданным режимом испытаний (таблица 25). Количество циклов – 20. Последовательность перемещения образцов в аппаратах и режимы ускоренных климатических испытаний приведены в таблице 41.

Таблица 25 – Последовательность перемещения образцов

№	Время	Вид обработки	Продолжительность, ч	Температура, °С	Примечание
1	9.00 -10.00	Выдержка в емкости с раствором соли (NaCl)	1	22 ±2	Концентрация раствора NaCl 3%
2	10.00-15.00	Замораживание	5	минус 30	
3	15.00-16.00	Выдержка в воде	1	22 ±2	
4	16.00-9.00	Нагрев в термошкафу	17	60±2	При наличии в шкафу вентиляционных отверстий они должны быть закрыты

Результаты ускоренных климатических испытаний террасной доски из ПКМ представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Результаты климатических испытаний

Показатель	Образец ТД			
Исходные данные				
Цвет	терракот			
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1	2	3	4
	51,9	52	52,2	51,8
	Среднее значение			52
Конечные данные				
Количество циклов - 20	Режим испытаний - таблица 1			
Цвет	Ц1, незначительное посветление (ΔЕ-1,7).			
Блеск	Б1 Блеск без изменений			
Декоративные свойства	АД1			
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1	2	3	4
	51,4	50,1	49,3	51
	Среднее значение			50,45
Потеря прочности при статическом изгибе, %	3,09			
Изменение массы образца, %	Увеличение на 0,14%			
Изменение геометрических размеров профиля, %	длина, %	ширина, %	толщина, %	
	0,055	-0,1	0,065	

Образец террасной доски из ПМК в условиях открытой промышленной атмосферы умеренно-холодного климата (УХЛ 1) сохраняет свои декоративные свойства до балла АД1 в течение 2 лет, прогнозируемый срок службы без существенной потери прочности (менее 5%) - более 10 лет. [118]

4.2.1 Исследование устойчивости террасной доски из ПМК к воздействию ультрафиолета

Определение устойчивости образцов к воздействию УФ-облучения (потеря цвета, «выветривание») проводилось в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты» г. Москва в соответствии с методами определения условной светостойкости по ГОСТ 21903.

Оценка образцов производилась согласно ГОСТ 9.407-84 (визуально) и ГОСТ Р 52490-2005 (приложение Д).

Результаты исследований представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Устойчивость террасной доски к воздействию УФ-облучения

Количество часов	Результаты осмотра
	Образец №1
Исходные данные	терракот
Цвет	
Испытания	
Изменение цвета/блеска:	
24 ч	Ц1; Цвет визуально без изменений ($\Delta E=1,38$) Блеск без изменений
240ч	Ц2; Потемнение пятнами по всей поверхности. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E=3,72-5,4$. Б2 незначительное изменение блеска (20-40%);
500 ч	Ц2-Ц3 потемнение пятнами по всей поверхности. Цвет образца от светло-коричневого до темно-коричневого. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E=3,5-7,06$. Б3 значительное изменение блеска (40-60%);

На рисунке 21 представлена фотография изменения внешнего вида образца после 500 часов экспонирования.



Рисунок 21 – Изменение внешнего вида террасной доски

В правом верхнем углу рисунка первоначальный цвет доски («терракот»).

После экспонирования в испытательной световой камере Suntest XLS' в течение 500 часов у образца террасной доски наблюдается незначительное изменение цвета и снижение степени блеска, однако на экспонируемой поверхности не обнаружено признаков разрушения материала основы

(выветривания, выкрашивания поверхности), поэтому образец считается выдержавшим испытание. [118]

4.2 Изучение элементарного состава полимерно-минерального композита

Для изучения химического состава методом спектрального анализа был выбран образец ПМК №4. Исследования проводились в Центральной аналитической лаборатории БФ «Сосновгеология» г. Иркутск (приложение А). Проведенный спектральный анализ (исследования проводились в соответствии с методикой (1.80) НСАМ №246-С.) показал следующие результаты (таблица 28).

Таблица 28 – Спектральный анализ материала ПМК №4

№ п.п.	Элемент	Содержание, размерность	Предел обнаружения	Наименование пробы
				Композиционный материал ПМК №4
1	Si	%	0,0001	30
2	Al	%	0,0001	8
3	Mg	%	0,0001	1,5
4	Ca	%	0,01	2
5	Fe	%	0,0003	8
6	Na	%	0,01	0,5
7	K	%	0,5	-
8	Mn	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,1	20
9	Ni	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,1	10
10	Co	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	4
11	Ti	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	150
12	V	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	8
13	Cr	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,5	8
14	W	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,5	0,5
15	Mo	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	1
16	Zr	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	10
17	Hf	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	-
18	Nb	$n \cdot 10^{-3} \%$	1	-
19	Cu	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,1	6
20	Pb	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,3	400
21	Sb	$n \cdot 10^{-3} \%$	2	-
22	As	$n \cdot 10^{-3} \%$	10	-
23	Ge	$n \cdot 10^{-3} \%$	0,1	1

24	Bi	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	-
25	Cd	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	-
26	Ag	$n \cdot 10^{-6}\%$	2	50
27	Zn	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	15
28	Sn	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	1
29	Be	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	0,6
30	Sc	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,3	0,5
31	Ga	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	2
32	Ce	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	-
33	La	$n \cdot 10^{-3}\%$	3	5
34	Y	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	4
35	Yb	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	0,5
36	P	$n \cdot 10^{-2}\%$	3	5
37	Ba	$n \cdot 10^{-2}\%$	0,2	1
38	Sr	$n \cdot 10^{-2}\%$	0,5	5
39	Li	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	15
40	B	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	10

Полимерно-минеральный композит кроме макроэлементов содержит также микроэлементы или элементы-примеси (Ni, Co, Cr, Pb, Sn, Zn, Mo, Zr, Ge, Cu, Ag, Zn, Be, Sc, Ga, La, Y, Ba, Sr, Li, B). Наличие в материале высокого количества алюминия, кремния, железа, кальция и магния обусловлено содержанием оксидов данных элементов в золе уноса, которая является алюмосиликатом. Эти элементы присутствуют в золах в более высоких концентрациях, нежели в углях, что объясняется их концентрированием в процессе сгорания угля [77,131].

Высокое содержание свинца можно объяснить наличием в композиции стабилизатора на основе двухосновного фосфита свинца. Элементы Ta, Pt, Au, Te, Hg, Ir, Gd в пробах не обнаружены.

4.3 Исследование пространственной морфологии ПМК

4.3.1 Исследование структуры композита с 25% наполнителя

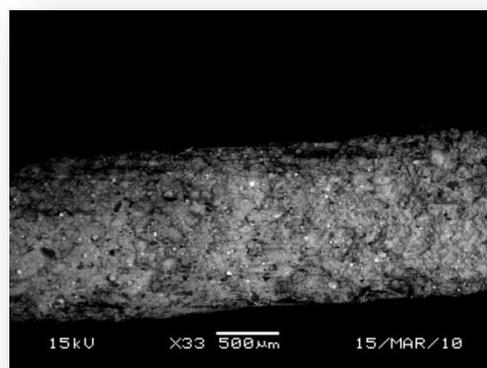
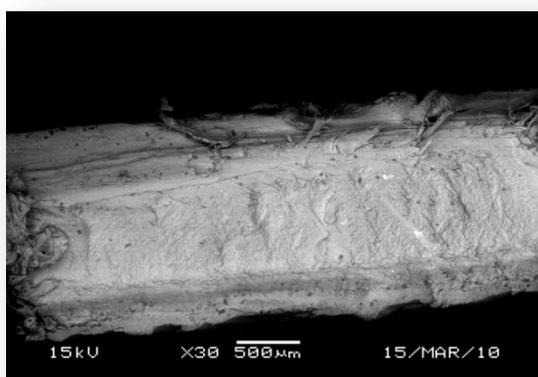
Ранее проведены совместные с Сутуриной Е.О. исследования по изучению морфологии полученных композиционных материалов [86]. В качестве испытываемых материалов были выбраны образцы, описанные в главе

2. При использовании нескольких наполнителей – разных типов золы уноса и различной степени наполненности были получены образцы разных цветов без использования пигментов – серые и коричневые. Поверхность материала имеет различного типа текстуру. Также образцы ПМК поддаются обработке столярными инструментами (пилится, шлифуется, режется, сверлится).

Образцы НПКМ и ПМК, содержащие золу, имеют шероховатую поверхность, в сравнении с образцами ненаполненного ПВХ, обладающих гладкой поверхностью. Как следствие, шероховатая структура облегчает окрашивание изделий из НПКМ и ПМК масляными, акриловыми, эмульсионными и др. красками. [86]

Известно, что пористые материалы обладают тепло- и звукоизоляционными свойствами, чем выше пористость, тем лучше изолирующая способность у изделия [104, 121]. При исследовании структуры полученных композитов использовался метод электронной микроскопии. На рисунках 23 и 24 представлены оптические микрофотографии ненаполненного ПВХ и НПКМ-III – срезы образцов по всей толщине материала; съемка в Сомпро режиме.[121]

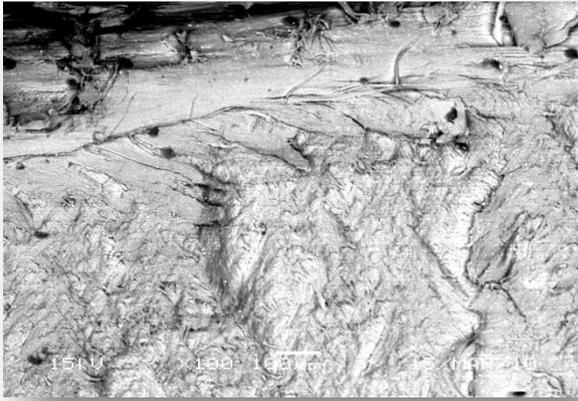
Хорошо заметна разница в морфологии материалов уже при небольшом (в 30 раз)



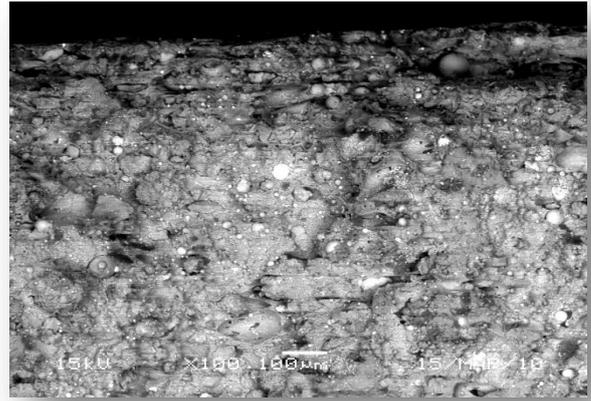
(a)

(б)

Рисунок 22 –Срезы образцов по всей толщине материала, тридцатикратное увеличение (Сомпро режиме):(а) Ненаполненный ПВХ (см. схему п.п. 1.1, глава 2); (б) НПКМ-III (см. схема п.п. 1.2.3, глава 2).[86]



(а)



(б)

Рисунок 23 – Срезы образцов по всей толщине материала, стократное увеличение (Сонтро режим): (а) Ненаполненный ПВХ (см. схему п.п. 1.1); (б) НПМК-III (см. схему п.п. 1.2.3). [86]

увеличении. Структура ненаполненного ПВХ (рисунок 23 а) однородно-плотная, непористая, без инородных включений, материал белого цвета. По сравнению с ПВХ структура НПМК-III (рисунок 23 б), при введении золы уноса, рыхлая, но непористая, отчетливо видны частицы наполнителя. Изменился и цвет НПМК-III, материал коричнево-серый. [86]

Различно, что у обоих материалов уплотненная поверхность – «кора», что придает дополнительную прочность изделию, особенно при ударных нагрузках и изгибающих [93], что подтверждается результатами испытаний физико-механических характеристик ПМК (п. 4.1).

Получено распределение частиц наполнителя по диаметру в НПМК-III при помощи программы количественного анализа изображений Image Expert Pro 3, при этом проведено сто измерений и вычислено среднее арифметическое полученных величин.

Анализ данных показал, что минимальный диаметр частиц наполнителя в НПМК-III равен 1,23 мкм, максимальный – 43,33 мкм. Средний диаметр частиц золы уноса ТЭЦ-6 в НПМК-III составляет 8,98 мкм.

На гистограмме показано распределение частиц наполнителя по диаметру в НПМК-III (рисунок 24). [86]

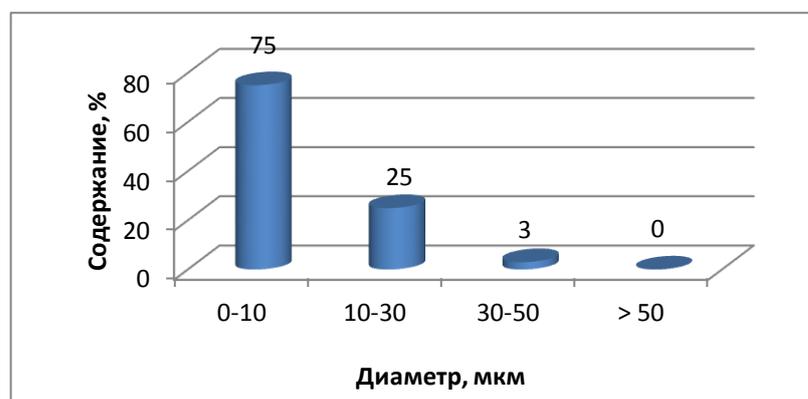


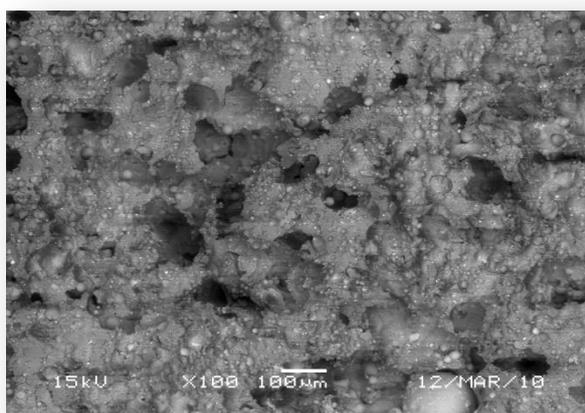
Рисунок 24 – Распределение частиц золы уноса ТЭЦ-6 по диаметру в НПМК-III в мкм

Из данных гистограммы видно, что 72 % НПМК-III составляют мелкие частицы, диаметр которых в пределах от 0 до 10 мкм. Практически отсутствуют крупные частицы золы уноса ТЭЦ-6 размером 50 мкм и больше.

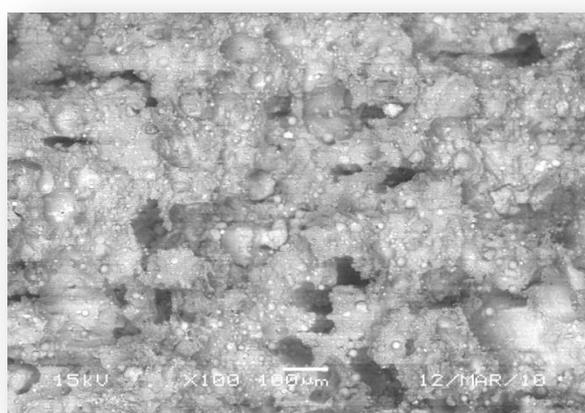
Снимки образцов ПМК-I, ПМК-II, ПМК-III, ПМК-IV представлены на рисунке 26. В этом опыте съемка центральной части всех образцов ПМК проводилась при стократном увеличении в Сомро режиме. При анализе данных снимков обнаруживаются различия в структуре ненаполненного ПВХ, ПМК и НПМК. [86]

Частицы наполнителя обладают практически идеальной сферической формой, что должно положительно сказываться на текучести расплава при производстве ПМК, а также на конечные свойства продукта. Отсутствуют чешуйчатого вида частицы золы уноса. На некоторых фотографиях наблюдаются дефекты частиц золы и обломки больших сфер (рисунок 25), это может являться косвенным доказательство того, что частицы золы уноса – ценосферы (полые).

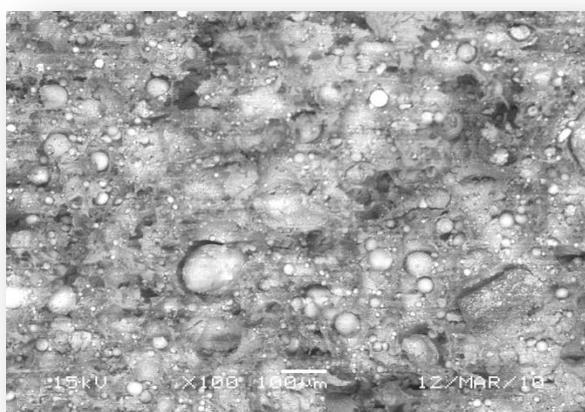
При визуальном сравнении снимков всех испытываемых образцов ПМК между собой заметна значительная разница в структуре материалов. ПМК-I и ПМК-IV имеют более пористую структуру в сравнении с образцами ПМК-II и ПМК-III. Такое изменение в структуре ПМК произошло в результате введения пластификатора в композицию. Наблюдается снижение пористости и уменьшение размера ячеек в ПМК при увеличении его концентрации пластификатора в материале. [86]



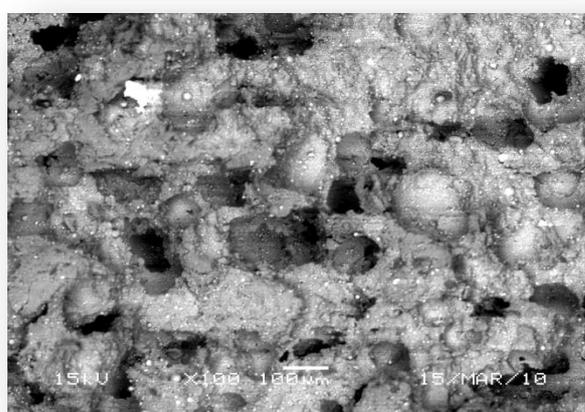
(a)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 25 – Срезы образцов по всей толщине материала при стократном увеличении в Compo режиме:
а) ПМК-I; б) ПМК -II;
в) ПМК -III; г) ПМК -IV[86]

В материале ПМК-II содержится 2,5 м.ч. пластификатора ДБФ. Программами ImageExpertPro 3 и ScreenCalipers определены размеры частиц наполнителя в ПМК-II и представлено распределение частиц золы уноса У-И ТЭЦ по диаметру, всего было проведено сто измерений. Из полученных значений было вычислено среднее арифметическое всех измерений, а также средне-квадратическое отклонение измерений. Общие данные результатов измерений и распределение частиц представлены на гистограмме (рисунок 26).

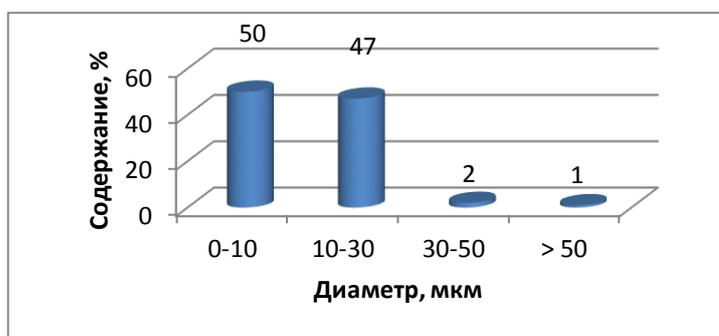


Рисунок 26 – Распределение частиц ЗУ У-И ТЭЦ по диаметру в ПМК -II в мкм

Из анализа гистограммы следует, что средний диаметр частиц ЗУ У-И ТЭЦ в ПМК -II составляет 11,54 мкм, в материале преобладают мелкие (около 50%) и средние (около 47%) частицы золы.

Образцы ПМК-II имеют пористую структуру. Размер ячеек композита был определен с использованием программного обеспечения. С целью проведения численного анализа программой выделены объекты в виде участков изображений одного цвета – красный (рисунок 27), проведена цветовая сегментация ячеек образца. [86] Структурно-нежелательные элементы изображения, не являющиеся анализируемыми ячейками, отсеянные геометрическим фильтром программы и исключенные из анализа, выделены синим цветом. Подобным образом были приготовлены и сегментированы изображения ПМК-I, ПМК-III, ПМК-IV. В таблице 29 представлены полученные пятнадцать измерений размеров ячеек в ПМК-II. [86]

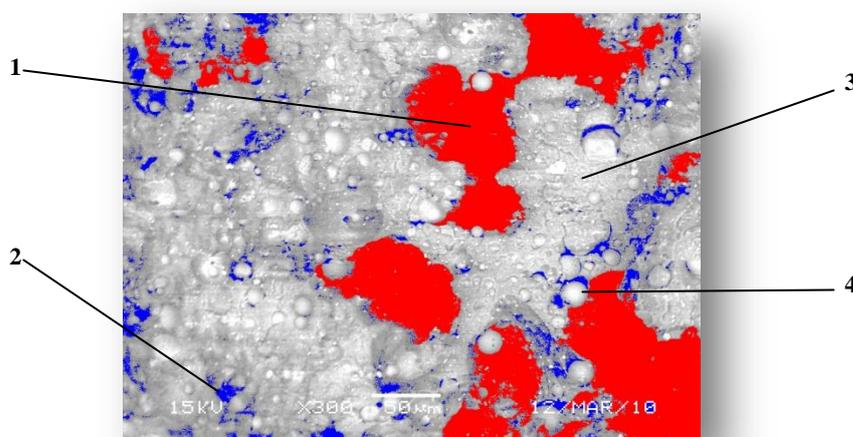


Рисунок 27 – Цветовая сегментация ячеек ПМК-II (трехсоткратное увеличение): 1 – анализируемые поры; 2 - структурно-нежелательные элементы изображения; 3 – полимерная матрица; 4 – частицы ЗУ У-И ТЭЦ [86]

Таблица 29 – Размеры ячеек в ПМК –II[86]

№	Площадь объекта, мкм ²	%	Длина объекта, мкм	Ширина объекта, мкм	Выгнуто сть	Средний диаметр, мкм	Параметр формы [R/\sqrt{S}]
1	9239,134	7,133	219,233	128,945	1,70	174,089	29,34
2	408,677	0,316	36,683	31,424	1,17	34,054	21,62
3	366,302	0,283	40,418	20,068	2,01	30,243	27,45
4	4054,935	3,131	108,137	64,227	1,68	86,182	17,20
5	7497,750	5,788	142,865	110,949	1,29	126,907	19,63
6	2970,365	2,293	98,167	67,304	1,46	82,736	36,29
7	9239,134	7,133	219,233	128,945	1,70	174,089	29,34
8	408,677	0,316	36,683	31,424	1,17	34,054	21,62
9	366,302	0,283	40,418	20,068	2,01	30,243	27,45
10	304,953	0,235	39,602	21,266	1,86	30,434	20,90
11	280,076	0,216	37,844	21,777	1,74	29,810	23,55
12	4054,935	3,131	108,137	64,227	1,68	86,182	17,20
13	7497,750	5,788	142,865	110,949	1,29	126,907	19,63
14	2970,365	2,293	98,167	67,304	1,46	82,736	36,29
15	294,096	0,227	41,503	20,153	2,06	30,828	18,25

По данным таблицы 29 ячейки в ПМК-II были распределены по площадям (рисунок 29). В ходе исследования установлено, что крупные ячейки (макроячейки) размером 50 мкм и более (около 26%) встречаются чаще средних пор, имеющих площадь от 3000 до 5000 мкм² (около 13%). Макроячейки в большинстве расположены в центре ПМК. На поверхности крупные поры практически отсутствуют, поэтому материал имеет «кору». Поры в материале имеют нерегулярную форму, вытянуты в вертикальном и в горизонтальном направлении. Значительная часть газовых ячеек сообщается между собой, т.е. композит ПМК-II является поропластом (открытоячейстым). Такое строение пор в виде сложной системы объединенных между собой разветвленных туннелей повышает звукоизоляционные свойства данных композитов [104, 86].

Концентрация пластификатора в ПМК-III в три раза выше (7,5 м.ч.), чем у ПМК-II, однако макроячейки практически отсутствуют, что, несомненно, должно влиять на физико-механические характеристики данного образца. Это предположение подтверждено расчетами. Определены (таблица 30) размеры пор материала. Исследуемые ячейки на рисунке 29 выделены красным. [86]

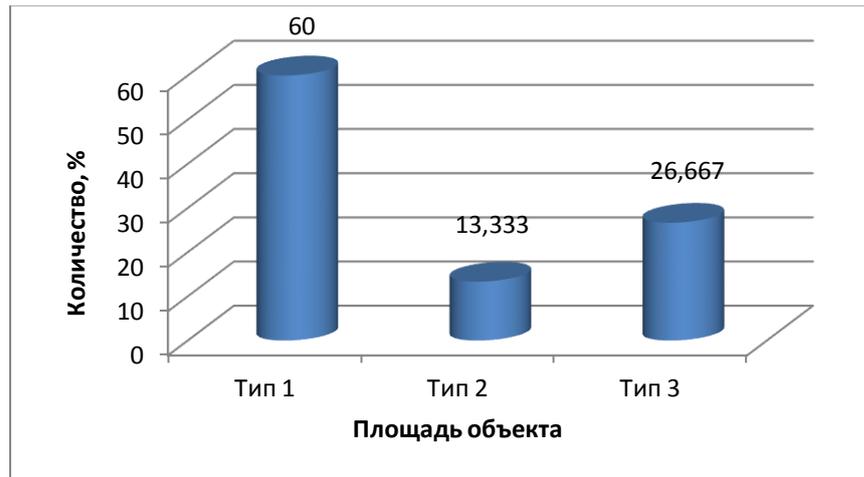


Рисунок 28 – Распределение ячеек по площади в ПМК-II (тип 1: 0 – 100 мкм², тип 2: 100 - 3000 мкм², тип 3: 3000 – 5000 мкм² и более)

Концентрация пластификатора в ПМК-III в три раза выше (7,5 м.ч.), чем у ПМК-II, однако макроячейки практически отсутствуют, что, несомненно, должно влиять на физико-механические характеристики данного образца. Это предположение подтверждено расчетами. Определены (таблица 30) размеры пор материала. Исследуемые ячейки на рисунке 29 выделены красным. [86]

Большинство ячеек ПМК-III, как и в предыдущем материале, имеет нерегулярную форму и сообщается между собой.

Исходя из полученных расчетов, поры в ПМК-III намного меньше по сравнению с порами композита ПМК-II. На гистограмме (рисунок 31) представлено распределение ячеек по площади в ПМК-III.

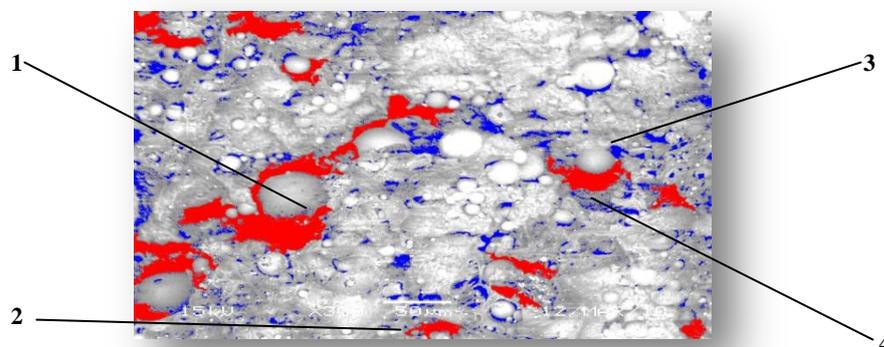


Рисунок 29 – Цветовая сегментация ячеек ПМК-III (трехсоткратное увеличение): 1 – анализируемые ячейки; 2 - структурно-нежелательные элементы изображения; 3 – полимерная матрица; 4 – частицы ЗУ У-И ТЭЦ [86]

Таблица 30– Размеры ячеек в ПМК-III[86]

№№	Площадь объекта, мкм ²	%	Длина объекта, мкм	Ширина объекта, мкм	Вытянутость	Средний диаметр, мкм	Параметр формы [P/\sqrt{S}]
1	688,858	0,532	60,376	28,531	2,12	44,453	16,85
2	785,098	0,606	58,631	26,880	2,18	42,756	18,15
3	269,324	0,208	34,824	28,884	1,21	31,854	19,31
4	4024,577	3,107	220,638	88,151	2,50	154,395	44,83
5	814,929	0,629	63,933	32,650	1,96	48,292	22,34
6	323,505	0,250	39,770	30,179	1,32	34,975	22,46
7	1159,517	0,895	66,956	50,605	1,32	58,781	29,65
8	328,143	0,253	55,730	16,253	3,43	35,992	20,61
9	241,917	0,187	41,159	13,303	3,09	27,231	13,94
10	265,951	0,205	29,163	18,689	1,56	23,926	11,91
11	197,118	0,152	19,236	16,986	1,13	18,111	17,62
12	299,893	0,232	41,954	17,495	2,40	29,725	17,17

Анализ показывает, что на 83% ПМК-III состоит из микроячеек, т.е. имеющих диаметр в пределах от 0 до 40 мкм. В материале практически отсутствуют крупные поры размером 70 мкм и больше.

Определены размеры частиц наполнителя в ПМК-III, полученные сто измерений размеров частиц были усреднены. Исследования показывают, что минимальный диаметр частиц наполнителя в ПМК-III равен 2,05 мкм, максимальный – 61,34 мкм. Средний диаметр частиц ЗУ У-И ТЭЦ в ПМК-III - 13,70 мкм.

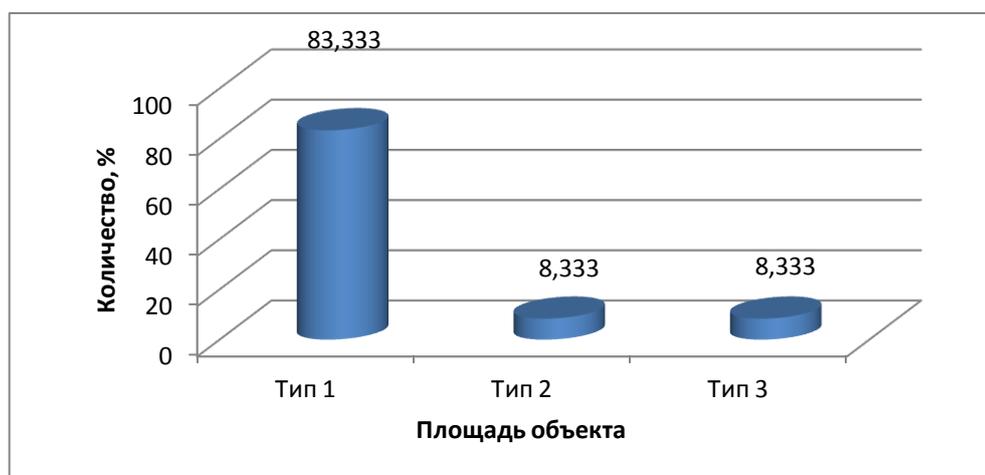


Рисунок 30 – Распределение ячеек по площади в ПМК-III (тип 1: 0 – 100 мкм², тип 2: 100 - 1000 мкм², тип 3: 1000 – 3000 мкм² и более)

Распределение частиц ЗУ У-И ТЭЦ по диаметру в исследуемом материале представлено на гистограмме (рисунок 31).

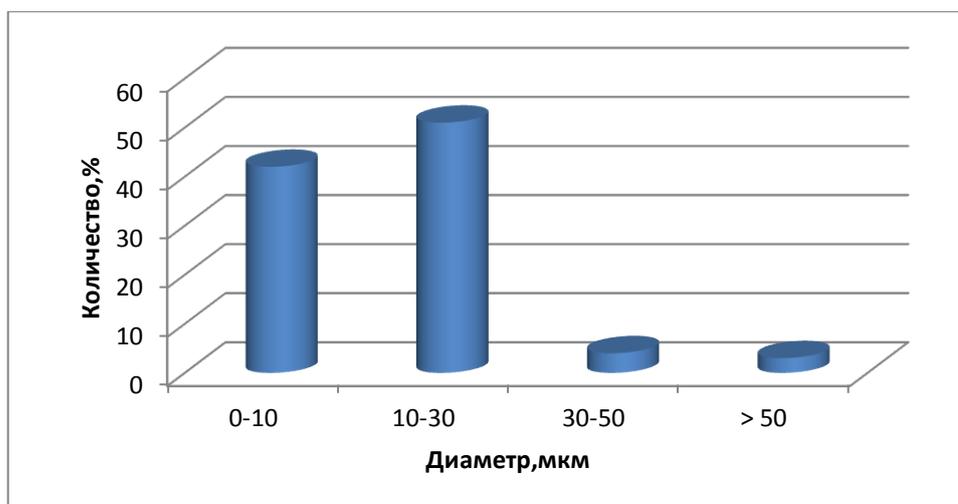


Рисунок 31 – Распределение частиц ЗУ У-И ТЭЦ по диаметру в ПМК-III в мкм

Из полученного на гистограмме распределения следует, что в ПМК-III преобладают частицы, имеющие диаметр от 10 до 30 мкм, т.е. частицы среднего размера (около 51%), велико содержание и мелких частиц золы – около 42%.

Также в материале встречаются более крупные частицы наполнителя диаметром 30 мкм и более (около 7%).

Также заметно отличается структура образцов ПМК-I и ПМК-IV, которые обладают наименьшими значениями плотности (1216 и 1182 кг/м³ соответственно).

Данные композиционные материалы не имеют пластификатора, но в их составе разные типы золы уноса и разные марки порофоров.[86]

Цветовая сегментация ячеек материала ПМК-I показана на рисунке 32. Красным цветом выделены анализируемые ячейки, структурно-нежелательные элементы изображения – зеленым.

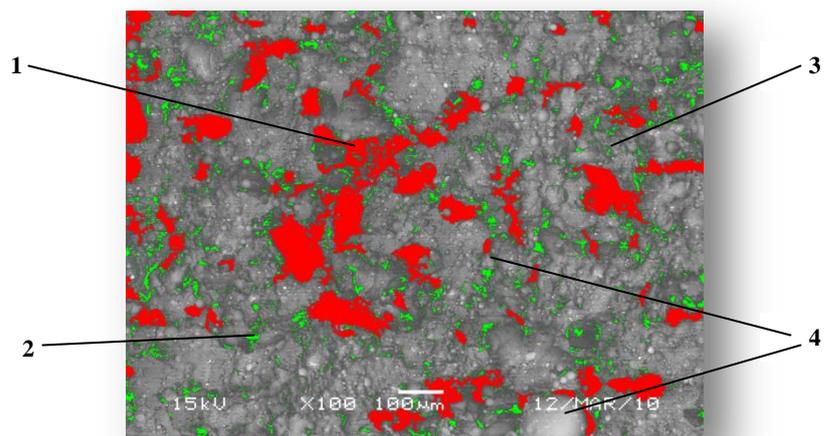


Рисунок 32 – Цветовая сегментация ячеек ПМК -I (стократное увеличение):
 1 – анализируемые поры; 2 - структурно-нежелательные элементы изображения;
 3 – полимерная матрица; 4 – частицы ЗУ У-И ТЭЦ[86]

Ячейки в данном композите распределены более равномерно по сравнению с ПМК-II и ПМК-III. Часть ячеек ПМК-I нерегулярной вытянутой формы, и направление вытянутости соответствует вертикальному направлению вспенивания. ПМК-I также содержит ячейки по форме близкие к идеальным – эллипсоидные и сферические. Нужно отметить, что макроячейки в основном имеют форму эллипса, и при этом их большинство в ПМК-I. Микроячейки, в основном, сферической формы. Число макрочастиц заметно больше, в отличие от образцов ПМК-III и ПМК-II. Сообщающиеся поры – основная часть ячеек в материале. Следовательно, ПМК-I должен иметь высокий коэффициент звукопоглощения и возможно его применение в звукоизолирующих конструкциях. [86]

При помощи программы Image Expert Pro 3 были определены размеры пор композиционного материала, усреднены полученные 73 измерения размеров ячеек.

Установлено анализом данных, что средний диаметр пор в ПМК-I составляет около 60 мкм. В виде гистограммы (рисунок 33) представлено распределение в композите ячеек по площадям.

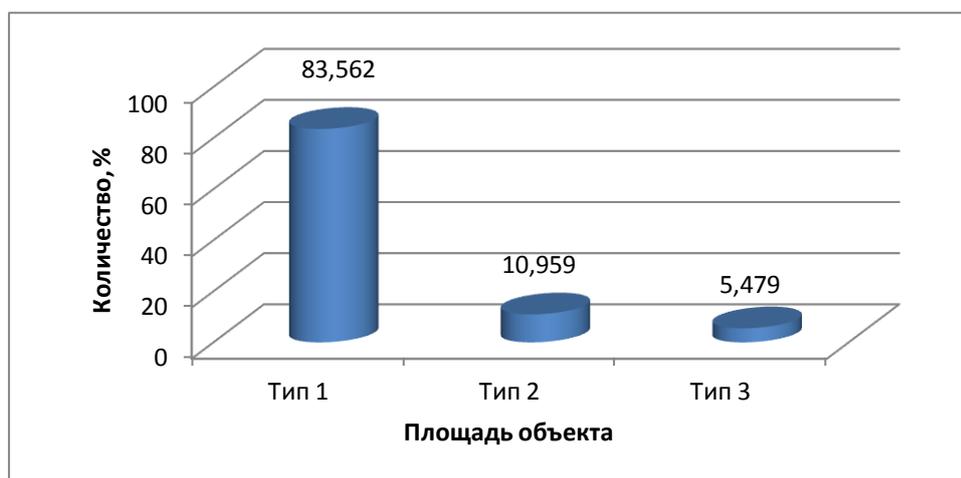


Рисунок 33 – Распределение ячеек по площади в ПМК-I (тип 1: 0 – 100 мкм², тип 2: 100 - 3000 мкм², тип 3: 3000 – 5000 мкм² и более)

Как показал анализ гистограммы, в ПМК-I также преобладают мелкие поры (83 %). Доля макроячеек, площадь которых превышает 5000 мкм² – 5,5 %.

Отчетливо видны в материале частицы наполнителя. Рассчитанные размеры частиц наполнителя в ПМК-I соответствуют значениям: средний диаметр частиц – 15,46 мкм, максимальный – 150,59 мкм, минимальный диаметр частиц наполнителя – 1,00 мкм.

На рисунке 34 диаграмма показывает распределение частиц ЗУ У-И ТЭЦ в материале ПМК-I по диаметру.

Полученные результаты свидетельствуют, что на 95 % ПМК-I наполнен частицами, имеющими диаметр в пределах от 1 до 50 мкм, и частицами, диаметр которых превышает 50 микрон только на 5 %.

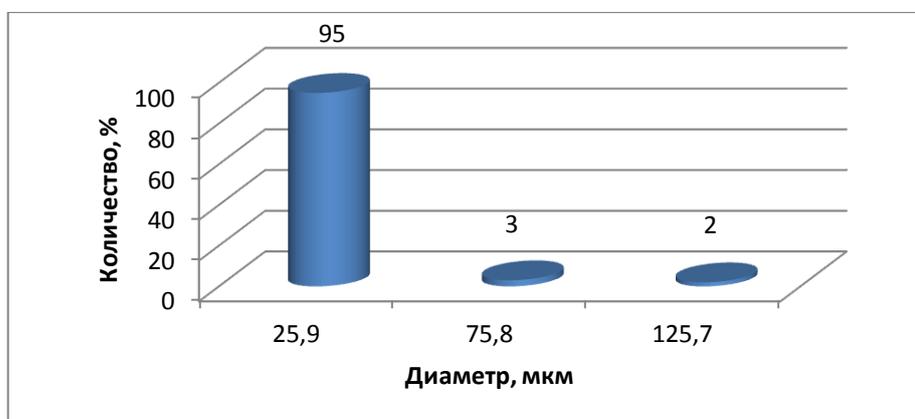


Рисунок 34 – Распределение частиц ЗУ У-И ТЭЦ по диаметру в ПМК-I в мкм

Самое низкое значение плотности из всех полученных материалов и структуру с наиболее крупными порами имеет композит ПМК-IV. Что повлияло на размеры полученных образцов – ПМК-IV из всех вспененных вариантов ПМК имеет самую большую толщину (4,1 мм).

Образцы этого материала содержат большее количество ячеек в форме сферы и эллипса – идеальная форма. В сравнении с ПМК-I ячейки ПМК-IV более четкие и изолированные друг от друга (рисунок 36), что характерно для теплоизоляционных материалов, т.е. композит ПИД-IV закрытоячеистый пенопласт. С практической точки зрения, наиболее предпочтительными являются пеноматериалы с замкнутыми ячейками, так как они характеризуются лучшими теплоизоляционными свойствами, более высокой плавучестью, стойкостью к действию масел и других жидкостей и низким водопоглощением [69].

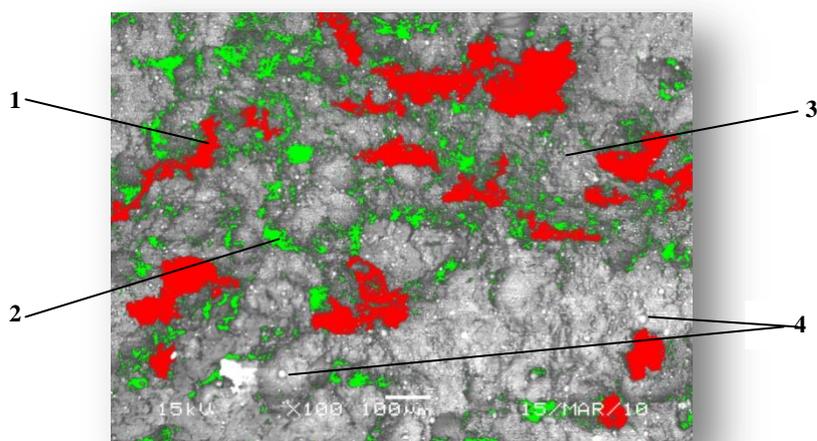


Рисунок 35 – Цветовая сегментация ячеек ПМК-IV (стократное увеличение):
1 – анализируемые поры; 2 - структурно-нежелательные элементы изображения;
3 – полимерная матрица; 4 – частицы ЗУ ТЭЦ-6[86]

Вследствие низкой плотности ПМК-IV должен обладать низкой теплопроводностью, поскольку, чем ниже теплопроводность, тем лучшими теплоизоляционными характеристиками обладает композит.

Определены размеры пор в ПМК-IV с использованием программ ImageExpertPro 3 и ScreenCalipers (таблица 31), а также рассчитан средний диаметр ячеек, равный 140,82 мкм,

Таблица 31 – Размеры ячеек в ПМК-IV[86]

№№	Площадь объекта, мкм ²	%	Длина объекта, мкм	Ширина объекта, мкм	Выпяту- сть	Средний диаметр, мкм	Параметр формы [P/sqrt(S)]
1	3924,195	0,333	146,028	68,953	2,12	107,490	24,72
2	37003,254	3,135	535,755	193,693	2,77	364,724	38,25
3	2142,653	0,182	102,873	67,341	1,53	85,107	26,55
4	5142,942	0,436	184,689	90,120	2,05	137,404	31,24
5	11429,721	0,969	221,600	161,878	1,37	191,739	24,95
6	6100,461	0,517	193,037	78,273	2,47	135,655	21,15
7	5097,803	0,432	162,936	110,209	1,48	136,572	35,58
8	2708,328	0,229	169,642	53,599	3,17	111,620	22,15
9	2063,900	0,175	112,741	48,991	2,30	80,866	21,61
10	3360,440	0,285	192,198	63,375	3,03	127,787	31,99
11	13138,272	1,113	220,508	181,999	1,21	201,254	39,11
12	14390,634	1,219	239,937	136,331	1,76	188,134	16,94
13	5914,144	0,501	114,338	85,479	1,34	99,909	11,57
14	2386,594	0,202	83,697	58,485	1,43	71,091	14,64
15	2704,487	0,229	80,125	65,635	1,22	72,880	22,46

что примерно в 2,3 раза больше значения соответствующего параметра ячеек ПМК-I.

Полученные факты свидетельствует тому, что материал ПМК-IV должен обладать более высокими теплоизоляционными характеристиками.

Также установлено, что большая часть ячеек в ПМК-IV (около 53 %) это крупные поры с площадью более 5000 мкм². Вместе с этим, велика доля (около 33%) ячеек, имеющих площадь до 3000 мкм², а 13 % - это количество пор средних размеров.[86]

На рисунке 36 в виде гистограммы показано распределение ячеек по площадям в композите.



Рисунок 36 – Распределение ячеек по площади в ПМК-IV(тип 1: 0 – 100 мкм², тип 2: 100 - 3000 мкм², тип 3: 3000 – 5000 мкм² и более)

Можно четко увидеть, что в данном композите связующее ПВХ полностью покрыло все частицы наполнителя ЗУ ТЭЦ-6. С помощью ПО определены размеры частиц наполнителя в ПМК-IV, усреднены полученные сто измерений размеров частиц.

Анализом данных установлен минимальный диаметр частиц наполнителя в ПМК-IV равный 1,75 мкм и максимальный – 55,31 мкм. Средний диаметр частиц ЗУ ТЭЦ-6 в ПМК-IV – 7,35 мкм.[86]

На рисунке 37 показано распределение частиц по диаметру, на основании ста измерений размеров частицы ЗУ ТЭЦ-6 в ПМК-IV.

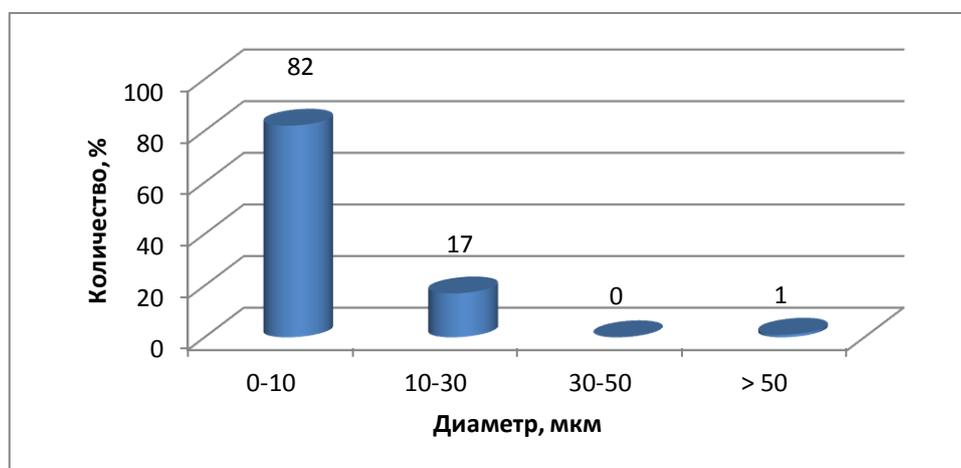


Рисунок 37 – Распределение частиц ТЭЦ-6 по диаметру в ПМК-IV в мкм

Показания гистограммы (рисунок 37) свидетельствуют о том, что ПМК-IV на 82 % наполнен мелкими частицами с диаметром до 10 мкм. Количество средних частиц наполнителя диаметром 10 – 30 мкм составляет около 17 %. В материале практически отсутствуют крупные частицы ЗУ ТЭЦ-6 размером от 30 до 50 мкм и больше.

Результатом проведенных исследований структуры полученных композиционных материалов установлено, что наиболее разносторонним комплексом технических характеристик обладает материал ПМК-IV. Нами доказано, что ПМК-IV является самым пористым композитом из всех полученных материалов, обладая при этом лучшей изолирующей способностью [86].

4.3.2 Исследование структуры композита с 40% наполнителя

На базе Технопарка Иркутского государственного технического университета проводились исследования по изучению структуры разработанных полимерно-минеральных композиционных материалов с 40% содержанием наполнителя. Структуру образцов изучали методом электронной микроскопии, используя двухлучевой сканирующий микроскоп JIB-4500.

Исследована структура трех образцов материала с различным содержанием вспенивающего агента (0; 0,3; 0,8 массовых частей).

Полимерно-минеральный композиционный материал (рецептура №2, таблица 18). Содержание наполнителя 40% (80 массовых частей на 100 частей поливинилхлорида), без добавления порофора. Для этого и следующих образцов материала наполнителем являлась зола уноса ТЭЦ-9 г. Ангарска Иркутской области. Структура образца (рисунок 38).

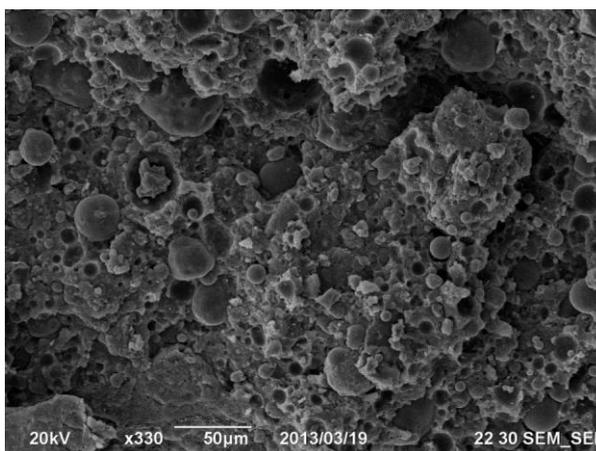


Рисунок 38. 330^x увеличенное изображение материала с 40% наполнителя

На изображении отчетливо видны частицы наполнителя, в основном правильной, сферической формы размером от нескольких микрон до около 40 мкм, окруженных связующим. Сферические углубления являются отпечатком частиц золы уноса, оставшихся на отделённой части образца при его подготовке к исследованию.

При наполнении 40% объемная доля связующего достаточно велика, и частицы золы плотно окружены. Заметно, что этот материал сформирован

слоями. Показана частица золы в окружении полимера при 3700-кратном увеличении (рисунок 39).

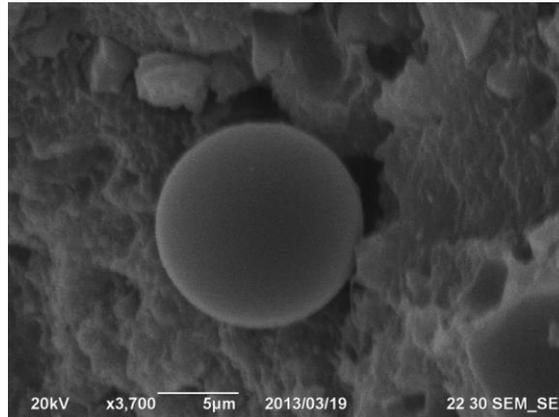


Рисунок 39. Частица наполнителя в материале с 40% наполнителя

Частица золы уноса (рисунок 39), практически идеальной сферической формы размером около 12 микрон.

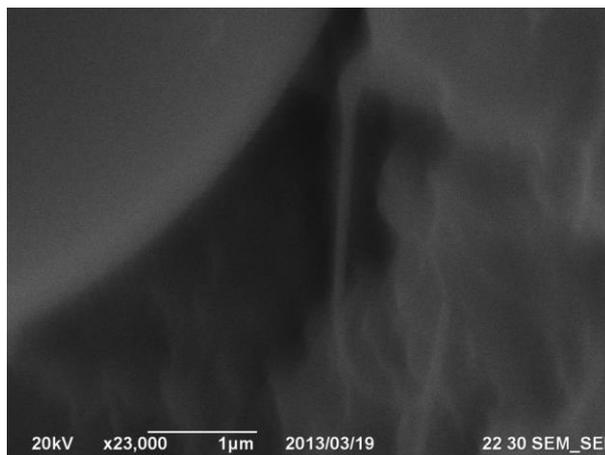


Рисунок 40. 23000^x увеличенное изображение композита

Четко заметна в центре снимка (рисунок 40) частица нанорамера.

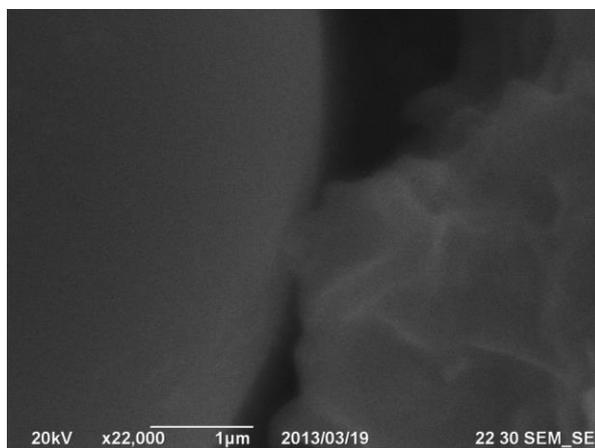


Рисунок 41. Увеличение композита в 22000 раз.

На рисунке 41 соприкосновение частицы наполнителя (слева) и полимерного связующего. Полимер не полностью обволакивает частицу зола, что может быть связано либо с особенностями расположения частиц наполнителя при формировании материала с высоким наполнением, либо механическим повреждением исследуемого образца при подготовке, что подтверждается сферическими углублениями из-под частиц и наличием частиц, полностью окруженных связующих на снимке с более низким увеличением (рисунок 39).

Полимерно-минеральный материал с 40% (80 м.ч.) наполнением золой уноса, содержащим 0,8 м.ч. вспенивающего агента – азодикабонамида, марка Zebra-Cell С 083 G, состав представлен в таблице 18. Композиционный материал (Рисунок 42-44).

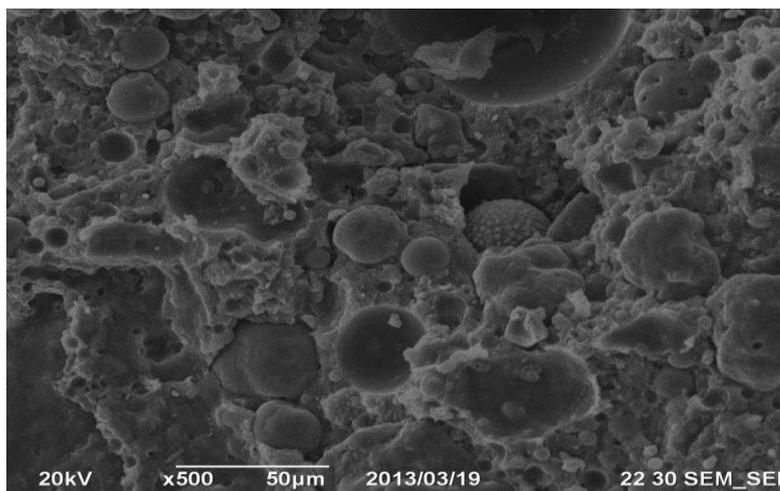
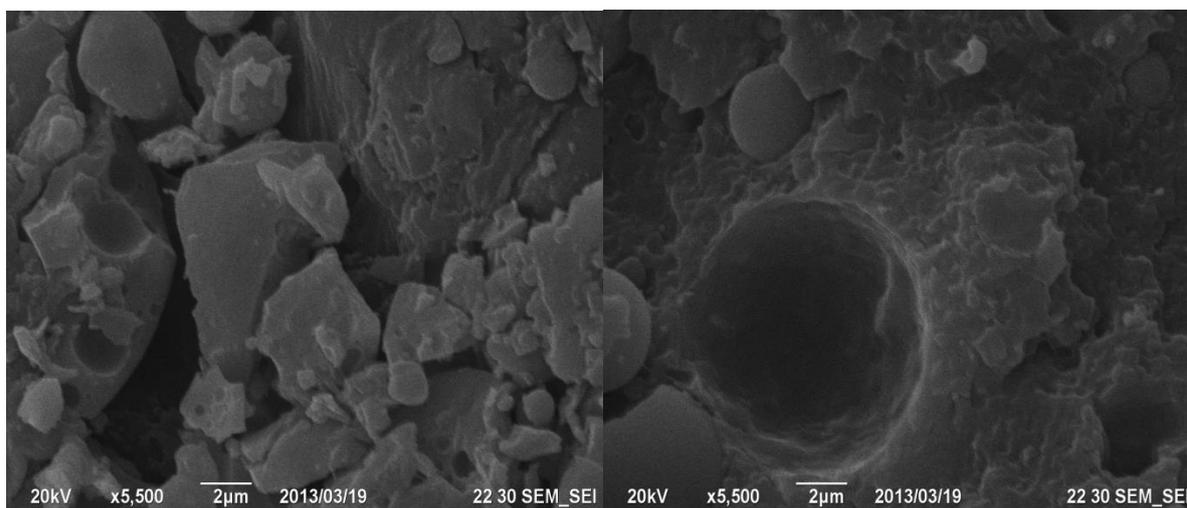


Рисунок 42. 500^x увеличенное изображение материала с 0,8 м.ч. порофора

Данные представленные на снимке свидетельствуют о том, что при введении 0,8 массовых частей порофора в композицию с 40%-м наполнением не приводит к какому либо значительному изменению структуры. На фотографии не заметно присутствие пор (ячеек) в структуре материала, в отличие от материалов с меньшим наполнением (п 4.3.1). На изображении, как и на рисунке 39 видны частицы сферической формы, углубления, предположительно от частиц зола уноса. По рисунку можно также судить о слоистой структуре композиционного материала



a

б

Рисунок 43. 5500^x увеличенное изображение материала с 0,8 м.ч. порофора

На рисунке 43 (а) заметны осколки связующего, в которых имеются углубления («выемки») размерами от десятых долей до нескольких микрометров. На рисунке 43 (б) хорошо просматривается слоисто-чешуйчатая структура материала, несколько частиц, окруженных связующим размером примерно от 2 микрон. Частица (рисунок 42, слева от центра снимка) в увеличенном виде на рисунке 44.

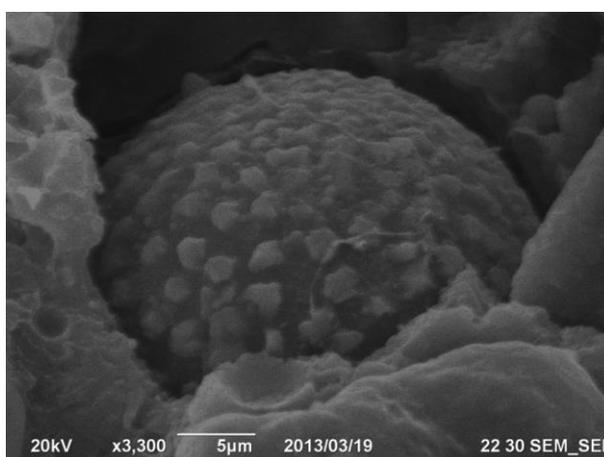


Рисунок 44. 3300^x увеличенное изображение частицы

Частица сферической формы диаметром примерно 30-40 микрометров в окружении полимерной матрицы. На поверхности частицы присутствуют более мелкие включения, глобулы связующего неправильной размерот от нескольких сотен нанометров, а также тончайшие «нити» наноразмеров, как и на рисунке 42, возможно являющиеся нановолокнами, или тяжами полимера.

Полимерно-минеральный материал с 40% (80 м.ч.) наполнением золой уноса, содержащим 0,3 м.ч. вспенивающего агента – азодикабонамида, марка Zebra-Cell С 083 G. Микрофотографии исследуемого материала, имеющего меньшее (0,3 м.ч.) количество вспенивателя, представлены на рисунках 45-47.

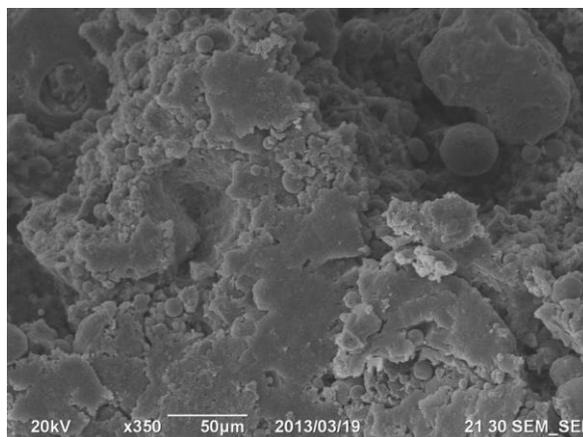


Рисунок 45. 350^x увеличенное изображение композита с 0,3 м.ч. порофора

На рисунке 45 частично показана наружная поверхность полимерно-минерального композита (внизу снимка без включений), в результате чего можно сделать вывод, что частицы наполнителя не выходят или практически не выходят на поверхность материала, а полностью покрываются связующим. Слоисто-чешуйчатая структура также четко просматривается, присутствуют небольшие полости, возможно являющиеся результатом действия вспенивающего агента.

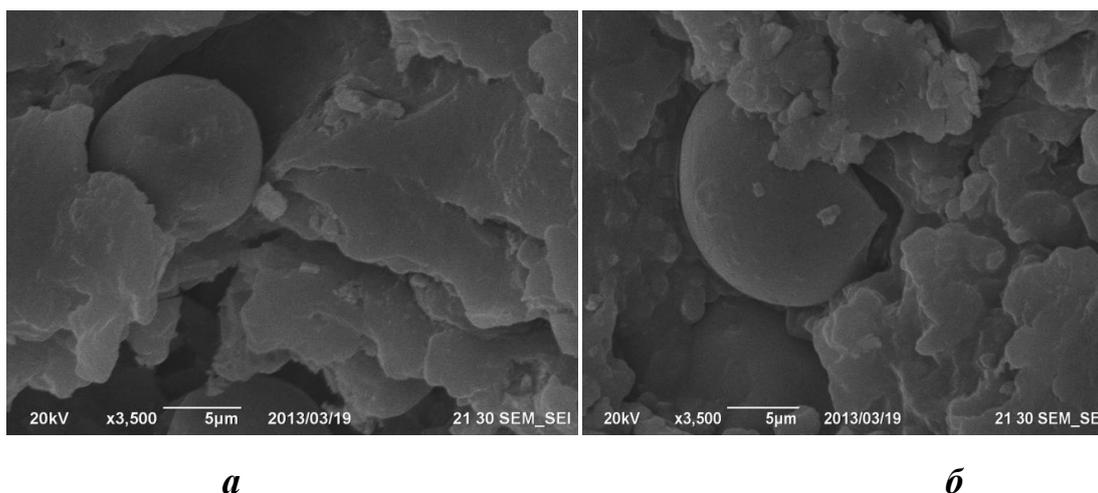


Рисунок 46. 3500^x увеличенное изображение материала с 0,3 м.ч. порофора

При увеличенном изображении (рисунок 46) исследуемого образца в 3500 раз, очевидна слоистая структура. На частицах золы уноса также можно наблюдать включения очень небольших размеров.

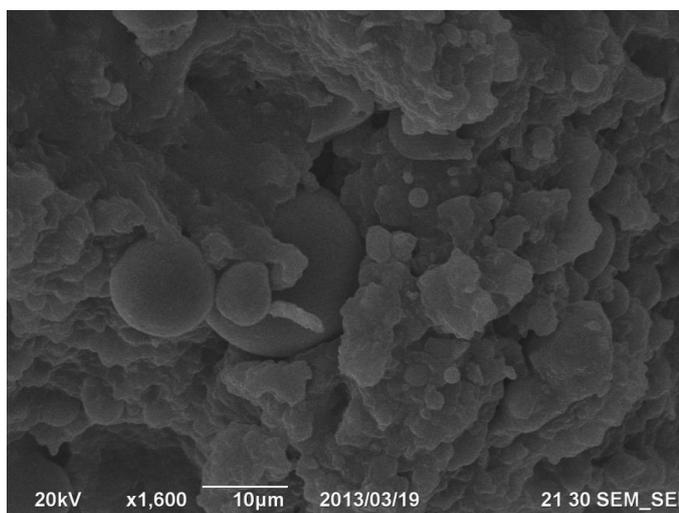


Рисунок 47. 1600^x увеличенное изображение материала с 0,3 м.ч. порофора

В центре снимка представлена частица наполнителя размером около 25-30 микрон, окруженная слоями полимера (рисунок 47). На снимке присутствуют частицы минерального наполнителя диаметром от 1-2 микрон до 30 микрон, что подтверждает паспортные данные золы уноса о широком распределении частиц по размерам.

Ранее в работе над исследованиями физико-механических свойств материала с 40 % наполнителя определены коэффициенты теплового расширения-сжатия.

Оказалось, что при нагревании от 40 до 120 °С образцы композита незначительно уменьшаются в размерах по длине и ширине (отрицательные коэффициенты), и увеличиваются в толщину (п. 4.1).

Отрицательный коэффициент термического расширения исследуемого полимерно-минерального композита можно объяснить слоистой структурой, так как технологией изготовления материала является экструзия, то структурные слои материала располагаются по длине профиля, и при нагревании материал будет увеличиваться в большей степени послойно, т.е. в толщину.

Частицы золы в матрице при нагревании будут обладать большим притяжением, чем при обычных условиях, соответственно, образцы будут уменьшаться в размерах по длине и ширине в пользу толщины.

4.4 Исследование вязкоупругих свойств материалов

Наличие пластификатора в полимерной композиции приводит к изменению условий взаимодействия макромолекул полимера и поверхности наполнителя. Это связано с влиянием пластификатора на подвижность цепей и конкурирующим взаимодействием ДОФ с поверхностью наполнителя.

Сопоставление данных по температуре стеклования наполненных непластифицированных и пластифицированных полимеров вызывает достаточно большой интерес, поскольку ДОФ, как и другие пластификаторы, не только оказывает влияние на подвижность цепей полимера, но и способен принимать участие во взаимодействии с поверхностью.

Важнейшей характеристикой аморфных полимеров является температура стеклования T_c . Сопоставление данных по температуре стеклования наполненных непластифицированных и пластифицированных полимеров вызывает достаточно большой интерес, поскольку ДОФ, как и другие пластификаторы, не только оказывает влияние на подвижность цепей полимера, но и способен принимать участие во взаимодействии с поверхностью.

В данной работе T_c определяли по модулю потерь (начало стеклования) при максимальном значении и тангенсу угла динамических потерь (конец стеклования) при максимальном значении и по пересечению значения, равного 1 (равенство модулей).

В таблице 32 представлены данные полученные при проведении испытаний композиционных материалов с различным содержанием пластификатора.

Таблица 32 – Температура стеклования, соответствующие им параметры испытанных образцов

№	Содержание ДОФ, %	Температура стеклования					Максимальное значение модуля (упругости) G' , МПа
		По модулю потерь, G''		По тангенсу угла механических потерь			
		T_c , °C	G'' , МПа	T_c , °C (по максимуму)	$tg\delta$	T_c , °C (по значению 1)	
1	0	73,2	71,7	82,4	1,17	85,6	671
2	2,5	63,8	74,7	74,4	1,20	78,3	733
3	7,5	60,6	80,0	70,4	1,13	73,1	618

На рисунках 48-50 представлены температурные зависимости вязкоупругих характеристик (G' , G'' , $tg\delta$) исследуемых материалов.

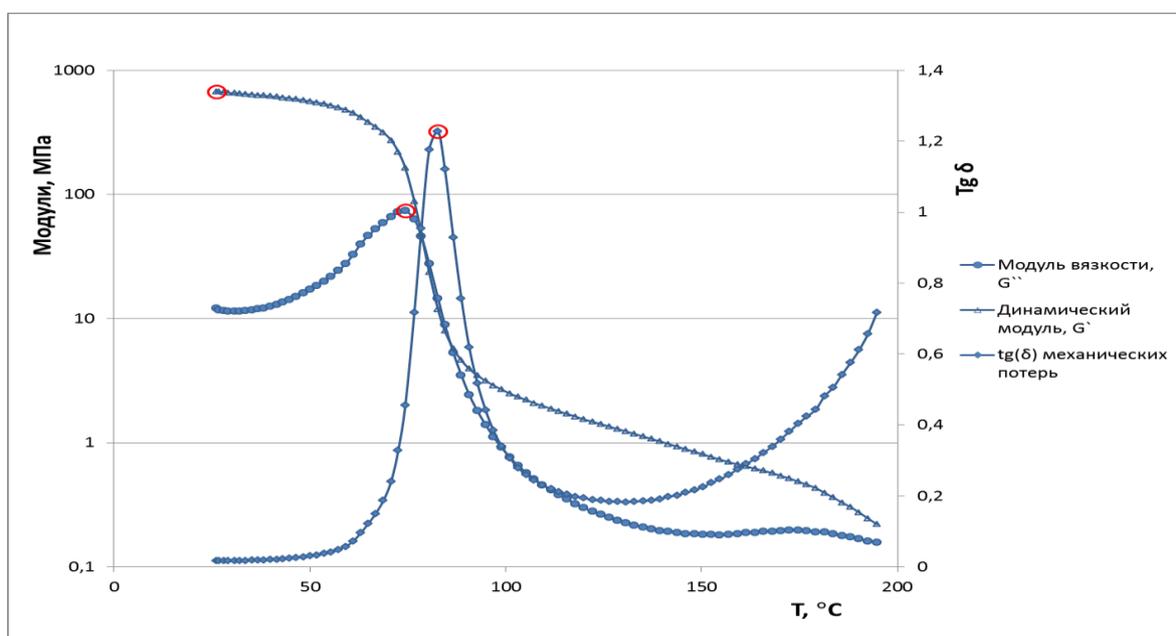


Рисунок 48. Температурные зависимости образца № 1 (точки – максимальные значения)

При температуре 20 °C у каждого композита определены значения G' . Наибольшим G' , равным 733 МПа, обладает материал № 2 (2,5 % ДОФ). Наименьшее значение G' , равное 618 МПа, характерно для образца № 3 (7,5% ДОФ). Значение G' для композиции, не содержащей пластификатор, составило 671 МПа. Сравнение данной характеристики представлены на рисунке 51.

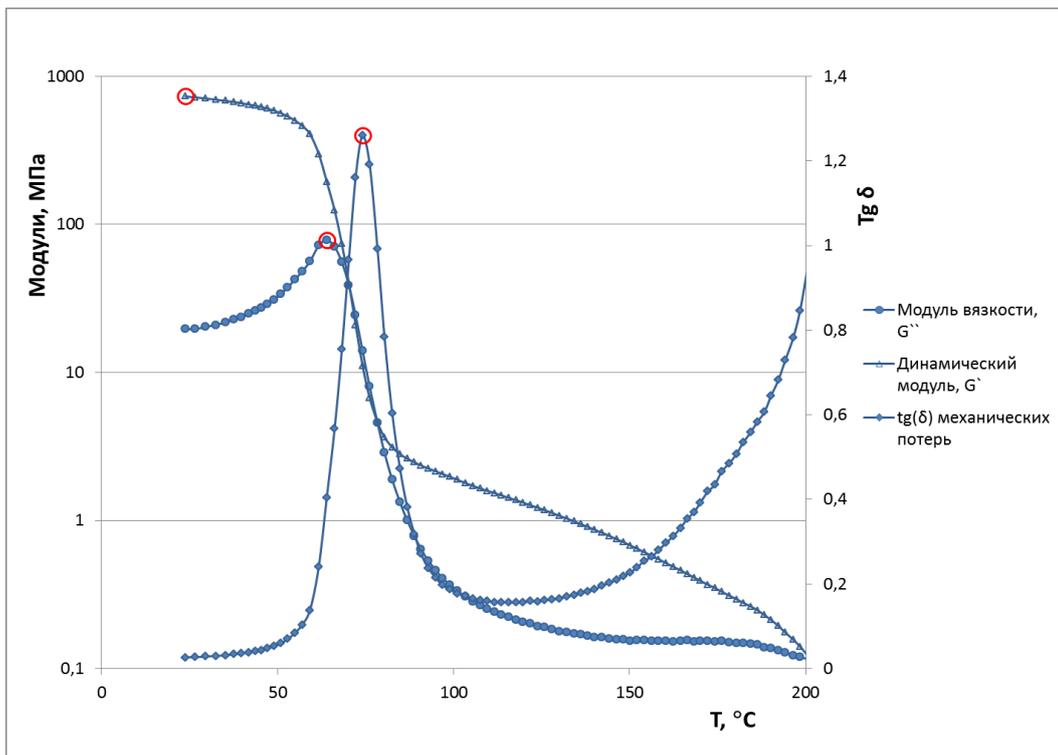


Рисунок 49. Температурные зависимости образца № 2 (точки – максимальные значения)

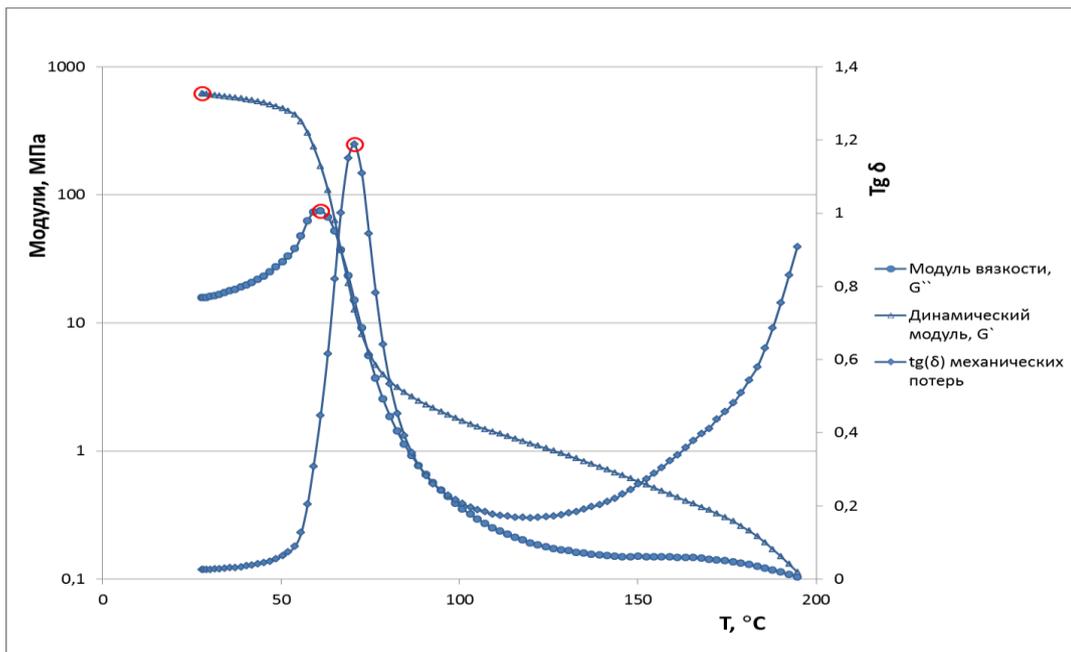


Рисунок 50. Температурные зависимости образца № 3 (точки – максимальные значения)

При температуре выше T_c (около 80°C) для всех исследуемых композиций характерным является наличие температурного диапазона высокоэластичности. При температуре выше T_c значения G' уменьшаются, а показатели G'' постепенно возрастают.

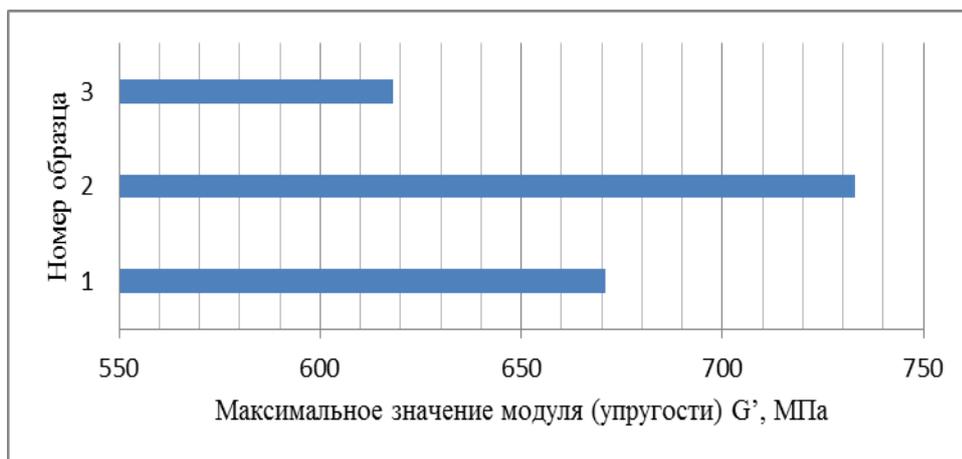


Рисунок 51. Максимальное значение динамического модуля исследуемых композитов.

Максимум по модулю потерь (рисунок 52) у композита № 3 достигается при температуре в 60,6 °С со значением $G'' = 80$ МПа. Температура при максимальном G'' , т.е. T_c является наименьшей именно у образца № 3. Образцы № 1 и № 2 имеют практически одинаковые показатели максимальных значений G'' , а именно, 71,7 и 74,7 МПа соответственно, но данные показатели достигаются при различных температурах стеклования.

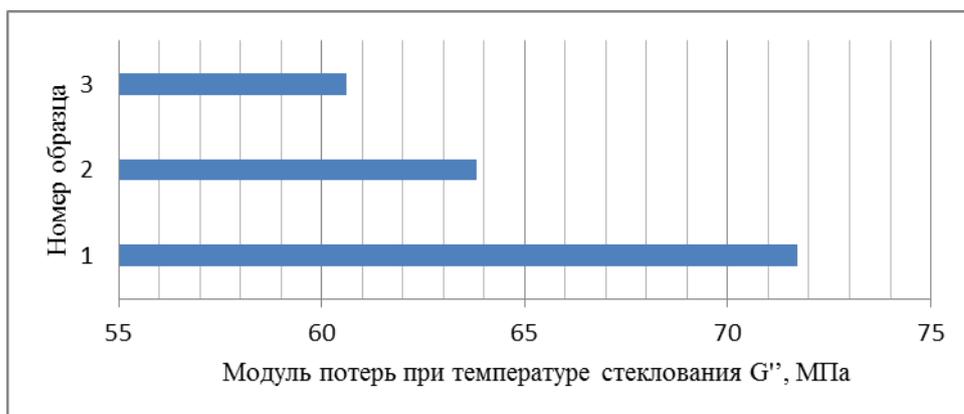


Рисунок 52. Сравнение модуля потерь при T_c композиционных материалов с различным содержанием пластификатора.

Для композиции № 1 $T_c = 73,2$ °С, для композиции № 2 $T_c = 63,8$ °С. Это позволяет предположить, что пластификатор оказывает более сильное влияние на межмолекулярное взаимодействие между полимером и наполнителем. В образцах № 2 и № 3 взаимодействие агрегатов молекул с поверхностью ограничено вследствие взаимодействия с поверхностью пластификатора, вследствие этого молекулярные цепочки, взаимодействующие с поверхностью,

имеют большую подвижность в наполненном полимере с использованием пластификатора, чем без него.

Как уже говорилось переход значения $tg\delta$ через значение 1 (равенство модулей) соответствует верхней границе переходной зоны. Это значение часто определяют через максимальное значение тангенса. В нашем случае данные показатели $tg\delta$ равняются 1,17; 1,20 и 1,13 (рисунок 6).

При дальнейшем повышении температуры происходит некоторое снижение тангенса угла механических потерь, а затем при температуре 105-115 °С начинается его рост, вплоть до температуры плавления и выше. Часто он переходит через значение 1 вниз - это значение также можно принять за верхнюю границу переходной зоны. Разница между этими значениями, как правило, меньше точности измерения переходной зоны. К тому же, эти значения зависят от параметров измерения (деформации, частоты и, особенно, от скорости нагрева) и от молекулярно-массового распределения (полидисперсности образцов).

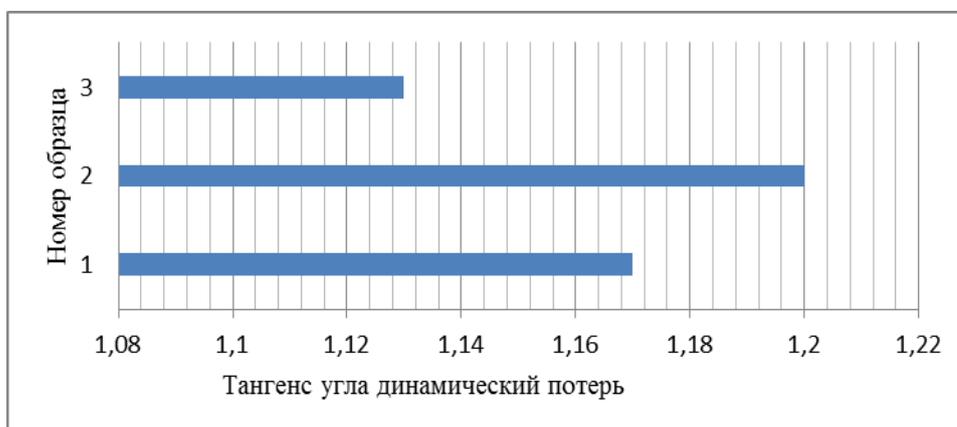


Рисунок 53. Тангенс угла динамических потерь $tg\delta$ образцов композита при температуре стеклования.

Для аморфных полимеров, третий переход через 1 происходит практически сразу. Для исследуемых композиционных материалов это не соблюдается. Возможно, данный процесс связан с тем, что при формировании наполненного полимера с поверхностью связываются не изолированные

макромолекулы, а молекулярные агрегаты, в результате чего подвижность цепей, входящих в агрегат, ограничивается в ходе формирования полимерного слоя на поверхности.

Причиной может быть наличие структурных дефектов, возникающих в наполненной системе на различных уровнях, то есть частицы наполнителя в стеклообразном полимере могут действовать как концентраторы напряжений, инициирующие разрушение полимера под действием внешних факторов.

Не исключено, что размер частиц наполнителя, в частности золы уноса, может косвенно оказывать существенное влияние на релаксационное поведение полимерной матрицы. Очень малые частицы могут не только придавать твердость матрице, но и значительно повышать температуру стеклования.

Таким образом, в случае наполненных пластифицированных полимеров происходит взаимодействие наполнителя с поверхностью молекулярных агрегатов и изменение этого взаимодействия под действием пластификатора.

Можно провести сравнение ненаполненного ПВХ с аналогичным содержанием пластификатора и исследуемого композиционного материала. Разные методы анализа материала могут давать различные результаты при исследовании композиции одной рецептуры.

В зависимости от метода измерения температура стеклования не пластифицированного ПВХ составляет 70-83 С°. Более точные результаты дают метод определения диэлектрических и механических потерь, термомеханический метод.

Для сравнения было взято среднее значение показателей T_c определенное различными методами: динамометрические весы, термомеханический анализ, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия.

Средние значения T_c ненаполненного ПВХ и средние значения T_c исследуемых наполненных материалов представлены на рисунке 54.

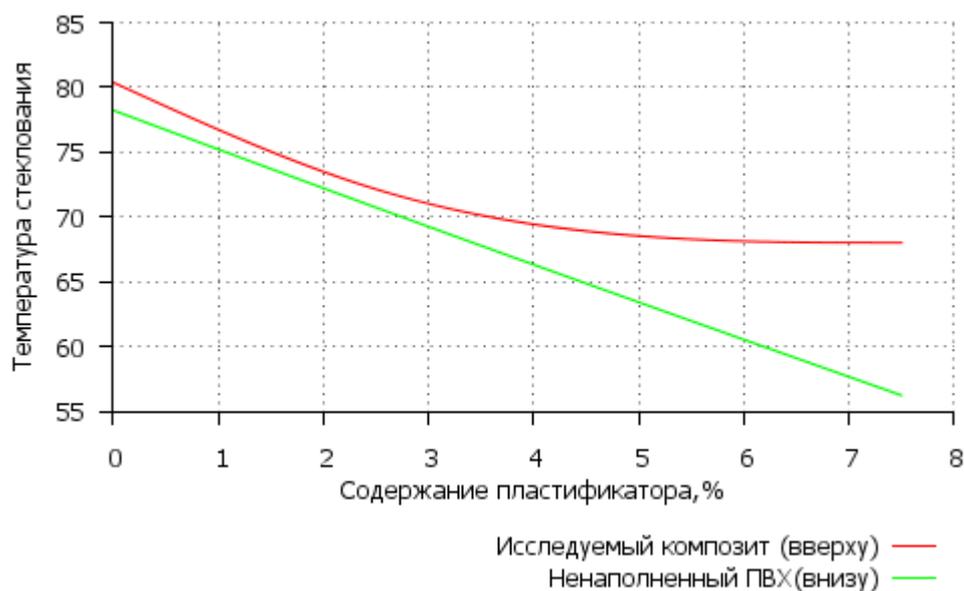


Рисунок 54. Сравнение температуры стеклования непластифицированного ПВХ и исследуемого материала с различным содержанием диоктилфталата.

Таким образом, температура стеклования композиции с 40% содержанием наполнителя без использования пластификатора близка T_c непластифицированного ПВХ, что соответствует общепринятым положениям.

4.5 Исследование пожарной опасности материалов

В независимой испытательной лаборатории пожаровзрывобезопасности (НИЛ ПВБ) ООО «ППО ПОЖЦЕНТР» г. Москва в соответствии с требованиями Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический Регламент о требованиях пожарной безопасности» материал ПМК проходил исследования по следующим показателям (приложение Е), необходимым для определения области применения в строительстве:

- группа горючести по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытания на горючесть»;
- группа распространения пламени по ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени»;

- коэффициент дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»;

- группа воспламеняемости по ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Испытания на воспламеняемость»;

- показатель токсичности продуктов горения по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»;

- температура воспламенения по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»;

- температура самовоспламенения по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

Условия испытаний для всех опытов: температура - 22 °С, атм. давление - 100,8 кПа, отн. влажность - 53 %. Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Определение группы горючести материала. Результаты экспериментального определения группы горючести материала ПМК представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Результаты определения группы горючести [110]

Номер опыта	Температура дымовых газов, град. С	Время самостоятельного горения, с	Длина повреждения образцов, см				Степень повреждения образцов по длине, %	Масса образцов, г (средняя арифметическая величина)		Степень повреждения образцов по массе, %
			1	2	3	4		До опыта	После опыта	
1	150	23	53	53	53	55	53	760	578	24
2	159	25	55	54	55	56	55	764	575	25
3	149	20	51	50	52	52	51	758	579	24
Среднее арифм.	153	23					53			24

Полимерно-минеральный композиционный материал относится к группе умеренногорючих (Г2) при испытаниях по ГОСТ 30244-94 по №123-ФЗ (глава 3, статья 13).

Определение распространения пламени по поверхности материала. Результаты экспериментального определения критической поверхностной плотности теплового потока, при которой прекращается распространение пламени по поверхности образца материала, представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Результаты определения критической поверхностной плотности теплового потока (КППТП) [110]

№ п/п	Время воспламенения, с	Длина распространения пламени, мм	Время горения, с	Среднее арифметическое значение длины распространения пламени, мм	Величина КППТП, кВт/м ²
1	10	45	600	56	более 11
2	12	60	600		
3	15	66	600		
4	11	48	600		
5	15	62	600		

Материал относится к группе нераспространяющих пламя (РП1) при испытаниях по ГОСТ Р 51032-97 по №123-ФЗ (глава 3, статья 13).

Определение группы воспламеняемости материала. Результаты экспериментального определения группы воспламеняемости образца материала представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Результаты определения группы воспламеняемости [110]

Номер опыта	Поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²	Время до воспламенения, с	Критическая поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²
1	30	329	20
2	20	846	
3	10	Отсутствует	
4	15	Отсутствует	
5	15	Отсутствует	
6	15	Отсутствует	
7	20	779	
8	20	812	
9	-	-	

В сочетании с негорючей основой ПМК относится к группе умеренновоспламеняемых (В2) при испытаниях по ГОСТ 30402-96 по №123-ФЗ (глава 3, статья 13).

Определения коэффициента дымообразования материала. Результаты экспериментального определения коэффициента дымообразования образца материала представлены в таблице 36.

Материал относится к группе материалов с умеренной дымообразующей способностью (Д2) по ГОСТ 12.1.044-89 по №123-ФЗ (глава 3, статья 13).

Определение показателя токсичности продуктов горения. Сущность метода определения показателя токсичности заключается в сжигании исследуемого материала в камере сгорания при заданной плотности теплового потока и выявлении зависимости летального эффекта газообразных продуктов горения от массы материала, отнесенной к единице объема экспозиционной камеры.

Таблица 36 – Результаты определения коэффициента дымообразования [110]

Режим испытания	Номер образца	Масса образца, г	Светопропускание		Коэффициент дымообразования, м ² /кг
			Начальное, %	Конечное, %	
Тление	1	1,83	100	45	281
	2	1,85	100	42	300
	3	1,81	100	44	291
	4	1,85	100	41	311
	5	1,82	100	40	322
Среднее значение в режиме тления $D_{m\text{ср}} = 301 \text{ м}^2/\text{кг}$					
Горение	1	1,97	100	50	222
	2	1,93	100	52	217
	3	1,88	100	51	230
	4	1,90	100	52	221
	5	1,84	100	53	220
Среднее значение в режиме горения $D_{m\text{ср}} = 222 \text{ м}^2/\text{кг}$					

Показатель токсичности продуктов горения ($HC1_{50}$) — отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором

образующиеся при горении газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных.

Результаты определения показателя токсичности приведены в таблице 37, режим испытания – термоокислительное разложение (тление), продолжительность экспозиции животных – 30 минут.

Таблица 37 – Показатель токсичности продуктов горения материала [110]

№, п/п	Температура испытаний, °С	Время разложения, мин	Потеря массы, г	Концентрации, % об.			Показатель токсичности, НСl ₅₀ , г/м ³
				СО	СО ₂	О ₂	
1	600	14	2,97	0,38	1,7	18,79	42±0,9
2	600	15	3,61	0,46	1,9	18,19	
3	600	14	3,28	0,32	1,8	18,57	
4	600	15	3,44	0,44	1,8	18,34	

Исследования выявили, что материал относится к классу умеренноопасных по показателю токсичности продуктов горения (Т2) при испытаниях по ГОСТ 12.1.044-89 по №123-ФЗ (глава 3, статья 13).

Определение температуры воспламенения материала. Результаты экспериментального определения температуры воспламенения образца материала представлены в таблице 38.

Таблица 38 - Результаты определения температуры воспламенения материала[111]

Номер образца для испытания	Температура испытания, °С	Результат испытания	Температура воспламенения, °С
1	300	отсутствует	330
2	350	восплам.	
3	320	отсутствует	
4	335	восплам.	
5	325	отсутствует	
6	325	отсутствует	
7	325	отсутствует	
8	335	восплам.	
9	335	восплам.	

Температура воспламенения по ГОСТ 12.1.044-89 (п. 4.7) – 330 °С.

Определение температуры самовоспламенения материала. Результаты экспериментального определения температуры самовоспламенения образца материала представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Результаты определения температуры самовоспламенения материала [111]

Номер образца для испытания	Температура испытания, °С	Результат испытания	Температура самовоспламенения, °С
1	350	отсутствует	538
2	400	отсутствует	
3	450	отсутствует	
4	500	отсутствует	
5	550	самовоспламенение	
6	533	отсутствует	
7	543	самовоспламенение	
8	533	отсутствует	
9	533	отсутствует	
10	543	самовоспламенение	
11	543	самовоспламенение	

Температура самовоспламенения по ГОСТ 12.1.044-89 (п. 4.9.) – 538 °С.

Выводы

1. Выявлено на основании определения зависимостей свойств полимерно-минерального композита от вида и состава золы уноса, количества наполнителя, состава композиции и пространственной морфологии, что введение золы уноса в состав композиции улучшает физико-механические характеристики материала, способствует повышению ударной вязкости, уменьшению коэффициента линейного теплового расширения и влагостойкости, увеличению прочности при изгибе и повышению его твердости.

2. В сертифицированной аналитической лаборатории произведен спектральный анализ полимерно-минерального композита и определен его

химический (элементарный) состав, установлено, что радиоактивные компоненты и содержание тяжелых металлов не превышает допустимых нормативов.

3. Исследования по пожарной опасности показали, что ПМК по №123-ФЗ (глава 3, статья 13) относится:

- к группе материалов с умеренной дымообразующей способностью (Д2) по ГОСТ 12.1.044-89;
- к группе умеренноопасных материалов (Т2) при испытаниях по ГОСТ 12.1.044-89;
- в сочетании с негорючей основой ПМК относится к группе умеренновоспламеняемых (В2) при испытаниях по ГОСТ 30402-96;
- к группе нераспространяющих пламя (РП1) при испытаниях по ГОСТ Р 51032-97;
- к группе умеренногорючих (Г2) при испытаниях по ГОСТ 30244-94.

Таким образом, полимерно-минеральный материал может использоваться для изготовления современных строительных материалов.

4. На основании исследований по изучению физико-механических характеристик и пространственной морфологии выявлено, что оптимальными потребительскими и эстетическими характеристиками обладает материал с содержанием 40 % золы уноса при следующих значениях физико-механических характеристик:

- Плотность 1637 кг/м³;
- Предел прочности при изгибе 52 МПа;
- Ударная вязкость по Шарпи 10 кДж/м²;
- Показатель водопоглощения– 0,2%;
- Твердость по шкале Бриннеля составляет 337,3 кгс/мм².

5. Проведенные исследования микрофотографий полимерно-минерального материала на основе поливинилхлорида, наполненного золой уноса, показали, что при увеличении количества наполнителя с 25 до 40 % (с 40

до 80 массовых частей на 100 поливинилхлорида) заметно изменяется структура материала. Монолитная структура с плотным обволакиванием частиц наполнителя с небольшим количеством хорошо различимых пустот в материалах ПМК I-IV формируется вследствие действия вспенивающего агента. Слоисто-чешуйчатая структура композита образуется в результате значительного увеличения количества наполнителя (40%) и связанными с этим измененными технологическими режимами производства и, как следствие, изменения формирования полимерного материала.

6. Установлено возможное влияние слоистой структуры, технологии производства и наполнителя на коэффициенты термического сжатия-расширения материала, т.е. уменьшение размеров материала по длине и ширине и увеличение в толщину, при изменении температуры от 40 до 120 °С.

7. Выявлено, что в наполненной композиции с добавлением пластификатора, диоктилфталата в количестве 2,5 % температура стеклования незначительно отличается от этого показателя у ненаполненного пластифицированного ПВХ. При введении 7,5 % пластификатора разница температур стеклования ненаполненного (70-83 °С) и наполненного (73,2; 63,8; 60,6°С) золой уноса ПВХ, определенной разными методами, является существенной.

8. Комплекс проведенных исследований показал перспективность разрабатываемого материала для применения на российском рынке, который может послужить заменой отделочным и конструкционным материалам из поливинилхлорида и дерева.

5. АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕРРАСНОЙ ДОСКИ ИЗ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной главе приведено экономическое обоснование целесообразности организации производства нового слабогорючего отделочного материала на основе утилизации золошлаковых и полимерных отходов промышленности и энергетики с минимальной производительностью 800-900 тонн (45 000 м²) в год.

Новый строительный материал применим как для наружной, так и для внутренней отделки помещений: обшивка домов, фасадная плитка, декинг, садовая мебель, патио, черепица, морские пирсы, палубы кораблей, полы, двери, оконные и дверные рамы, мебель, шпон, и т.д.

Строительный рынок нуждается в новых технологиях и материалах и готов принимать новую продукцию с улучшенными эксплуатационными характеристиками и более низкой стоимостью. [120] Предлагаемый на рынок новый материал превосходит изделия – аналоги из древесно-полимерного композита (ДПК-ВРС) по огнестойкости, водопроницаемости, коэффициенту теплового расширения, а также плотности и ударной вязкости.

Новый полимерно-минеральный композиционный материал защищен ноу-хау, а также выдан патент на изобретение № 2469976 от 06.07.2012 г. (Заявка № 2011106608 (приоритет от 22.02.2011, положительное решение от 06.07.2012).

Исследования по разработке трудногорючего ПМК направлены на решение вопросов, поставленных в рамках приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», во исполнение Закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 года об ограничении использования горючих

материалов и Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

Также работа предусматривает решение важных социальных вопросов:

- создание порядка 20 рабочих мест;
- снижение пожароопасности зданий за счет применения огнестойких материалов.

Проект предусматривает выпуск на первом этапе декинга (террасной доски) сечением 145х30х4000 мм и лаги для ее укладки размером 70х40 мм.

В процессе сбора информации были использованы данные периодических изданий по обзору рынка аналогов ПМК. По ориентировочным оценкам общий объем спроса в Иркутской области и в России на декинг более 2600 тонн. Принятые программы развития региона и страны в целом говорят о запланированном росте в сфере строительства, а значит и в сфере производства необходимых для стройиндустрии материалов и конструкций.

Среди производителей декинга в России традиционно выделяются крупнейшие предприятия: ООО «ЛигнаТэк» (Алтайский край), ООО "ВЭЭК" (Санкт-Петербург), ООО «WPC Laboratory» (Московская обл., Истра)[101]. В то же время на территории Иркутской области производители данной продукции отсутствуют.

Уже 32 предприятия проявили заинтересованность в использовании новых материалов, в том числе: ООО «ТЕХНОНИКОЛЬ» (Москва), ООО «Управляющая компания «ИСТЛЭНД» (Иркутск), ОАО «Сибавиастрой» (Иркутск), ООО «Китайский торговый дом» (Иркутск), Холдинг «Астрей» (Омск), ОАО «Верхнетагильская ГРЭС» (Свердловская область), ООО «Дормастер», (г.Москва), ЗАО «ЛСТ–Сиб» (г. Томск), ООО «Новые строительные технологии» (г. Липецк), ООО «Спецпокрытие» (Ростовская область, г. Волгодонск), НПО «Трансполимер» (Владимирская область), ООО «Техновация» (г. Челябинск), Теплосбытовая организация (г. Новосибирск),

ООО МЭЗ ЮГ Руси» (г. Ростов-на-Дону), ТЭЦ-9 (г. Ангарск), ООО «Курсинвест» (г. Москва), Теплогенерирующая компания Бурятии № 14 (г.Улан-Удэ), ООО «Мастер-класс» (г. Черемхово, Иркутская область), ООО «НИТЕК» (г. Иркутск) и др.

5.1 Результаты маркетингового анализа

Проект производства новых огнестойких строительных материалов на основе золы уноса и отходов полимеров относится к приоритетному направлению, утвержденному в качестве приоритетного Комиссией при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России: Энергоэффективность и ресурсосбережение, а также относится к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утвержденные Президентом Российской Федерации Д.Медведевым от 7 июля 2011 г. N 899: Рациональное природопользование. [132]

Как отмечается в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. N 1662-р, в период до 2020 года наибольшее влияние на уровень экономической конкурентоспособности и национальную безопасность будет оказывать прогресс в ресурсосбережении, нанотехнологиях, новых материалах и живых системах [114]. При этом основной эффект будет достигаться на стыке указанных технологий в междисциплинарных областях.

Поставлена задача структурной перестройки промышленности и ее диверсификации за счет:

- Разработки прорывных технологий, внедрения в производство наилучших доступных технологий, разработанных на основе внедрения достижений в научной сфере, в том числе с применением уникального оборудования;

- модернизации сырьевых производств, увеличения глубины переработки сырья, снижения энергоемкости производства и повышения его экологичности;

- ускорение роста высоко и среднетехнологичных производств, выход на внешние и внутренние рынки с новой конкурентоспособной продукцией.

Отмечается, что особенно высок потенциал роста в промышленности строительных материалов, деревообработке и целлюлозно-бумажной промышленности, а также химии.

В "Программе социально-экономического развития Иркутской области на 2011 - 2015 годы" (Закон Иркутской области от 31 декабря 2010 года N 143-ОЗ) определены основные цели социально-экономического развития. Для реализации цели по созданию условий для нового экономического роста Иркутской области предусмотрено решение следующих задач [115]:

1. повышение конкурентоспособности экономики Иркутской области за счет определения отраслевой специализации на рынках инновационных товаров и услуг и увеличения реализации инновационной продукции, технологий и научных разработок;

2. повышение конкурентоспособности субъектов малого и среднего предпринимательства на внутреннем, межрегиональном и международном рынках.

В условиях роста объемов строительства жилья возрастает потребность в обеспечении строительной индустрии высокоэффективными, экологически чистыми и относительно дешевыми строительными и теплоизоляционными материалами [116].

Характерная черта самых крупных и преуспевающих наукоемких производств — большая часть их продукции предназначена для удовлетворения потребностей широких слоев населения.

Другой важной проблемой в РФ и Иркутской области, в частности,

которая требует срочного решения, является накопление отходов производства и потребления. Использование отходов производства для повышения мощностей предприятий строительного комплекса является экономически целесообразным и технически оправданным [117].

В тоже время данные отходы могут эффективно использоваться в качестве наполнителей для производства значительного числа строительных, композиционных, отделочных, теплоизоляционных и других материалов, придавая последним новые свойства, повышающие их конкурентоспособность. Так, одно из основных требований, предъявляемых к вышеперечисленным материалам – повышенная пожароустойчивость. Современные материалы, применяемые в строительной индустрии должны обладать комплексом свойств, обеспечивающих их пожарную, санитарно-гигиеническую и экологическую безопасность.

Все это настоятельно требует создания и промышленного внедрения нового поколения материалов, обладающих вышеперечисленными свойствами, что и выполнено в данном исследовании.

5.1.1 Общая характеристика потребности и объем производства декинга в России

В 2010 году объем потребления декинга на российском рынке оценивался на уровне 2,6 тыс.тонн или около 169 тыс.кв.м. (таблица 40). При этом темп прироста рынка составит более 68% в тоннажном выражении и около 63% - в пересчете на кв.м.

В целом за 2007-2010 гг. потребление древесно-полимерного декинга на рынке России выросло в 11 раз.

Таблица 40 – Потребление древесно-полимерного декинга на рынке России в 2007-2010 гг.[112]

Показатель	2007 год	2008 год	2009 год	2010 год
Тонн				
Объем производства	180	1010	1310	1670
Объем импорта	52	262	242	930
Объем экспорта			6	
Объем потребления	232	1272	1546	2600
Доля импорта, %	22,5	20,6	15,6	35,8
Тыс.кв.м.				
Объем производства	13	72	89	112
Объем импорта	3	17	16	57
Объем экспорта			0,4	
Объем потребления	16	89	104	169
Доля импорта, %	18,0	19,1	15,1	33,6

Потенциал российского рынка декинга оценивается в **250 тыс. тонн**

Реальная и потенциальная емкость российского рынка древесно-полимерного декинга, в тыс. тонн представлена на диаграмме (рисунок 55).

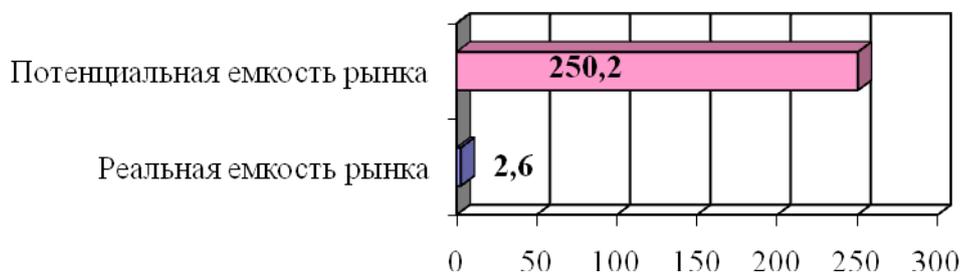


Рисунок 55– Емкость российского рынка древесно-полимерного декинга [112]

Объем потребления древесно-полимерного декинга на российском рынке к 2015 году достигнет 11,6 тыс.тонн, что выше потребления 2010 года в 4,5 раза. (рисунок 56).

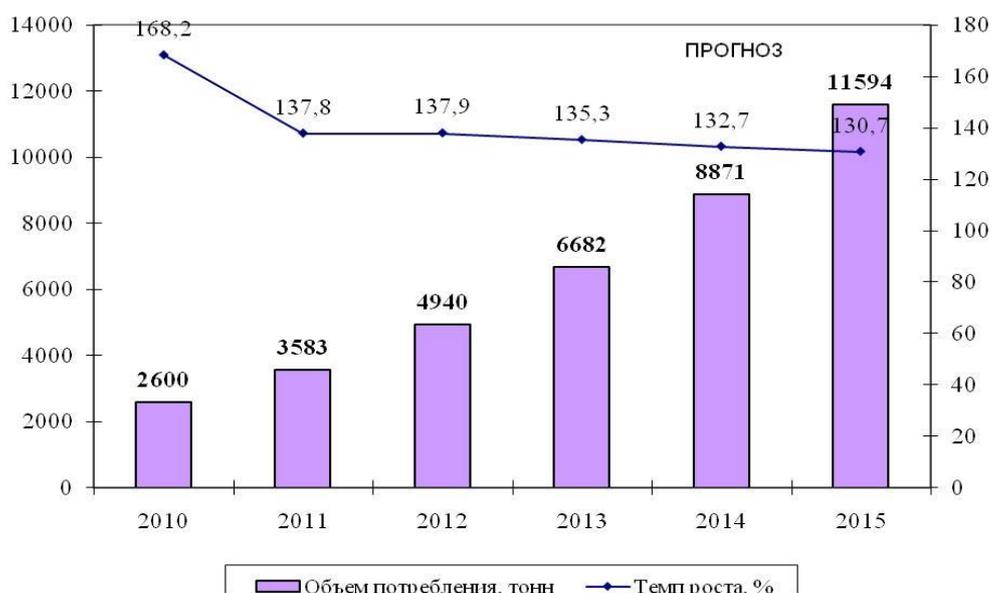


Рисунок 56 – Диаграмма потребления древесно-полимерного декинга на рынке России в 2010-2015 гг.[112]

Создаваемое производство ПМК должно занять существующую региональную нишу среди производителей строительных огнестойких отделочных материалов и предложить строительным предприятиям продукцию по более выгодной цене за счет снижения транспортных и накладных расходов из-за близкого месторасположения производства к потребителям и отсутствия посредников.

5.1.2 Анализ потенциальных конкурентов

На конец 2013 г. Россия в списке крупнейших мировых производителей ДПК занимает пятое место. На российском рынке действует более 20 производителей (таблицы 41-43) древесно-полимерных профильных изделий (рисунок 54), экструзионное оборудование которых позволяет производить древесно-полимерный декинг. [113]

Таблица 41 – Российские производители профильных древесно- полимерных изделий [112]

Предприятие	Производственные мощности, тонн/год*	Производимая продукция
ООО «Брат»	150	Декинг
ООО «ВЭЭК»	240	Декинг, плинтус, брус, вагонка
ООО «Караон»	900	Декинг, брус, вагонка, доска заборная
ООО «MaPиM»	240	Декинг (садовый паркет)
ООО «ЛигнаТэк»	2400	Декинг, плинтус, уголок, лага
ООО «Дисина»	720	Декинг, лага
ООО «Древесно Полимерный Комбинат» (ООО «ДПК»)	450	Декинг, брус
ЗАО «СЭТ Продакшн»	180	Декинг, плинтус, брус
ООО «WPC Laboratory»	500	Декинг, брус
Всего	5760	

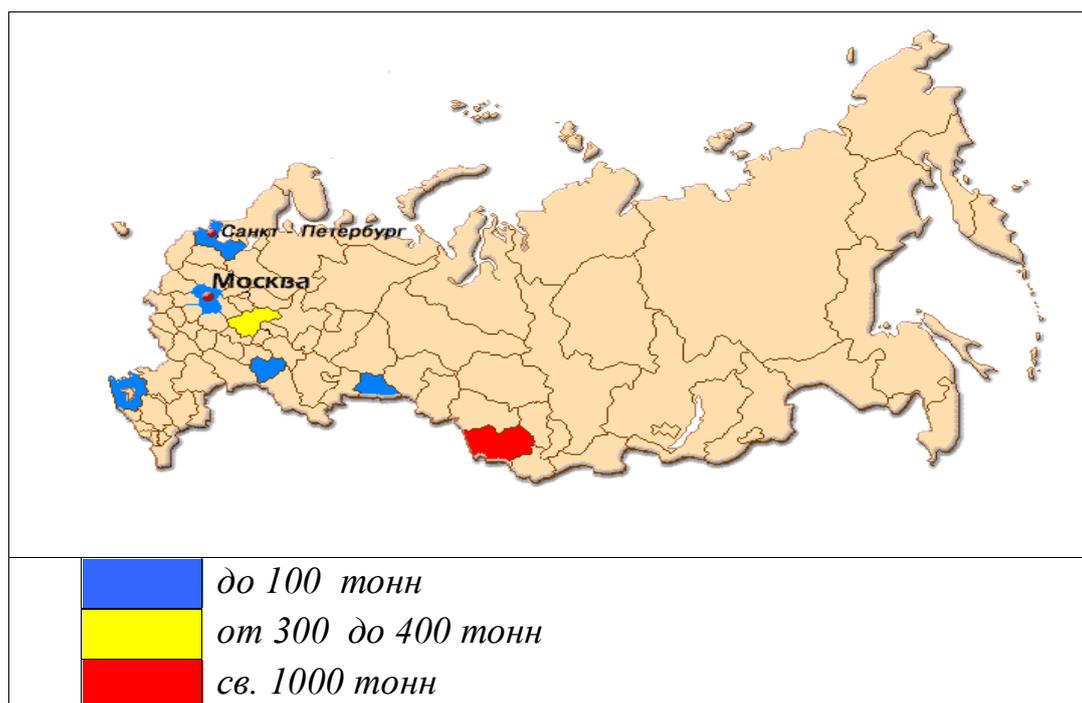


Рисунок 57 - Месторасположение производителей, предлагающих рынку древесно- полимерный декинг в России [112]

Таблица 42 - Географическое распределение производителей древесно-полимерного decking в России[112]

Федеральный округ РФ	Регион	Количество производителей
Сибирский округ	Алтайский край	1
Приволжский округ	Нижегородская область	1
	Самарская область	1
Уральский округ	Курганская область	1
Центральный округ	Московская область	1
	Владимирская область	1
Северо-западный округ	Ленинградская область	2
Южный округ	Краснодарский край	1

Сильными сторонами указанных предприятий являются большие объемы производства строительных материалов в целом, многолетний опыт работы на российском рынке, использование новых технологий, квалификация персонала и т.д.

Таблица 43 - Объемы производства древесно-полимерного decking в федеральных округах РФ в 2007-2010 гг., тонн[112,113]

Федеральный округ РФ	2007 год	2008 год	2009 год	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год
Сибирский округ	180	900	900	1 070	-	-	-
Приволжский округ	-	75	315	369	-	-	-
Уральский округ	-	-	-	90	-	-	-
Центральный округ	-	-	-	83	-	-	-
Северо-западный округ	-	35	95	53	-	-	-
Южный округ	-	-	-	5	-	-	-
Всего	180	1 010	1 310	1 670	4000	9400	20000

Слабые стороны – высокие накладные расходы в структуре себестоимости продукции, территориальная удаленность (применительно к рынку Иркутской области).

Отметим, что новый материал не выпускается на российском и зарубежном рынке. Кроме того, аналог его из ДПК производится в незначительных количествах в России и не производится в Сибири. Новое

производство станет единственным производителем данной продукции от Дальнего Востока до Алтайского края.

В настоящее время российский рынок декинга находится на начальном этапе развития, хотя усилия производителей и поставщиков декинга уже привели к популяризации этого материала среди конечных потребителей, строителей и дизайнеров. Конъюнктура способствует выходу на рынок новых игроков – только в 2010 году в России было организовано шесть производств декинга, импортные поставки декинга по сравнению с прошлым годом увеличились более чем в три раза.

Совокупные производственные мощности российских компаний, специализирующихся на производстве декинга, на конец 2010 года составили 5,8 тыс. тонн, что в 2,5 раза выше мощностей 2009 года. Объем производства древесно-полимерного декинга российскими предприятиями в 2010 году оценивается на уровне 1,7 тыс. тонн., темп прироста производства составит 27,5%. Общий объем выпуска ДПК в России в 2011 г. составил 4 тыс. т, в 2012 г. - 9.4 тыс. т, При этом потребление всегда было значительно выше, разница удовлетворялась за счет импорта из стран Европы и Азии. В 2013 г. ситуация изменилась. Потребительский рынок в 2013 году оценивается многими экспертами в 20 тыс. т, к 2017 г. – 25 тыс. т. В то время как выпуск отечественной продукции из ДПК уже в настоящее время приближается к 22 тыс. т, поставки импортной продукции также растут. [113]

Проблемы, ограничивающие развитие российского рынка древесно-полимерного декинга, можно разделить на две группы: рыночные проблемы; и проблемы производства.

К рыночным проблемам относится низкая степень информативности и высокая стоимость древесно-полимерного декинга на рынке, что служит серьезным ограничением развития потребления данной продукции на российском рынке.

К производственным проблемам российского рынка декинга относится отсутствие достаточного опыта производства данной продукции, отсутствие нормативных документов на материал и организации, которая курировала бы вопросы производства древесно-полимерных изделий, занималась обучением новых и потенциальных производителей.

В отношении перспектив развития российского рынка древесно-полимерного декинга, следует отметить, что для периода 2010-2011 гг. характерна ситуация, когда предложение порождает спрос, только активное продвижение производителей будет способствовать увеличению продаж древесно-полимерного декинга на рынке России. К 2012 году рынок окажется готов к самостоятельному принятию нового товара и станет активно предъявлять на него спрос, темпы роста потребления увеличатся, количество новых производителей значительно увеличится.

Среднегодовой прирост потребления декинга на рынке России в период 2010-2015 гг. составит около 35%, а крупнейшим потребительским сегментом рынка декинга в России будет являться жилищное строительство [112].

5.2 Определение экономического эффекта производства ПМК

Разработанный материал нового поколения является конкурентоспособным, так как отвечает современным требованиям пожарной и экологической безопасности и имеет существенно более низкую себестоимость по сравнению с существующими промышленными мировыми и российскими аналогами. Во многом это осуществляется за счет использования в качестве основного сырья для его производства местных дешевых и доступных многотоннажных отходов теплоэнергетики (золы уноса тепловых электростанций) и отходов пластмасс.

Аналогом нового материала является древесно-полимерный декинг (террасная доска). Значительным его недостатком является показатель горючести (ГЗ-Г4). Снижение горючести достигается путем введения в состав антипиреновых добавок, а также биоцидов (компонентов, придающих биологическую стойкость), что значительно увеличивает себестоимость продукции.[138, 139]

По сравнению с аналогом новый материал обладает уникальными качествами: водостойкостью, гидрофобностью поверхности, великолепными тепло- и холодо-изоляционными свойствами. Сравнение некоторых характеристик представлено в таблице 44. По многим физико-техническим свойствам новый материал близок к натуральной древесине и даже превосходит ее по огне- и теплостойкости, морозоустойчивости, химической стойкости, биологической стойкости (гниение, плесневение и т.д.) и долговечности, а также может обладать специфическими свойствами древесины (поверхностная текстура, цвет, запах).

Для нового материала, отработка технологии и выпуск опытной партии которого планируется произвести в рамках выполнения данной работы, поведен комплекс исследований по изучению свойств и сертификации.

Исследованы физико-механические свойства (Таблица 44), получены Технические условия ТУ 5770-001-02068249-2010. Проведены испытания на пожароустойчивость и самовоспламенение материала (см. гл.4).

Таблица 44 - Сравнение свойств

Изменяемые характеристики, единицы измерения	ДекингДПК	Новый материал
Тип структуры	непористая	пористая
Плотность, кг/м ³	1400-2200	1180-1600
Предел прочности при изгибе, МПа	34	35,93-52
Водопоглощение, %	0,3-4	0,2
Горючесть	ГЗ-Г4	Г2
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	3-4	10-17,24

Новый строительный материал легко поддается механической обработке теми же инструментами, что и натуральная древесина. Материал легко пилится, строгается, сверлится и т.п. Превосходно удерживает гвозди, скобы, шурупы. Некоторые рецептуры поддаются склеиванию, а другие можно сваривать, подобно пластмассе. Ценным технологическим свойством является возможность изменения формы изделия в нагретом виде, подобно пластикам.

Основные конкурентные преимущества проектируемого комплекса по сравнению с уже существующими комбинатами следующие:

- использование в качестве сырья отходов производства;
- короткая производственная цепочка;
- низкие удельные капиталовложения (китайское оборудование);
- высокая производительность труда при оптимизации производственных издержек;
- внедрение новых технологий, а также создание нового технологического оборудования;
- материал слабогорючий, водостойкий, экологически чистый;
- стоимость нового материала дешевле рыночной цены аналогов.

Средние цены на древесно-полимерный декинг различных стран-производителей, представленных на рынке России, даны в таблице 45.

Таблица 45 - Стоимость древесно-полимерного декинга на территории России[112]

Страна-производитель	Средняя стоимость, руб./кв.м.
Германия	4 452
Финляндия	3 247
Бельгия	2 939
Япония	2 600
Австрия	2 400
Украина	2 390
Франция	2 195
Болгария	2 000
Россия	1 766
Китай	1 630
Новый материал (Иркутск)	1 430

Средняя цена предлагаемого декинга из ПМК составляет 1430 руб./м².

Данная цена обеспечит необходимый уровень рентабельности организации, что позволит ей сохранять хорошее финансовое положение и платежеспособность. Одновременно с этим, выгодная цена будет привлекать клиентов.

Следует отметить, что спрос на продукцию данного вида имеет следующую тенденцию к изменению в течение года: максимальные поставки в летнее время (пик приходится на август месяц), минимальные – на январь-февраль.

Основные технико-экономические показатели представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Основные технико-экономические показатели проекта выпуска опытной партии террасной доски при производительности по сырью 100 кг/час на 2012 и последующие годы (устойчивость проекта)

№	Статья	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
1	Производственные затраты, тыс. руб./год	37 126	47 174	51 113	54 896	58 803
2	Себестоимость единицы продукции, тыс. р./м ²	0,867	0,890	0,964	1036	1109
3	Цена за единицу продукции, тыс. р./м ²	1,5	1,65	1,815	2,0	2,2
4	Объем реализации, м ²	42 800	53 000	53 000	53 000	53 000
5	Объем реализации, тыс. р.	64 214	88 295	95 093	101 940	109 076
6	Прибыль, тыс. р.	26 920	40 971	43 849	46 932	50 179
7	Налоговые отчисления из прибыли, тыс. р.	5384	8194	8770	9386	10036
8	Чистая прибыль, тыс. р.	21 536	32 777	35 079	37 545	40 143
	Число вновь созданных рабочих мест	21	21	21	21	21

Расчетные значения основных показателей проекта демонстрируют его экономическую эффективность, высокую доходность и инвестиционную привлекательность.

5.3 Перспективы применения композиционного материала

Термопластичные полимерные композиты (в том числе ДПК) представляют собой универсальный конструкционный материал для самого широкого круга применений. Они уже нашли широкое применение в строительстве и автомобильной промышленности. Сферы применения таких композитов быстро расширяются. Из них уже изготавливают транспортные поддоны, трубы, мебель, детские игрушки и т.д. и т.п.

Таблица 47 – Области применения полимерно-минерального композита

<i>Конструкционные элементы</i>	<i>Автомобильные детали</i>
Тротуары	Внутренние панели
Пирсы	Прокладки дверей и крыш
Морские сваи, переборки	Крышки на запасное колесо
Перила	Короба
Железнодорожные детали	Подъемные полки
Противошумовые барьеры	Полы грузовиков
Опалубка для бетонных работ	Спинки сидений
<i>Строительные элементы</i>	<i>Промышленное и потребительское применение</i>
Настилы	Садовые конструкции
Балюстрады	Поддоны, тара
Оконные и дверные профили	Оборудование спортивных и детских площадок
Сайдинг и аксессуары	Парковые скамьи, столы, емкости для мусора
Штакетник	Мебель и ее элементы
Кровля	

При реализации данного исследования можно представлять ПМК на рынке как заменитель практически любых отделочных материалов из пластика и древесины. Но на сегодняшний день маркетологи прогнозируют лучшее его назначение в качестве декинга, т.е. аналога террасной доски из древесно-полимерного композита. В таблице 47 указаны также другие перспективные направления применения нового материала.

Выводы

1. Анализ конкурентоспособности изготовленной из нового материала террасной доски (или декинга) показал, что разработанный ПМК превосходит

изделия-аналоги из полимерных композитов по эксплуатационным свойствам и стоимости (0,8 тыс. руб./м²).

2. Маркетинговые исследования показали, что рынок декинга является самым перспективным и динамично развивающимся сегментом древесно-полимерных изделий, что обуславливает перспективность использования нового ПМК для производства террасной доски.

3. Расчет основных экономических показателей реализации разработанной технологии показал его экономическую эффективность, высокую доходность (чистая свыше 1000 тыс. руб. месяц при производительности экструзионной линии 100 кг/час) и инвестиционную привлекательность: срок окупаемости производства менее одного года.

4. Представлены перспективы применения широкого спектра изделий из нового материала, как для наружной, так и для внутренней отделки помещений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов экспериментальных и теоретических исследований разработана группа высоконаполненных минерально-полимерных композиционных материалов на основе отходов энергетики – зол уноса в качестве наполнителя и ПВХ в качестве связующего и технологические параметры их производства.

1. Экспериментально установлена возможность и целесообразность производства экструзионным методом профильных строительных изделий из сверх высоконаполненных золой уноса полимерно-минеральных композитов (170 м.ч. наполнителя на 100 м.ч. поливинилхлорида).

2. Разработаны новые составы композиции и установлены технологические параметры для производства группы полимерно-минеральных композиционных материалов и изделий с улучшенными физико-механическими и потребительскими характеристиками.

3. Оптимизированы технологические параметры и модернизирована технологическая схема производства полимерно-минерального строительного материала для производства террасной доски в промышленных условиях: температура расплава в цилиндре экструдера – 140-180°C; давление массы расплава в адаптере – 7-9 МПа; температура воды для охлаждения 12°C; давление вакуума калибровочного стола 0,02 МПа.

4. Установлены зависимости между технологическими параметрами процесса экструзии и составом композиции, а именно, рост температуры переработки материала с увеличением количества наполнителя в смеси. Показано, что при высоком наполнении ПВХ золой уноса сохраняется способность пластификатора снижать температуру текучести расплава ПВХ-композиции.

5. Выполненный с помощью метода электронной микроскопии анализ полимерно-минеральных композиционных материалов с наполнением от 25 до

40 % (с 40 до 80 массовых частей на 100 массовых частей ПВХ) показал образование слоисто-чешуйчатой структуры композита. 4. Установлено наличие развитого пограничного слоя полимерной матрицы на частицах золы уноса металлической природы, представляющего собой шипообразную оболочку из молекул ПВХ, с размерами глобулярных образований - шипов ~ 250-2000 нм.

6. Испытания пожарной опасности выявили принадлежность полученного композиционного материала с наполнением 80 массовых частей золы уноса на 100 массовых частей ПВХ к следующим группам: Д2 – с умеренной дымообразующей способностью; Т2 – умеренноопасный при испытаниях токсичности продуктов горения; В2 – умеренновоспламеняемый; РП1 – нераспространяющий пламя, Г2 – умеренногорючий. Следовательно, полимерно-минеральный материал соответствует требованиям №123-ФЗ (глава 3, статья 13) к строительным материалам, которые могут использоваться для большинства типов помещений.

7. Установлено по результатам испытаний, что композиционные материалы соответствуют требованиям, предъявляемым к профильно-погонажным изделиям строительного назначения, (с учетом оценки долговечности и УФ-излучения в условиях климатических воздействий.)

8. Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование золы уноса в качестве наполнителя ПВХ оказывает значительное влияние на физико-технические характеристики террасной доски:

- установлено значительное снижение значения коэффициента линейного теплового расширения-сжатия по длине по сравнению с ненаполненным ПВХ в температурном интервале до 80 °С - с $5 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$ до 0.

- с увеличением количества наполнителя с 40 до 80 массовых частей на 100 частей ПВХ наблюдается увеличение показателя прочности при изгибе с 33 до 52 МПа, а также плотности материала от 1100 до 1637 кг/м³;

- с увеличением количества наполнителя в композиции возрастает значение твердости материала, наилучший показатель – 337,3 кгс/мм²;

- ударная вязкость по Шарпи материалов, содержащих вспениватель, значительно ниже, чем у невспененных образцов, наилучший показатель – 34,11кДж/м²;

- содержание наполнителя практически не влияет на водопоглощение материала, показатель – 0,2 – 0,97%.

9. Анализ расчета экономических показателей и оценка конкурентоспособности показали высокую доходность производства: при себестоимости террасной доски 0,867 тыс. руб./м², срок окупаемости производства менее года. Производство террасной доски из нового материала займет существующую региональную нишу среди производителей, предложит рынку конкурентоспособную продукцию по выгодной цене из местного вторичного сырья и будет способствовать снижению техногенной нагрузки на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российский рынок стройматериалов: отраслевой обзор / Департамент консалтинга группы. – М.: ИНЭК, 2004. – 101 с.
2. Развитие промышленности строительных материалов в России // Красная линия. Журнал современных строительных технологий. – 2011 – № 54 – С.28–30.
3. Юхневский П.И. Строительные материалы и изделия: Учебное пособие / Юхневский П.И., Широкий Г.Т. – Мн: УП «Технопринт», 2004. – 476 с.
4. Несветаев Г.В. Строительные материалы: Учебно-справочное пособие / Несветаев Г.В. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005г. – 508с.
5. Любина Дж. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн./ Любина Дж. Пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; Под ред. Б. Э. Геллера. — М.: Машиностроение, 1988. — 448 с.
6. Классификация ПКМ / Полимерные композиционные материалы (полимерные композиты, ПКМ). 2010. URL: <http://p-km.ru/vvedenie-v-pkm/klassifikaciya-pkm.html> (дата обращения_08.03.2013)
7. Углепластики / Википедия – свободная энциклопедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Углепластики> (дата обращения 08.03.2013).
8. Стеклопластик – применение в мелкосерийном производстве / Национальная информационная система по строительству "ноу-хаус.ру". 2010. URL: http://www.know-house.ru/inf_build/fiberglass.html.(дата обращения 08.03.2013).
9. Достоинства и недостатки стеклопластика / FiberGlass - Сырье, материалы и компоненты для производства стеклопластика. 2012. / URL: <http://www.fiberglass.ru/materialy/2011-03-23-13-40-14.html> (дата обращения 08.03.2013).

10. Bishay I.K. Electrical, mechanical and thermal properties of polyvinyl chloride composites filled with aluminum powder / Bishay I.K., Abd-El-Messieh S.L., Mansour S.H. // *Materials and Design*. – 2010.

11. Zhang L. Effect of surface structure of nano-caco₃ particles on mechanical and rheological properties of pvc composites / Zhang L., Luo M., Sun S., Ma J., Li C. // *Journal of Macromolecular Science. Part B: Physics*. – 2010. – Т. 49. – № 5. – С. 970-982.

12. Ashori A. Mechanical properties of reinforced polyvinyl chloride composites: effect of filler form and content / Ashori A., Mozaffari S.A., Kiani H. // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2011. – Т. 120. – № 3. – С. 1788-1793

13. Огрель Л.Ю. Биостойкость минеральных наполнителей строительных композиционных материалов / Огрель Л.Ю., Лесовик Р.В., Дороганова О.В., Грабазей А.В. // *Строительные материалы*. – 2007. – № 8. – С. 52-53.

14. Огрель Л.Ю. Наследование полимерными композитами структур наноразмерных неорганических наполнителей / Огрель Л.Ю., Строкова В.В., Яхо ЛИ, Баоде ЗАНГ // *Строительные материалы*. – 2009. – № 9. – С. 75-77.

15. Мийченко И.П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов / Мийченко И.П. – М.: Научные основы и технологии, 2012. – 374с.

16. Огрель Л.Ю. Повышение эффективности строительных полимерных композитов, эксплуатируемых в агрессивных средах: автореферат дис.... доктора технических наук: 05.23.05 / Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова Количество страниц: 42 с. 9 06-9/276-9 9 06-9/277-7.

17. Yao Y.-F. Sound insulation property of pvc matrix composite material filled with cenosphere fly ash / Yao Y.-F., Gao L., Yang Q.-L., Zhou G., Fu Y.-Q., Liu G.-F. *Gaofenzi Cailiao Kexue Yu Gongcheng* // *Polymeric Materials Science and Engineering*. – 2009. – Т. 25. – № 11. – С. 61–64.

18. Патент 2006/0293418 США, МКИЗ В 29 С 47/00, 2006.

19. Патент 2007/0020430 США, МКИЗ В 32 В 33/00, 2007.

20. Патент 2008/0119578 США, МКИЗ С 08 К 3/00, 2008.
21. Патент 2008/0132609 США МКИЗ С 08 L 97/02, 2008.
22. Патент 5437826 США, МКИЗ В 29 В 7/84, 1995.
23. Патент 4301060 США, МКИЗ С 08 К 3/36, 1981.
24. Патент 2002/0040084 США, МКИЗ С 08 К 3/18, 2002.
25. Патент 4510201 США, МКИЗ В 32 В 27/30, 1985.
26. Патент 5198170 США, МКИЗ В 29 В 11/10, 1993.
27. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: Учебно-справочное пособие / Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
28. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты / Клёсов А.А. – СПб: «Научные основы и технологии», 2010 – 736 с.
29. Патент 5238966 США, МКИЗ С 08 J 9/14, 1993.
30. Патент 5847016 США, МКИЗ С 08 J 9/90, 1998.
31. Патент 5866625 США, МКИЗ С 08 J 9/90, 1999.
32. Патент 6225365 США, МКИЗ С 08 J 9/14, 2001.
33. Патент 6344268 США, МКИЗ В 32 В 5/22, 2002.
34. Патент 6362252 США, МКИЗ С 08 К 3/00, 2002.
35. Патент 6669773 США, МКИЗ С 04 В 18/06, 2003.
36. Патент 6864297 США, МКИЗ С 08 J 9/232, 2005.
37. Патент 7022279 США, МКИЗ В 29 С 47/78, 2006.
38. Патент 7030179 США, МКИЗ С 08 L 13/02, 2006.
39. Патент № 2487147 РФ, МКИЗ С08L27/06, 2013.
40. Патент № 2495065 РФ, МКИЗ С08L27/06, 2012.
41. Патент № 2450037 РФ, МКИЗ С08L97/02, 2010.
42. Низамов Р.К. Поливинилхлоридные материалы, наполненные тонкодисперсными отходами деревообработки / Низамов Р.К., Нагуманова Э.И., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. // Строительные материалы. – 2004. – № 4. – С. 14–16.

43. Pvc decking is both foamed & glass-filled / *Plastics Technology*. – 2002. – Т. 48. – № 4. – С. 23.
44. Joshi P.S. Mechanical properties of highly filled pvc/wood-flour composites / Joshi P.S., Marathe D.S. // *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. – 2010. Т. 29. № 16. С. 2522–2533.
45. Низамов Р.К. Обоснование эффективности наполнения ПВХ-композиций тонкодисперсными отходами металлургических производств / Низамов Р.К., Галеев Р.Р., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Наумкина Н.И., Лыгина Т.З. // *Строительные материалы*. – 2005. – № 7. – С. 18-20.
46. Галеев Р.Р. Применение тонкодисперсных шлаков для производства поливинилхлоридных материалов / Галеев Р.Р., Колесникова И.В., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. // *Строительные материалы*. – 2007. – № 7. – С. 82–84.
47. Террасная доска из древесно-полимерного композита или декинг доска из массива дерева. Что выбрать? / *Дом без проблем*. 2010. URL: http://www.dombezp.ru/poleznaia_informaciia_stati (дата обращения_08.03.2013).
48. Полимерные строительные материалы и изделия. Общие сведения / *Строительные и отделочные материалы*. URL: <http://www.materialsworld.ru/16> (дата обращения_08.03.2013).
49. Домокеев А.Г. *Строительные материалы: Учебник для строительных вузов, 2-е изд. перераб. и доп.* / Домокеев А.Г. – М.: Высшая школа, 1989. – 495 с.
50. Статическое электричество на полимерных трубопроводах / *Engineering systems*. 2011. URL: <http://www.ing-sistems.ru/node/6> (дата обращения 08.03.2013)
51. Гимаев Р.Н. Проблемы расширения производства полимерных материалов в России / Р.Н. Гимаев, Р.И. Аблеев. // *КАБЕЛЬ-news* – 2009. – № 5 – С.87–96.

52. Леонид Дубов. Производство пластиков: стратегия развития / Леонид Дубов, Сергей Ягудин // «Пластикс». – №3 – 2008 – С.19–22.
53. Стефан Фоккен. Кальций вместо свинца / Стефан Фоккен // «Пластикс» -№12 – 2007 - С.27-31.
54. Обзор российского рынка полимеров за 2005 – 2010 гг / MRResearch Исследование рынка. –2012. – 120 с.
55. Перспективы развития производства и потребления строительных полимеров в России / Полимеры в строительстве. 2011. URL: <http://www.polybuild.ru/domestic.shtml> (дата обращения_08.03.2013)
56. Доклад Федеральной службы государственной статистики «О социально-экономическом положении в стране» / сайт Федеральной службы государственной статистики, 2012 URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140086922125 (дата обращения_08.03.2013)
57. В России в 2012 году построено 65,2 миллиона кв. м жилплощади http://rosstroy.info/index.php?option=com_content&task=view&id=236&Itemid=42
58. В РФ возросли темпы роста строительства жилья / Строительство в Иркутске и Иркутской области. Региональный портал. 2012. URL: http://www.stroy38.ru/news/v_rf_vozrosli_tempy_rosta_stroitelstva_zhilja/2012-03-22-297 - (дата обращения_08.03.2013)
59. Обзор рынка строительных материалов / RWAY.Ru Информационно-аналитический портал о недвижимости 2007. URL: <http://www.rway.ru/publication/publication71-2092.aspx>. (дата обращения 08.03.2013) Костюкова Е.О. Промышленные отходы – сырье для строительных материалов будущего: Иркутский регион / Е.О. Костюкова, В.В. Барахтенко, Е.В. Зелинская, Ф.А. Шутов // Экология урбанизированных территорий. – М.: 2009. – № 4.– 12с.
60. Новые конструкционно-теплоизоляционные материалы на основе скопа-отхода целлюлозно-бумажной промышленности: автореферат дис. ...

кандидата технических наук: 05.23.05 / Козлов Игорь Алексеевич; [Место защиты: Юж.-Ур. гос. ун-т], Челябинск, 2008. – С. 22.

61. Терешин В. Н. Строительные материалы с использованием известковых отходов сахарного производства: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.05. Новосибирск, 2004. – С. 24.

62. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году». – Иркутск: ООО Форвард, 2011.– 400с.

63. Симонов-Емельянов И.Д., Кулезнев В.Н. Принципы создания композиционных материалов. М.: МИТХТ. – 1986. – 86с.

64. Кац Г.С., Милевски Д.В. (ред.). Наполнители для полимерных композиционных материалов Справочное пособие: пер. с англ. - М. : Химия, 1981. – 736 с.

65. Трофимов Н.Н., Канович М.З. Основы создания полимерных композитов. М.: Наука, 1999. 540 С.

66. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. М.: Химия, 1977. – 287 с.

67. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров М.: Химия, 1980, — 304., ил.

68. А.А. Берлин, В.Е. Басин. Основы адгезии полимеров. «Химия». М.: 1974. 391с.

69. Физикохимия многокомпонентных полимерных систем / Под общ. ред. Ю.С.Липатова. Киев: Наук. Думка. – 1986. – 376 с.

70. СанПиН 2.6.1.2523 – 09 Санитарные правила и нормативы. Нормы радиационной безопасности НРБ –99/2009 – М.: Стандартинформ, 2010. – 70 с.

71. Юдович Я. Э. Состав и свойства золы / - Юдович Я. Э. М., 1985. – 246 с.

72. Пантелеев В.Г. Состав и свойства золы и шлака ТЭС / Пантелеев В.Г. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 288с.

73. ГОСТ 25818-91 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

74. Малышенко В. С. Совершенствование природоохранных работ в угольной промышленности: Обзор / В. С. Малышенко, Ю. В. Каплунов, А. П. Красавин, А. А. Харионовский— М.: ЦНИЭИ уголь. – 1992. – 126 с.
75. Залкинд И.Я. Зола и шлаки в котельных топках / Залкинд И.Я. – М.: Энергоатомиздат – 1988. – 80с.
76. Власова В.В. Разработка технологии комплексного извлечения полезных компонентов из золошлаковых отходов ТЭС Иркутской области: дисс. ... канд. тех. наук: 25.00.13 / Власова Вера Викторовна - Иркутск, 2005 – 182 с.
77. ООО «Компания «Востсибуголь» / Сайт ООО «Компания «Востсибуголь». 2008. URL: <http://www.kvsu.ru> (дата обращения_08.03.2013)
78. ГОСТ 25543-88 Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 17 с.
79. ГОСТ 10538-87 Топливо твердое. Методы определения химического состава золы параметрам – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 15 с.
80. Иркутскзолопродукт: паспорта на золу уноса и золошлаковую смесь (ЗШС) / Сайт компании «Иркутскзолопродукт» 2011. URL: <http://www.zolprod.irkutskenergo.ru/qa/1471.html> (дата обращения_08.03.2013)
81. Зелинская Е.В. К вопросу рециклинга золы уноса теплоэлектростанций / Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Головнина А.В.// Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. URL: www.science-education.ru/100-5017 (дата обращения: 25.10.2013).
82. Пантелеев В.Г. Золошлаковые материалы и золоотвалы / Пантелеев В.Г., Мелентьев В.А., Добкин Э.Л. и др.– М.: Энергия, 1978. –296с.
83. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ – М.: Стандартиформ, 2006. – 26с.

84. ТУ 2212-012-46696320-2008 Поливинилхлорид суспензионный (ПВХ).

85. Костюкова Е.О. Промышленные отходы – сырье для строительных материалов будущего: Иркутский регион / Е.О. Костюкова, В.В. Барахтенко, Е.В. Зелинская, Ф.А. Шутов // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – № 4. – С. 73 – 78.

86. Сутурина Е.О. Разработка технологии утилизации отходов ТЭС и полимеров для получения композитов на их основе дисс. ... канд. тех. наук: 03.02.08, 05.17.06 / Сутурина Е.О. – М., 2012. – 176с.

87. Костюкова Е.О., Вторичное использование промышленных отходов поливинилхлорида в качестве сырья для получения нового строительного материала в Иркутском регионе / Е.О. Костюкова, Е.В. Зелинская, В.В. Барахтенко [и др.]. // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2010. – № 2. – С. 30 – 36.

88. Утилизация золы уноса для производства пористых строительных материалов нового поколения / В.В. Барахтенко, Е.В. Зелинская, Е.О. Костюкова [и др.]. // Материалы III Международного научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование». Москва, 22-23 апреля 2010 г. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – С. 60 – 63. С 120 – 122 (англ. яз).

89. Экструзионный метод получения пористой искусственной древесины / В.В. Барахтенко, С.А. Пронин, А.Е. Бурдонов и др. // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств: материалы науч. практ. конф., посвящ. 80-летию ИрГТУ и хим.-металлург. ф-та.– Иркутск: Изд-во ИрГТУ - 2010. – С. 222–225.

90. Технология получения инновационного строительного материала – «Пористой Искусственной Древесиной» («Винизол») в Иркутском регионе /

Е.О. Костюкова, Е.В. Зелинская, В.В. Барахтенко, Ф.А. Шутов// Современные наукоемкие технологии. – 2010. - № 8 – С. 162 – 166.

91. Химические вспениватели / Сайт компании ФИТ групп. 2010. URL: http://www.fitgroup.ru/activities/raw_materials/chemicals/foamer_cellcom/cellcom_a_c_7001_f/ (дата обращения_08.03.2013).

92. Двухшнековый конический экструдер / Интегратор. 2009. URL: <http://www.integrator99.com/equipment/other/extruders/doubleextruders> (дата обращения 15.04.2013) .

93. Гроссман Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. / Под ред. Ф. Гроссмана. 2-е издание. Пер. с англ. под ред. В.В. Гузеева. – М.: Издательство: Научные основы и технологии – 2009. - 608 с.

94. ОАО «Саянскхимпласт» / Сайт компании ОАО «Саянскхимпласт». 2010. URL: http://www.sibvinyl.ru/products/pvh/ty_2008.aspx (дата обращения 07.04.2013)

95. Шерышев М.А. Производство профильных изделий из ПВХ / Шерышев М.А., Тихонов Н.Н.– М.: Научные основы и технологии.– 2012.–614с.

96. Технология смешивания композиций ПВХ / Портал «Доступно о полимерах». 2009. URL: <http://plastichelper.ru/ekstruziya/ekstruziya-pvx/79-technologie-smesheniya-kompozicij-pvx> (дата обращения 07.04.2013)

97. Шаповалов В.М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов / Шаповалов В.М. – Минск: Беларуская навука – 2010. – 454 с.

98. Берлин А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. – изд. перераб. / под ред. А.А. Берлина – СПб.: Профессия, 2009. – 560 с.

99. F. Shutov. Integral / Structural Polymer Foam, Springer Verlag // F. Shutov. – 1994 – P.86.

100. ГОСТ 22761-77 Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.

101. Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / Марковец М.П. - М.: Машиностроение, – 1979. – 191 с.

102. В. Крыжановский. Производство изделий из полимерных материалов / В. Крыжановский, М. Кербер, В. Бурлов, А. Паниматченко – М.: Профессия, 2004. – 464 с.

103. Тороян Р.А. Композиционные материалы тепло- и звукоизоляционного назначения на основе некоторых вторичных полимеров: дис. ... кандидата технических наук: 02.00.06 / Тороян Рубен Альбертович. - Нальчик, 2008. – 172 с.

104. Костюкова Е.О. Вторичное использование промышленных отходов поливинилхлорида в качестве сырья для получения нового строительного материала в Иркутском регионе / Костюкова Е.О., Зелинская Е.В., Барахтенко В.В, Бурдонов А.Е., Малевская Н.А., Шутов Ф.А. // Промышленное производство и использование эластомеров, 2010. – № 2. – С. 30 – 36

105. Динамический механический анализ (ДМА) / Сайт компании Instron. 2012./ URL: <http://www.instron.ru/wa/glossary/DMA-Dynamic-Mechanical-Analysis-.aspx> (дата обращения 07.04.2013)

106. В. Крыжановский. Технические свойства полимерных материалов / В. Крыжановский, В. Бурлов, А. Паниматченко, Ю. Крыжановская – М.: Профессия, 2005. – 248 с.

107. М. Кербер. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии / М. Кербер, В. Виноградов, Геннадий Головкин, Ю. Горбаткина, В. Крыжановский – М: Профессия, 2009. – 566 с.

108. Протокол испытаний № 258 от 26.03.2010 на Композиционный термопластичный материал на основе поливинилхлорида и золы . – Калужская область, г. Обнинск, 2010. – 16 с.

109. Отчет об испытаниях № 693/РД для подтверждения соответствия продукции требованиям пожарной безопасности в форме декларирования. НИЛ ПВБ ООО «НПО ПОЖЦЕНТР». – М., 2010. – 9 с.

110. Отчет об испытаниях № 405-2010 об испытаниях на пожарную опасность. НИЛ ПВБ ООО «НПО ПОЖЦЕНТР». – М., 2010. – 7 с.

111. Обзор «Рынок древесно-полимерного декинга в России 2010». / Черноголовка: Центр инвестиционно-промышленного анализа и прогноза, 2011 - 131 с.

112. Мода на ДПК. Третья Международная Конференция «Древесно-Полимерные Композиты». (дата обращения 25.12.2013) <http://www.creonenergy.ru/consulting/detailConf.php?ID=104775> .

113. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р "О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года", 2008. – 7с.

114. Закон Иркутской области «Программа социально-экономического развития Иркутской области на 2011 - 2015 гг.» от 31.12.2010 года N 143-ОЗ Принят постановлением Законодательного Собрания Иркутской области от 15.12.2010 года N 28/18-3 С.

115. Новые конструкционно-теплоизоляционные материалы на основе скопа-отхода целлюлозно-бумажной промышленности: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.05 / Козлов Игорь Алексеевич; [Место защиты: Юж.-Ур. гос. ун-т], Челябинск, 2008. – С. 3.

116. Материалы 4 Байкальского Экономического Форума в г. Иркутск 19-21 сентября 2006 г. «О практической реализации приоритетного Национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», федеральной целевой программы «Жилище» на 2002-2010 годы», 2007 - 325 с.

117. Протокол испытаний № 32/12 от 14.12.2012 «Заключение по испытаниям изделий из полимерно-композиционного материала» лаборатории

Научно-исследовательского центра «Древесно-полимерные композиты», 2012.
– 6с.

118. Петроченков Р.Г. Композиты на минеральных заполнителях: Учебное пособие для вузов: В 2 т. Т. 1. Механика строительных композитов / Петроченков Р.Г. – М.: Издательство Московского государственного горного университета 2005. - 328 с.

119. Михайлова И. Современные строительные материалы и товары. Справочник / И. Михайлова, В. Васильев, К. Миронов - М.: Эксмо 2007 - 576 с.

120. Микульский В.Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) / Микульский В.Г. и др. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с.

121. Малбиев С. Полимеры в строительстве / Малбиев С., Горшков В., Разговоров П. – М.: Высшая школа, 2008. - 456 с.

122. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / Михайлин Ю.А. — СПб.: Профессия, 2006.— 624 с.

123. Аверко-Антонович И. Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров: Учебное пособие / И. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмуллин - Казань, 2002. – 604 с.

124. Кулезнев В.Н. Смеси и сплавы полимеров / Кулезнев В.Н. – М.: Научные основы и технологии, 2013. – 216 с.

125. Кербер М.Л. Физические и химические процессы при переработке полимеров / Кербер М.Л., Буканов А.М., Вольфсон С.И., Горбунова И.Ю., Кандырин Л.Б., Сирота А.Г., Шерышев М.А. – М.: Научные основы и технологии, 2013. –320 с.

126. Гузеев В.В. Структура и свойства наполненного поливинилхлорида (ПВХ) / Гузеев В.В. – М.: Научные основы и технологии, 2012 – 284 с.

127. Д. Пол. Полимерные смеси: Рецептуры и свойства / Д. Пол, К. Бакнелл – М.: Научные основы и технологии, 2009. – 1200 с.

128. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы / Берлин А.А. // Соросовский Образовательный Журнал. – 1995 – №1 – С. 57-65.

129. М.Дж. Гордон Управление качеством литья под давлением / М.Дж. Гордон, мл. Бакнелл – М.: Научные основы и технологии, 2012. - 823 с.

130. Староверов, В.Д. Зола ТЭС в цементах и бетонах / В.Д. Староверов // Научно-исследовательская работа студентов, аспирантов и молодых ученых СПбГАСУ: сб. научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых победителей конкурсов 2010 г. Вып. 6. – СПб.: СПбГАСУ, 2011. – С. 37–47.

131. Назиров Р.А. Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций / Назиров Р.А., Шилов Ю.С. и др. - Красноярск: СФУ, 2007. - 208 с.

132. А. Николаев. Технология полимерных материалов / А. Николаев, В. Крыжановский, В. Бурлов, Ю. Крыжановская – М.: Профессия, 2008. - 544с.

133. О. Шварц. Переработка пластмасс / О. Шварц, Ф.-В. Эбелинг, Б. Фурт – М.: Профессия, 2008. - 320 с.

134. Мюллер А. Окрашивание полимерных материалов / Мюллер А., перевод С. Бронников– М.: Профессия, 2006. – 280 с.

135. Буравчук Н.И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов Учебное пособие / Буравчук Н.И. — Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009. — 224 с.

136. Жарменов А.А. Отходы: пути минимизации и предотвращения. Сборник докладов/ Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК, Алматы—2002. – 132 с.

137. Зырянов В.В. Зола уноса - техногенное сырье / Зырянов В.В., Зырянов Д.В. – М: «ООО ИНЦ «Маска», 2009. – 320 с.

138. Пухаренко Ю.В. Нанокomпозиционное материаловедение / Ю.В. Пухаренко, М.Д. Бальмаков // Вестник гражданских инженеров – 2005 – № 3. – С. 53-57.

139. Тихонов Ю.М. О влиянии компонентов смесей на гипсовом вяжущем на их огнестойкость / Ю.М. Тихонов, М.Ю. Гугучкина, В.М. Стожаров // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 4 (39). С. 162-167.

Приложения

Приложение А Химический состав золы и удельная активность ЕРН

ПРОТОКОЛ № _____
 результатов испытания
 на _____ 1 _____ листе(ах)

Метод испытания: (1.80) ИСАМ №246-С

Спектрограмма: № 38 от " " _____ 2009г.

№ п.п.	Опред. элемент	Содержание, размерность	Предел обнаруж.	№ 38 от " " _____ 2009г.				Номера проб
				1	2	3	4	
1	Si	%	0,0001	30	30	30	30	
2	Al	%	0,0001	6	6	8	8	
3	Mg	%	0,0001	1	2	1,5	1,5	
4	Ca	%	0,01	0,8	5	2	3	
5	Fe	%	0,0003	5	8	8	8	
6	Na	%	0,01	2	1	0,5	0,5	
7	K	%	0,5	-	-	-	-	
8	Mn	n.10 ⁻³ %	0,5	20	50	20	20	
9	Ni	n.10 ⁻³ %	0,1	3	8	10	10	
10	Co	n.10 ⁻³ %	0,1	0,8	4	4	4	
11	Ti	10 ⁻³ %	1	200	200	150	200	
12	V	n.10 ⁻³ %	1	8	8	8	8	
13	Cr	n.10 ⁻³ %	1	6	6	8	8	
14	W	n.10 ⁻³ %	0,5	-	-	0,5	0,5	
15	Mo	n.10 ⁻³ %	1	0,4	0,8	1	1	
16	Zr	n.10 ⁻³ %	1	10	10	10	15	
17	Hf	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-	
18	Nb	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-	
19	Cu	n.10 ⁻³ %	0,1	5	5	6	6	
20	Pb	n.10 ⁻³ %	0,3	10	4	400	4	
21	Sb	n.10 ⁻³ %	2	-	-	-	-	
22	As	n.10 ⁻³ %	10	-	-	-	-	
23	Ge	n.10 ⁻³ %	0,1	0,5	0,3	1	1,5	
24	Bi	n.10 ⁻³ %	0,1	-	-	-	-	
25	Cd	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-	
26	Ag	n.10 ⁻⁶ %	2	20	10	50	15	
27	Zn	n.10 ⁻³ %	3	6	8	15	10	
28	Sn	n.10 ⁻³ %	0,1	1	0,5	1	1	
29	Be	n.10 ⁻³ %	0,1	0,4	0,3	0,6	0,4	
30	Sc	n.10 ⁻³ %	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	
31	Ga	n.10 ⁻³ %	1	2	2	2	2	
32	Ce	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-	
33	La	n.10 ⁻³ %	3	4	4	5	5	
34	Y	n.10 ⁻³ %	1	3	3	4	5	
35	Yb	n.10 ⁻³ %	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5	
36	P	n.10 ⁻² %	3	3%	3%	5	5	
37	U	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-	
38	Th	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-	
39	Ba	n.10 ⁻² %	0,2	-	2	1	1	
40	Sr	n.10 ⁻² %	0,5	4	40	5	5	
41	Li	n.10 ⁻³ %	1	10	8	15	10	
42	B	n.10 ⁻² %	1	1%	20	10	10	
43								
44								

Отбор проб проведен клиентом.
 Элементы Ta, Pt, Au, Te, Ti, Hg, In, Co не обнаружены.
 Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения ЦАЛ не допускается.

Начальник ЦАЛ

М.С. Малюгин * Исполнитель

М.С. Малюгин



Клиент ИрГТУ
 Адрес Клиента г. Иркутск, Лермонтова, 83

Центральная аналитическая лаборатория
 БФ "Сосновгеология"
 Аттестат аккредитации Федерального агентства
 по техническому регулированию и метрологии
 России номер РОСС RU.0001.511544
действителен до 18 октября 2012 года
 664039, г. Иркутск, ул. Гоголя, д.53

ПРОТОКОЛ № _____
 результатов испытания
 на _____1_____ листе(ах)

Метод испытания: (1.80) НСАМ №246-С

Спектрограмма: № 38 от " " _____ 2009г.

№ п.п.	Опред. элемент	Содержание, размерность	Предел обнаруж.	Номера проб			
				779	780	781	782
1	Si	%	0,0001	30	30	15	20
2	Al	%	0,0001	8	8	5	6
3	Mg	%	0,0001	1	1	4	2
4	Ca	%	0,01	1,5	5	15	10
5	Fe	%	0,0003	4	5	15	8
6	Na	%	0,01	1,5	0,2	1	0,4
7	K	%	0,5	2	-	1	1
8	Mn	n.10 ⁻³ %	0,5	20	40	40	20
9	Ni	n.10 ⁻³ %	0,1	10	10	10	8
10	Co	n.10 ⁻³ %	0,1	5	4	4	2
11	Ti	%	1	200	200	150	30
12	V	n.10 ⁻³ %	1	10	8	4	3
13	Cr	n.10 ⁻³ %	1	10	8	5	8
14	W	n.10 ⁻³ %	0,5	0,5	-	-	-
15	Mo	n.10 ⁻³ %	1	0,8	1	1	0,8
16	Zr	n.10 ⁻³ %	1	15	20	20	10
17	Hf	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-
18	Nb	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-
19	Cu	n.10 ⁻³ %	0,1	6	5	10	10
20	Pb	n.10 ⁻³ %	0,3	3	3	3	2
21	Sb	n.10 ⁻³ %	2	-	-	-	-
22	As	n.10 ⁻³ %	10	-	-	-	-
23	Ge	n.10 ⁻³ %	0,1	0,6	1	0,6	0,8
24	Bi	n.10 ⁻³ %	0,1	-	-	-	-
25	Cd	n.10 ⁻³ %	1	-	-	-	-
26	Ag	n.10 ⁻⁶ %	2	20	10	40	10
27	Zn	n.10 ⁻³ %	3	30	10	15	15
28	Sn	n.10 ⁻³ %	0,1	0,5	0,3	0,3	0,4
29	Be	n.10 ⁻³ %	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2
30	Sc	n.10 ⁻³ %	0,3	0,6	0,6	-	0,5
31	Ga	n.10 ⁻³ %	1	2	2	1	1
32	Ce	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-
33	La	n.10 ⁻³ %	3	4	4	-	-
34	Y	n.10 ⁻³ %	1	3	3	1,5	2
35	Yb	n.10 ⁻³ %	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2
36	P	n.10 ⁻² %	3	-	-	5	5
37	U	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-
38	Th	n.10 ⁻² %	1	-	-	-	-
39	Ba	n.10 ⁻² %	0,2	3	2	8	5
40	Sr	n.10 ⁻² %	0,5	5	4	1%	60
41	Li	n.10 ⁻³ %	1	3	3	3	3
42	B	n.10 ⁻² %	1	10	10	30	20
43							
44							

Отбор проб проведен клиентом.

Элементы Ta, Pt, Au, Te, Tl, Ho, In, Gd, не обнаружены.

Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения ЦАЛ не допускается.

Начальник ЦАЛ

М.С. Малюгин

Исполнитель

Начальник ЛЭСА

М.С. Малюгин



Заказчик :

Заявка № от " " 2011 г.

Заказ ЦАЛ № от " " 2011 г.

Исх. № от " " 2012 г.

Центральная аналитическая
лаборатория
БСП Сосновгеология
Аттестат аккредитации
Госстандарта России
№ РОСС RU.0001.511544
Действителен до 18.10.2012г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №
по определению удельной эффективной активности ЕРН
(ГОСТ 30108-94)

Объект исследования: ТЭЦ-6

Предприятие изготовитель:

Количество и расположение контрольных точек:

Акт отбора проб от

Метод измерений: Гамма- спектрометрический

Тип прибора: Низкофоновая гамма-спектрометрическая установка на базе "Гамма-плюс" № 030.
Блок детектирования -сцинтиблок на основе кристалла NaJ (TI) № 03551
размером 195*199 мм с колодцем d75*100 мм

Объем аналитической навески: 250 мл

Дата проведения измерений:

Номер навески	Удельная активность Бк/кг			Эффективная удельная активность (Аэфф.м) Бк/кг	Погрешность определения эффек. Удел. Активности Бк/кг
	²²⁶ РА	²³² Th	⁴⁰ К		
1	49	31	62		
2	49	30	59		
3	45	27	72		
4	43	32	56		
5	47	29	57		
Среднее:	47	30	61	97	6
Абсолютные погрешности определения					
а) удельной активности	4	3	11		
б) эффективной удельной активности:	4	4	1		
Предел обнаружения удельной активности	6	3	30		
Заключение о классе материала:			Материал 1 (первого) класса		

Начальник ЦАЛ

Начальник ЯФЛ

Исполнитель



Малюгин М.С.

Малюгин В.М.

Малюгин В.М.

Заказчик :

Заявка № от " " 2011 г.

Заказ ЦАЛ № от " " 2011 г.

Исх. № от " " 2012 г.

Центральная аналитическая
лаборатория
БСП Сосновгеология
Аттестат аккредитации
Госстандарта России
№ РОСС RU.0001.511544
Действителен до 18.10.2012г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №
по определению удельной эффективной активности ЕРН
(ГОСТ 30108-94)

Объект исследования: ТЭЦ-7

Предприятие изготовитель:

Количество и расположение контрольных точек:

Акт отбора проб от

Метод измерений: Гамма-спектрометрический

Тип прибора: Низкофоновая гамма-спектрометрическая установка на базе "Гамма-плюс" № 030.
Блок детектирования -сцинтиблок на основе кристалла NaJ (TI) № 03551
размером 195*199 мм с колодцем d75*100 мм

Объем аналитической навески: 250 мл

Дата проведения измерений:

Номер навески	Удельная активность Бк/кг			Эффективная удельная активность (Аэфф.м) Бк/кг	Погрешность определения эффек. Удел. Активности Бк/кг
	²²⁶ РА	²³² Th	⁴⁰ K		
1	86	45	187		
2	89	45	171		
3	92	40	172		
4	88	45	170		
5	88	44	178		
Среднее:	89	44	176	168	6
Абсолютные погрешности определения					
а) удельной активности	4	4	12		
б) эффективной удельной активности:	4	5	1		
Предел обнаружения удельной активности	6	3	30		
Заключение о классе материала:				Материал 1 (первого) класса	

Начальник ЦАЛ

Начальник ЯФЛ

Исполнитель



Малюгин М.С.

Малюгин В.М.

Малюгин В.М.

Заказчик :

Заявка № от " " 2011 г.

Заказ ЦАЛ № от " " 2011 г.

Исх. № от " " 2012 г.

Центральная аналитическая
лаборатория
БСП Сосновгеология
Аттестат аккредитации
Госстандарта России
№ РОСС RU.0001.511544
Действителен до 18.10.2012г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №
по определению удельной эффективной активности ЕРН
(ГОСТ 30108-94)

Объект исследования: ТЭЦ Новосибирск

Предприятие изготовитель:

Количество и расположение контрольных точек:

Акт отбора проб от

Метод измерений: Гамма- спектрометрический

Тип прибора: Низкофоновая гамма-спектрометрическая установка на базе "Гамма-плюс" № 030.

Блок детектирования -сцинтиблок на основе кристалла NaJ (Tl) № 03551

размером 195*199 мм с колодцем d75*100 мм

Объем аналитической навески: 250 мл

Дата проведения измерений:

Номер навески	Удельная активность Бк/кг			Эффективная удельная активность (Аэфф.м) Бк/кг	Погрешность определения эффек. Удел. Активности Бк/кг
	²²⁶ RA	²³² Th	⁴⁰ K		
1	88	71	621		
2	97	72	588		
3	90	72	592		
4	92	66	634		
5	87	75	626		
Среднее:	91	71	612	250	11
Абсолютные погрешности определения					
а) удельной активности	7	6	35		
б) эффективной удельной активности:	7	7	3		
Предел обнаружения удельной активности	6	3	30		
Заключение о классе материала:				Материал 1 (первого) класса	

Начальник ЦАЛ

Начальник ЯФЛ

Исполнитель



Малюгин М.С.

Малюгин В.М.

Малюгин В.М.

Заказчик :

Центральная аналитическая лаборатория
БСП Сосновгеология
Аттестат аккредитации
Госстандарта России
№ РОСС RU.0001.511544
Действителен до 18.10.2012г.

Заявка № от " " 2011 г.

Заказ ЦАЛ № от " " 2011 г.

Исх. № от " " 2012 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №
по определению удельной эффективной активности ЕРН
(ГОСТ 30108-94)

Объект исследования: ТЭЦ Усть Илимск

Предприятие изготовитель:

Количество и расположение контрольных точек:

Акт отбора проб от

Метод измерений: Гамма-спектрометрический

Тип прибора: Низкофоновая гамма-спектрометрическая установка на базе "Гамма-плюс" № 030.
Блок детектирования -сцинтиблок на основе кристалла NaJ (TI) № 03551
размером 195*199 мм с колодцем d75*100 мм

Объем аналитической навески: 250 мл

Дата проведения измерений:

Номер навески	Удельная активность Бк/кг			Эффективная удельная активность (Аэфф.м) Бк/кг	Погрешность определения эффек. Удел. Активности Бк/кг
	²²⁶ RA	²³² Th	⁴⁰ K		
1	139	61	171		
2	141	68	159		
3	148	69	137		
4	137	66	172		
5	142	69	147		
Среднее:	141	67	157	253	10
Абсолютные погрешности определения					
а) удельной активности	7	5	26		
б) эффективной удельной активности:	7	7	2		
Предел обнаружения удельной активности	6	3	30		
Заключение о классе материала:			Материал 1 (первого) класса		

Начальник ЦАЛ

Начальник ЯФЛ

Исполнитель



Малюгин М.С.

Малюгин В.М.

Малюгин В.М.



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
(РОСНЕДРА)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«УРАНГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»



БАЙКАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ «СОСНОВГЕОЛОГИЯ»

Центральная аналитическая испытательная лаборатория (ЦАЛ)

Аттестат аккредитации Федерального агентства по техническому регулированию
и метрологии России № РОСС RU.0001.511544 (действителен до 18.10.2012 г.)

664039 г. Иркутск, ул. Гоголя, 53
ЦАЛ БФ «Сосновгеология» ФГУП «Урангео» МПР и Э РФ
Телефон 8 (3952) 38-77-17 Начальник ЦАЛ
38-72-37 бухгалтерия БФ «Сосновгеология»
Факс: 8 (3952) 38-77-17
E-mail: sosna@irk.ru
malugin@irk.ru

Страница 1

ПРОТОКОЛ № 2012 г.
РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ
на 2 странице(ах)

Заказчик	НИ ИрГТУ	
Адрес заказчика	664074 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83	
Заявка заказчика	б/н	от
Заказ ЦАЛ	№	от
Количество проб	по описи	1
	фактически	1
Исходящий номер	№	от
Объект испытания	Почва	
Отбор образцов	осуществлялся заказчиком	
Идентификация объекта испытаний	Порошковая проба Находится в пластиковом ведре	
Определяемый компонент	U(Ra), Th, K, Cs	
Единица измерения	уд. активность в бк/кг, масс. доля в %	
Метод испытания	Гамма-спектрометрический	
Методика испытания	(1.118) НСАМ №412-ЯФ, Методика предприятия. Гамма-спектрометрическое определение удельной активности цезия-137 в пробах почвы, воды, биомассе, продуктах их разложения и переработки.	
Навеска, мг	250	
Аппаратура	Низкофоновая гамма-спектрометрическая установка №1. Блок детектирования – сцинтиблок на основе кристалла NaJ (Tl) №03551 размером 195*199 мм с колодцем d 75*100 мм. Усилитель – БУИ-3К№1218. Анализатор – «Гамма-плюс» (трехходовая плата "ПАРСЕК" с IBM PC 80486 DX2).	
Дата проведения испытаний	15.10.2012 г.	

№ № п/п	Номер пробы	Мас- са про- бы г	Удельная активность				Массовая доля		
			Ra226	Th232	K40	Cs137	Ra в ед. эквив. U	Th	K
			Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	$1 \cdot 10^{-5}\%$	$1 \cdot 10^{-5}\%$	%
1	проба №4	211	175	138	239	<4	141	338	0,78
Предел обнаружения			6	3	30	4	5	7	0,12

Примечания:

1. Результаты приведены на воздушно-сухую навеску.
2. Погрешность определения соответствует нормам погрешности при определении по III категории точности.
3. Испытания выполнены без накопления радона.

Начальник ЦАЛ



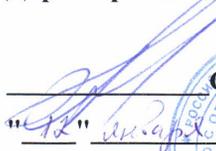
М.С. Малюгин

Протокол касается только образцов, подвергнутых испытанию.
Копия протокола недействительна

Приложение Б Акт испытаний Винпласт

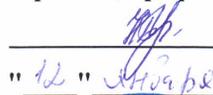
УТВЕРЖДАЮ

Директор ЗАО «ВИНПЛАСТ»


С.В.Тренев
"12" января 2010 г.


УТВЕРЖДАЮ

Проректор ИрГТУ по учебной
работе, профессор


Н.А.Буглов
"12" января 2010 г.

АКТ

укрупненных испытаний технологической схемы производства пористой искусственной древесины на основе полимерного связующего и золы уноса от теплоэлектростанций Иркутской области

В период с 3 по 14 декабря 2009 г. сотрудниками кафедры Обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии Иркутского Государственного технического университета (ИрГТУ) и ЗАО «Винпласт» проведены технологические испытания схемы производства пористой искусственной древесины на основе полимерного связующего и наполнителя – золы уноса ТЭС, разработанной в ГОУ ВПО «ИрГТУ». Испытания проводились на пробах золы ТЭЦ-6, ТЭЦ-7, Усть-Илимской ТЭЦ Иркутской области. В качестве связующего были взяты отходы поливинилхлорида. При проведении испытаний. опробован технологический процесс производства ПИД, включающий составление рецептуры на основе поливинилхлорида, тщательное смешивание полимерной композиции с золой уноса, оптимизацию работы экструзионной линии, подбор необходимых параметров экструдера: нагрев по технологическим зонам, давление в цилиндре, скорость вращения шнека.

Получены образцы с применением экструзионной технологии, содержащие различное количество наполнителя:

- непористые образцы: ненаполненный ПВХ (холостой ход) и 15%, 30%, 45% золы уноса;

- пористые образцы с добавлением вспенивающего агента: 15%, 30 % и 40% золы уноса.

Установлено, что с увеличением содержания золы эластичность и хрупкость вспененных образцов увеличивается, невспененных - уменьшается. Установлено увеличение эластичности, прочности и однородности текстуры вспененных образцов,

как с увеличением содержания золы, так и по сравнению с непористыми образцами. Вспененные образцы имеют более низкую плотность как по сравнению с невспененными образцами, так и по сравнению с ненаполненным материалом (ПВХ без наполнителя золы уноса).

В целом, все виды наполненных образцов оказались прочными, однородными, имели хорошую форму профиля фильеры.

В результате проведенных исследований установлено, что возможно получение образцов с наполненностью ПВХ золой уноса ТЭЦ до 40% .

Режимные параметры испытаний приведены в Приложении к настоящему акту.

В результате испытаний разработан Технологический регламент производства нового композиционного материала - пористой искусственной древесины из отходов ПВХ и золы уноса ТЭС.

Приложения:

1. Режимные параметры технологического процесса
2. Технологический регламент производства композиционного материала

Исполнители:

От ГОУ ВПО «ИрГТУ»

Зелинская Е.В.,
профессор кафедры Обогащения
полезных ископаемых и инженерной
экологии



Костюкова Е.О., аспирант кафедры
Обогащения полезных ископаемых и
инженерной экологии



Барахтенко В.В., аспирант кафедры
Обогащения полезных ископаемых и
инженерной экологии



Бурдонов А.В., лаборант НИУ ИрГТУ



Пронин С.А., лаборант НИУ ИрГТУ



Приложение В Акт внедрения Озон_Экостройинновации

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор

ООО «ЭКОСТРОЙИННОВАЦИИ»



Н.А. Толмачева

2013 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ИрГТУ по учебной
работе, профессор



Н.А.Буглов

2013 г.

**ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ
ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И ЗОЛЫ УНОСА ОТ
ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

В 2012 году сотрудниками ИрГТУ и ООО «Экостройинновации» внедрена в промышленное производство технологическая схема получения террасной доски из полимерно-минерального композиционного материала на основе полимерного связующего (поливинилхлорида и отходов поливинилхлорида) и золы уноса от теплоэлектростанций Иркутской области, разработанного в ФГБОУ ВПО ИрГТУ. Внедрение проводилось с использованием золы уноса ТЭЦ-9 ОАО «Иркутскэнерго». При проведении испытаний:

Внедрен технологический процесс производства полимерно-минеральной композиции, включающий составление рецептуры на основе поливинилхлорида, тщательное смешивание полимерной композиции с золой уноса, оптимизацию работы экструзионной линии, подбор необходимых параметров экструдера: нагрев по технологическим зонам, давление в цилиндре, скорость вращения шнека.

Получены образцы с применением экструзионной технологии, содержащие различное количество наполнителя:

- непористые образцы: ненаполненный ПВХ (холостой ход) и 15%, 30%, 45% золы уноса;

- пористые образцы с добавлением вспенивающего агента: 15%, 30 % и 40% золы уноса.

Установлено, что с увеличением содержания золы эластичность и хрупкость вспененных образцов увеличивается, невспененных - уменьшается. Установлено увеличение эластичности, прочности и однородности текстуры вспененных образцов, как с увеличением содержания золы, так и по сравнению с непористыми образцами. Вспененные образцы имеют более низкую плотность как по сравнению с невспененными образцами, так и по сравнению с ненаполненным материалом (ПВХ без наполнителя золы уноса).

В целом, все виды наполненных образцов оказались прочными, однородными, имели хорошую форму профиля фильеры.

В результате проведенных исследований установлено, что возможно получение образцов с наполненностью ПВХ золой уноса ТЭЦ до 60% .

В результате испытаний разработан Технологический регламент производства нового композиционного материала из отходов ПВХ и золы уноса ТЭС.

Приложение:

1. Технологический регламент производства композиционного материала

Исполнители:

От ФГБОУ ВПО «ИрГТУ»

Зелинская Е.В., профессор кафедры ОПИ и ИЭ

Сутурина Е.О., м.н.с. НИЧ

Барахтенко В.В., аспирант кафедры Обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии

Бурдонов А.В., аспирант кафедры Обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии

Пронин С.А., лаборант НИЧ

Утверждаю
директор ООО «OZON»



Козюра К.Н.

«15 октября 2012г.»

Утверждаю
проректор ИрГТУ
по научной работе, профессор



Пешков В.В.

«15 октября 2012г.»

АКТ

внедрения разработанной технологии
производства композиционных материалов на основе отходов
ТЭС Иркутской области и полимеров

В сентябре 2012 года на ООО «OZON» совместно с ГОУ ВПО ИрГТУ и ООО «ЭкоСтройИнновации» на промышленной установке производительностью 100 – 120 кг/ч., включающей *экструзионную линию* для производства профилей из композиционного материала с электронной системой контроля на каждом этапе работы, мощностью 380В/3 фазы/50Гц с рабочим напряжением 380В, контрольным напряжением 220В, эффективным рабочим давлением воздуха 0.4-0.6МПа, эффективным рабочим давлением воды 0.2-0.4МПа, температурой воды 10-25°С, состоящей из:

- автоматического загрузочного устройства,
- вакуумного калибрационного стола,
- тянущего устройства,
- режущего устройства,
- приемо-укладочного устройства,

а также с применением дополнительного оборудования:
высокоскоростного миксера (смесителя) для приготовления компаунда ;

чиллера для охлаждения воды; компрессора, ножевой роторной дробилки (производитель основного оборудования – Китай, г. Шеньян, Шеньянская машиностроительная компания «JWELL»

произведен выпуск опытных партий террасной доски размерами 155x35x4000 мм и лаги для ее укладки размером 70x40 мм по разработанной в ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет» технологии на основе композиции, включающей золу уноса ТЭЦ Иркутской области, полимерные отходы, в основном компонентом ПВХ СИ-67, защищенной в режиме коммерческой тайны (Ноу – хау) ГОУ ВПО ИрГТУ «Способ утилизации отходов с получением огнестойкого строительного материала и композиция для получения огнестойкого строительного материала»

В результате проведения испытаний получены опытные партии террасной доски и лаги, содержащие до 40 % золы уноса и 50% ПВХ.

От ГОУ ВПО «ИрГТУ»

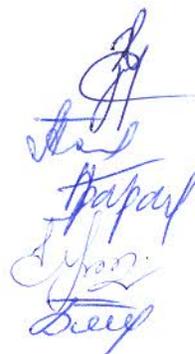
Профессор

Науч. сотрудник

Аспирант

Аспирант

Аспирант



Е.В.Зелинская

Н.А.Толмачева

В.В.Барактенко

Е.О.Сутурина

А.Е.Бурдонов

Приложение к акту внедрения
ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОЙ
КОМПОЗИЦИИ

1. Общие положения

1.1 Настоящим технологическим регламентом следует руководствоваться при производстве полимерно-минеральной композиции, изготавливаемой методом экструзии.

1.2 Полимерно-минеральная композиция предназначена для внутренней отделки помещений: полы, плинтуса, потолки, двери, внутренние оконные и дверные рамы, внутренняя обивка стен; отделки мебели полки, шкафы, мебель, шпон; внешней отделки помещения: наружные стены и обшивка домов, садовая мебель и дорожки, патио, наружные оконные и дверные рамы, заборы, шифер для крыш; для производства наружных изделий: железнодорожные шпалы, морские пирсы, тротуары, палубы кораблей и т.д.

1.3 Полимерно-минеральная композиция должна изготавливаться из отходов полимерного материала (поливинилхлорида) и наполнителя - золы уноса теплоэлектростанций и соответствовать требованиям, предъявляемым к строительным материалам. В том числе требованиям радиационной безопасности по СП 2.6.1.798-99, ГОСТ 30108-94 и НРБ-99.

1.4 Основные виды сырья приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. - Химический состав золы уноса ТЭЦ – 7 и Усть-Илимской ТЭЦ (У-И ТЭЦ)

Содержание элементов в расчете на оксиды	Нормативный документ на метод испытания	ТЭЦ – 7	У-И ТЭЦ
		величина, %	величина, %
Потеря массы при про-каливании (п.п.п.)	ГОСТ 11022-95	Не более 5	Не более 5
SiO ₂	ГОСТ 10538-87	45.1-52.7	48.22-54.10
TiO ₂	ГОСТ 10538-87	0.3-0.4	0.91-1.00
Al ₂ O ₃	ГОСТ 10538-87	6.5-11.4	22.53-20.90
Fe ₂ O ₃	ГОСТ 10538-87	17.2-9.0	8.19-6.60
CaO	ГОСТ 10538-87	24.5-12.5	10.09-10.00
MgO	ГОСТ 10538-87	5.2-7.2	3.03-2.80
K ₂ O	Методика № 30-07	0.2-0.1	0.73-0.90
Na ₂ O	СО 34.37.528-94	0.5-0.4	0.83-0.30
SO ₃	ГОСТ 10538-87	3.40-0.56	3.8-1.10
CaO _{св}	ГОСТ 23227-78	Не более 10	нет

Таблица 2. - Технические характеристики отходов производства полимерных материалов
(основное вещество - поливинилхлорид суспензионный марки СИ-67)

№/№	Наименование показателей	Единицы измерения	Марка	Метод испытаний
			СИ-67	
1	1. Внешний вид: количество загрязнений и посторонних веществ,	Шт	6 не более	ГОСТ 25138 ISO 1265
2	Значение "К" (константа Фикентчера)	-	66,5±1	ГОСТ 14040 ISO 1265 DIN EN ISO 1628-2
3	Насыпная плотность	г/см ³	0,56±0,05	ГОСТ 11035.1 DIN EN ISO 60
4	Остаток после просева на сите с сеткой:			ГОСТ
	1) №0315	%	0,1 не более	14332 ISO 4610
	2) №0063	%	91 не более	DIN EN ISO 4610
5	Масса поглощения пластификатора, поливинилхлорида, не менее	г на 100 г	-	ГОСТ 25265 ISO 4608
6	Массовая доля влаги и летучих веществ	%	0,3 не более	ГОСТ 14043 ISO 1269 DIN 787 (2)
7	Сыпучесть	С	20 не более	ГОСТ 14332
8	Массовая доля винилхлорида	млн ⁻¹	5 не более	ГОСТ 25737 ISO 6401

№/№	Наименование показателей	Единицы измерения	Марка	Метод испытаний
			СИ-67	
9	Термостабильность пленки при 160°C, минб не менее	-	-	ГОСТ 14332

1.5 Зола, применяемая для производства полимерно-минеральной композиции, должна удовлетворять следующим требованиям:

- Используемая зола уноса должна иметь сертификат соответствия и санитарно-эпидемиологическое заключение
- Зола не должна содержать даже следовых количеств радиоактивности
- Зола должна иметь минимальное содержание серы (менее 0.1%) и углерода (менее 1%)
- Влажность золы не должна превышать 0,5%
- Оптимальный фракционный состав золы – 0,1-3 мк
- Вся используемая зола уноса должна быть продуктом сгорания угля из одного месторождения и по одной технологии сжигания и сбора.

1.6 Отходы полимеров, применяемые для производства полимерно-минеральной композиции, должны удовлетворять следующим требованиям:

- при производстве ПМК будут использованы производственные отходы ПВХ и ПЭ (некондиционное сырье и бракованные изделия);
- отходы ПВХ и ПЭ - изделий не должны содержать посторонних механических и химических примесей;
- отходы ПВХ и ПЭ - изделий должны быть размолоты до размера фракций 1-5 мм;
- для производства ПМК должны быть выбраны производственные отходы ПВХ и ПЭ - изделий каждый из одной партии, для того, чтобы они имели одинаковый химический состав, молекулярный вес и степень деструкции.

2 Материалы-добавки и требования к ним

2.1 В качестве стабилизатора следует применять стабилизатор **675 В** -двухосновой фосфит свинца, белого цвета, гранулированный. Технические характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3. - Технические характеристики стабилизатора двухосновного фосфита свинца 675 В.

Наименование показателей	Единицы измерения	Описание и значение
Цвет белый		белый
Содержание свинца,	%	83,0±1,0
Остаток после прокаливания,	%	98,0±1,0
Массовая доля влаги,	% (105°C)	1 max
Количество частиц более 32 мкм,	%	0,5 max
Насыпная плотность	г/л	900±10%

2.2 В качестве модификатора текучести следует применять **AKRDENIZ PRO 40** – акриловый. Представляет собой гранулы статистического сополимера полиметилметакрилата (ПММА) с полиакрилатом. Технические характеристики представлены в таблице 4.

Таблица 4. - Технические характеристики модификатора текучести AKRDENIZ PRO 40.

Наименование показателей	Требования ТУ	Результаты анализа
Внешний вид	Порошок	Порошок
Цвет	Белый	Белый
Массовая доля влаги, % (105 ⁰ С)	1,0 max.	1,0 max.
Насыпная плотность, (г/см ³)	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1

2.3. Вода для охлаждения должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732-79, предъявляемым в воде, используемой для промышленных нужд.

2.4 В качестве пластифицирующей добавки следует применять дибутилфталат — дибутиловый эфир фталевой кислоты – бесцветная маслянистая жидкость по ГОСТ 8728-88. Технические характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 5. - Технические характеристики пластификатора дибутилфталата (ДБФ)

Наименование показателей	Единицы измерения	Описание и значение
Химическая формула	-	C ₁₆ H ₂₂ O ₄
Внешний вид	-	Маслянистая жидкость
Цвет	-	Бесцветный
Молярная масса	г/моль	278.35
Физические свойства		
Плотность	г/см ³	1.05
Термические свойства		
Температура плавления	°C	-35
Температура кипения	°C	340

2.5 В качестве модификатор ударопрочности **следует применять** DMA 600 – акриловый модификатор, сополимер эфиров акриловой и метакриловой кислоты. порошок белого цвета. Технические характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6. - Технические характеристики модификатора ударопрочности ДМА₆₀₀

Наименование показателей	Единицы измерения	Описание и значение
Внешний вид	-	Порошок
Цвет	-	Белый
Массовая доля влаги	% (105 ⁰ C)	1,0 max.
Насыпная плотность	г/л	500 ± 10%
Насыпная плотность	г/см ³	0,4-0,6

2.6 В качестве вспенивающих веществ для получения ПМК **следует использовать** следующие органические химические газообразователи:

- 1) вспенивающий агент Cellcom AC 7001 F;
- 2) вспенивающий агент Unicell D 200 A.

Технические характеристики вспенивающих агентов указаны в таблицах 7-8.

Таблица 7. -Технические характеристики вспенивающего агента Cellcom AC 7001 F

Наименование характеристики	Описание и значение
Химический состав	Азодикарбонамид
Внешний вид	Светло-желтый порошок
Температура разложения	(°C) 201 ~ 205
Выделение газа (мл/г)	215 - 225 (@ STP)
	280 - 300 (in air)
Средний размер частиц	(микрон, By Coulter II) 6.1 ~ 7.2
	(микрон, By Coulter III)(5.0 ~ 6.5)
Влажность (%)	0.3 макс.
pH	6.5 ~ 7.5

Таблица 8. - Технические характеристики вспенивающего агента Unicell D 200 A

Наименование характеристики	Описание и значение
Химический состав	Азодикарбонамид
Внешний вид	Светло-желтый порошок
Температура разложения	Abt. 210°C 210 °C
Рекомендуемая дозировка	в зависимости от применения 1,0 - 12,0 %
Обозначение	Xn
Выделение газа при 220°C	abt. 240 (мл/г)
Средний размер частиц	5.0 ~ 6.0 микрон; 5.3 микрон
pH	7.0 ~ 7.5

3. Подготовка материалов.

3.1 Компоненты экструзионной композиции поступают в крытое отапливаемое складское помещение, где выдерживаются при температуре воздуха не менее 15⁰С в течение суток.

На участке смешивания должно находиться не менее суточного количества потребления материала.

3.2 Для получения полимерно-минеральной композиции рекомендуется домол отходов полимеров до крупности 1. 5 мм.

3.3 Компоненты поступают на взвешивание и дозирование. Взвешивание производится на электронных весах типа ВПА – 30 с точностью до 1 % . Навески отхода ПВХ

помещаются в бункер объемом 0,25 м³. Навески добавок производятся в емкости металлические или пластмассовые и засыпаются в бункер с ПВХ смолой.

4. Приготовление композиции

4.1 Бункер со всеми компонентами с помощью электротельфера подводится к загрузочной горловине горячего смесителя смесительной станции (высокоскоростной смеситель модель SHZ – 200 / 400, таблица 9), и все содержимое ссыпается в загрузочную горловину. Допускается загружать ПВХ и другие компоненты непосредственно в турбосмеситель.

Таблица 9. - Технические характеристики высокоскоростного смесителя SHZ – 200 / 400

Наименование параметра	Значение	Единицы измерения
Габаритные размеры	4000×2000×2300	мм
Мощность	54	кВт
Производительность	250	кг/ч
Объем горячего бункера	400	л
Объем холодного бункера	200	л
Частота вращения горячего бункера	1250	об/мин (r/min)
Частота вращения холодного бункера	125	об/мин (r/min)

Температура высокоскоростного смесителя:

- для горячего бункера – $T_{гор} = 115^{\circ}C$,
- для холодного бункера – $T_{хол} = 40^{\circ}C$.

4.2 По достижению указанной температуры при помощи нижнего пневмозатвора (пневмоклапана) смесь поступает в охлаждающий смеситель. В холодном смесителе может находиться не более двух замесов. Смесь подается в бункер (накопительный силос) для хранения выдержки.

4.3 Управление процессом смешивания производится при помощи электронной системы, снабженной программируемым контролером, управляющим температурой.

4.4 Экструзия композиционной смеси

4.4.1 Изготовление пористой искусственной древесины производится на экструзионной линии (таблица 10), состоящая из следующих блоков:

- экструдер
- адаптер
- фильера
- калибратор вакуумный
- устройство охлаждения изделия (охлаждающая ванна)

- устройство для отвода изделия (тянущее устройство, захватывающие элементы которого соответствуют профилю изделия)
- блок отрезной пилы (дисковая пила)
- приемные устройства (приемный стол).

Таблица 10. - Технические характеристики оборудования экструзионной линии

Наименование параметра	Значение	Единицы измерения
Экструдер модель SJSZ – 60 двухшнековый конический с зацеплением		
Используется для экструзии профилей. Комплектное устройство с двигателем, шестеренчатым редуктором, шкафом автоматического управления[20]		
Мощность	30	кВт (kW)
Производительность	200	кг/ч
Напряжение	380	В
Число шнеков	2	ед.
Диаметр шнека	60	мм
Длина шнека	1100	мм
Отношение L/D	65/132	-
Максимальная загрузка	43	кг
Частота вращения шнеков	0-37	об/мин (r/min)
Страна производитель	Китай	-
Используется для предварительного охлаждения и калибровки профиля. Основные узлы изготовлены из нержавеющей стали		
Глубина вакуума		мм
Длина вакуумной камеры	500	мм
Мощность вакуумного насоса	2,2	кВт
Мощность двигателя привода	0,75	кВт
Охлаждающая ванна модель F60 – 5000 ROHONGROUP		
Предназначена для окончательного охлаждения профиля Циркуляция воды в замкнутой системе обеспечивается водяным насосом с системой клапанов (Рис 35).		
Мощность	25,8	кВт (kW)
Длина секции охлаждения	4940	мм
Давление (Pressure)	0,098	МПа (MPa)
Расход воды	до 1	м ³ /ч
Принцип охлаждения	водяная струя	-

Наименование параметра	Значение	Единицы измерения
Температура воды	12	°С
Мощность водяного насоса		
	40 ↑	мм
Прямоугольной формы, из винипласта		
Страна производитель	Китай	-
Устройство для отвода изделия – тянущее устройство		
Предназначено для протяжки экструдированных профилей с заданной скоростью. Скорость регулируется частотным инвертором		
Тип	гусеничный	-
Эффективная длина прижима	1200	мм
Количество гусениц	2	ед.
Скорость протяжки	0.3-12	м/мин
Отрезное устройство – блок отрезной пилы (дисковая пила)		
Предназначено для резки профилей на отрезки заданной длины		
Толщина отрезаемых профилей		мм
Диаметр пилы		мм
Мощность двигателя	1.5	кВт
Приемное устройство – приемный стол		
Предназначен для укладки нарезанных профилей в штабель		

4.4.2 Технологический цикл получения ПИД состоит следующих этапов

- Этап предварительного прогрева
- Этап выведения экструдера и охлаждающей ванны с дюзами в рабочий режим
- Этап загрузки отходов пластмасс и получения расплава
- Этап загрузки золы и других компонентов композиции
- Этап юстировки нагревательных зол экструдера и оборотов шнеков
- Этап юстировки режима работы калибратора
- Этап юстировки скорости протяжки экструдата
- Этап юстировки интенсивности охлаждения экструдата
- Этап юстировки работы режущего устройства
- Этап складирования нарезанных образцов
- Этап прекращения подачи золы и других компонентов

- Этап очистки экструдера
- Этап прекращения подачи отходов пластмасс
- Этап выключения экструдера и вытяжной вентиляции

4.5 Контроль качества

4.5.1 Контроль качества золы по влажности осуществляется по ГОСТ 8269.1-97.

4.5.2 Контроль качества золы по гранулометрическому составу осуществляется по ГОСТ 8735.

4.5.3 Контроль применяемых компонентов смеси заключается в определении их плотности и концентрации - для каждой партии.

4.5.4 Контроль качества приготовления композиционной смеси осуществляется два раза в смену и включает в себя:

определение точности дозировки компонентов - взвешиванием;

режим и продолжительность перемешивания - секундомером;

4.5.5 Контроль режима процесса производится четыре раза в час по показаниям системы автоматического регулирования экструдера.

4.5.6 Контроль качества ПИД осуществляется на образцах соответствующей требованиям испытаний и включает:

- определение прочности на изгиб по ГОСТ 10180-90 - один раз в 6 месяцев;

- определение морозостойкости по ГОСТ 10060-95 - один раз в 6 месяцев;

- определение водопоглощения по ГОСТ 12630.3-78 - один раз в 6 месяцев;

- определение истираемости по ГОСТ 13087-81 - один раз в 6 месяцев.

4.5.7. Контроль качества готовых изделий, их испытания и прием ОТК осуществляется в соответствии с разработанными ТУ.

4.6 Техника безопасности

4.6.1 При производстве изделий должны соблюдаться общие правила безопасности, принятые в промышленности строительных материалов.

4.6.2 Радиационная безопасность ПМК обеспечивается требованиями норм безопасности на материалы, используемые при производстве изделий.

4.6.3 При производстве ПМК в районе рабочей зоны возможно:

4.6.3.1 Выделение пыли от наполнителя, которое может оказать воздействие на слизистые оболочки дыхательных путей и кожные покровы человека.

4.6.3.2 Шумовые воздействия на органы слуха человека.

4.6.4 Для защиты органов дыхания необходимо применять респираторы ШБ-1 типа «лепесток» по ГОСТ 12.4.038.

4.6.5 Для Защиты органов слуха от шумовых воздействий необходимо применять средства индивидуальной защиты органов слуха в соответствии с ГОСТ 12.4.051-87.

4.6.6 При производстве необходимо применять спецодежду и средства индивидуальной защиты рук и ног по ГОСТ 12.4.103*, глаз - по ГОСТ 12.4.013

4.6.7 Для обеспечения нормального состояния воздуха рабочей Зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005 производственные помещения должны быть обеспечены приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021.

4.6.8 Утилизация отходов осуществляется в соответствии с санитарными правилами №3183-84 «Порядок накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения промышленных отходов».

Приложение Г Физико-механические испытания



WPC - CONSULT

ООО НИЦ «ДПК»
Научно-исследовательский центр
«Древесно-полимерные композиты»
(Сертификат ГОСТ Р № СДСГК RU.OC03.K0003)
(Сертификат ИСО 9001 №20111109001)

21471, г. Москва, ул. Петра Алексеева, дом №12, офис 3019. ИНН 7731404026 КПП 773101001
тел. +7 (495) 929 70 97; e-mail: info@wpc-consult.ru; электронный адрес: www.wpc-consult.ru

Утверждаю:
Руководитель ООО НИЦ ДПК
«Научно-исследовательский центр
Древесно-полимерные композиты»



Г.В. Пресман
«09.01. 2013 г.»

**Заключение по испытаниям
изделий из минерально-полимерного композита**

1. Цель испытаний.

Испытания проводились с целью определения качественных показателей террасной доски из минерально-полимерного композита и выдачи заключения на основании протокола испытаний № 32/12 от 14.12.2012 лаборатории (свидетельство об аттестации № 300.323 ФГУП «ВНИИФТРИ»).

2. Наименование производителя: ООО «ЭкоСтройИнновации»

таблица 1

Наименование продукции	Количество (штуки, м)	Описание	Дата приемки для испытаний в лаборатории	Регистрационный номер
Доска террасная из МПК	1 шт/ 1 м	Цвет терракот	12.12.2012	Дт №1-12.11.12/тер.

3. Характеристика испытуемых образцов

Визуальный осмотр: Образец террасной доски из МПК цвета терракот.

таблица 2

Технические характеристики террасной доски из МПК «ЭкоСтройИнновации»

Показатели	Технические характеристики		значение	норма
Водостойкость при вымачивании в воде 24 часа при 20 ± 1 °С ГОСТ 9590	Водопоглощение, %		0,2	≤ 2
	Разбухание по длине, %		0,24	≤ 1
	Разбухание по ширине, %		0,31	
	Разбухание по толщине, %		0,37	
Водостойкость при кипячении 2 часа ГОСТ 9590	Водопоглощение, %		0,36	≤ 5
	Усадка по длине, %		-1,1	≤ 1,5
	Разбухание по ширине, %		0,62	
	Разбухание по толщине, %		0,62	
Физико-механические характеристики материала ГОСТ 19592,4670,4647,4648, 11262, 10637	Плотность, кг/м ³		1637	-
	Твердость при вдавлении шарика, Н/мм ²		200	≥ 90
	Ударная вязкость по Шарпи без надреза, кДж/м ²		10	≥ 3,5
	Предел прочности при изгибе, МПа		52	≥ 25
	Предел прочности при растяжении, МПа		18,9	≥ 10
	Удельное сопротивление выдергиванию шурупов, Н/мм		330	≥ 120
Несущая способность профильной доски ГОСТ 4648	Разрушающая нагрузка доски при расстоянии между опорами 400 мм	кгс	540	-
		Н	5292	≥ 2000

Выводы

- Изделие обладает низкими значениями водопоглощения и разбухания при вымачивании в воде за 24 часа, что характеризует его геометрическую стабильность. Однако при кипячении образцов в течении 2-х часов наблюдается некоторая усадка по длине, что говорит о внутренних напряжениях.
- Образец доски характеризуется высокой плотностью. Как правило, значение этого показателя находится в диапазоне 1100-1300 кг/м³. Превышать его не рекомендуется чисто из экономических соображений.
- Изделие обладает высокой твердостью и повышенными значениями показателя прочности при изгибе модельного образца - 52 МПа (при требуемом не менее 25 МПа). Разрушающая нагрузка конструкции - 5292 Н (при требовании не менее 2000Н)
- Материал достаточно пластичен при отрицательных температурах. Ударная вязкость по Шарпи - 10 кДж/м².

Специалист по испытаниям:
Дата составления протокола:



А. Ю.Сёмочкин
09 января 2013 г.



WPC - CONSULT

**ООО НИЦ «ДПК»
Научно-исследовательский центр
«Древесно-полимерные композиты»
(Сертификат ГОСТ Р № СДСГК RU.OC03.K0003)
(Сертификат ИСО 9001 №20111109001)**

21471, г. Москва, ул. Петра Алексеева, дом №12, офис 3019. ИНН 7731404026 КПП 773101001
тел. +7 (495) 929 70 97; e-mail: info@wpc-consult.ru; электронный адрес: www.wpc-consult.ru

Утверждаю:
Руководитель ООО НИЦ ДПК
«Научно-исследовательский центр»
«Древесно-полимерные композиты»



Г.В. Пресман
«14.01. 2013 г.»

Заключение по испытаниям образцов ДПК

Цель испытаний

Испытания проводились с целью определения коэффициентов линейного теплового расширения изделий из ДПК по ГОСТ 15173 «ПЛАСТМАССЫ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ».

Наименование заказчика : ООО «ЭкоСтройИнновации»

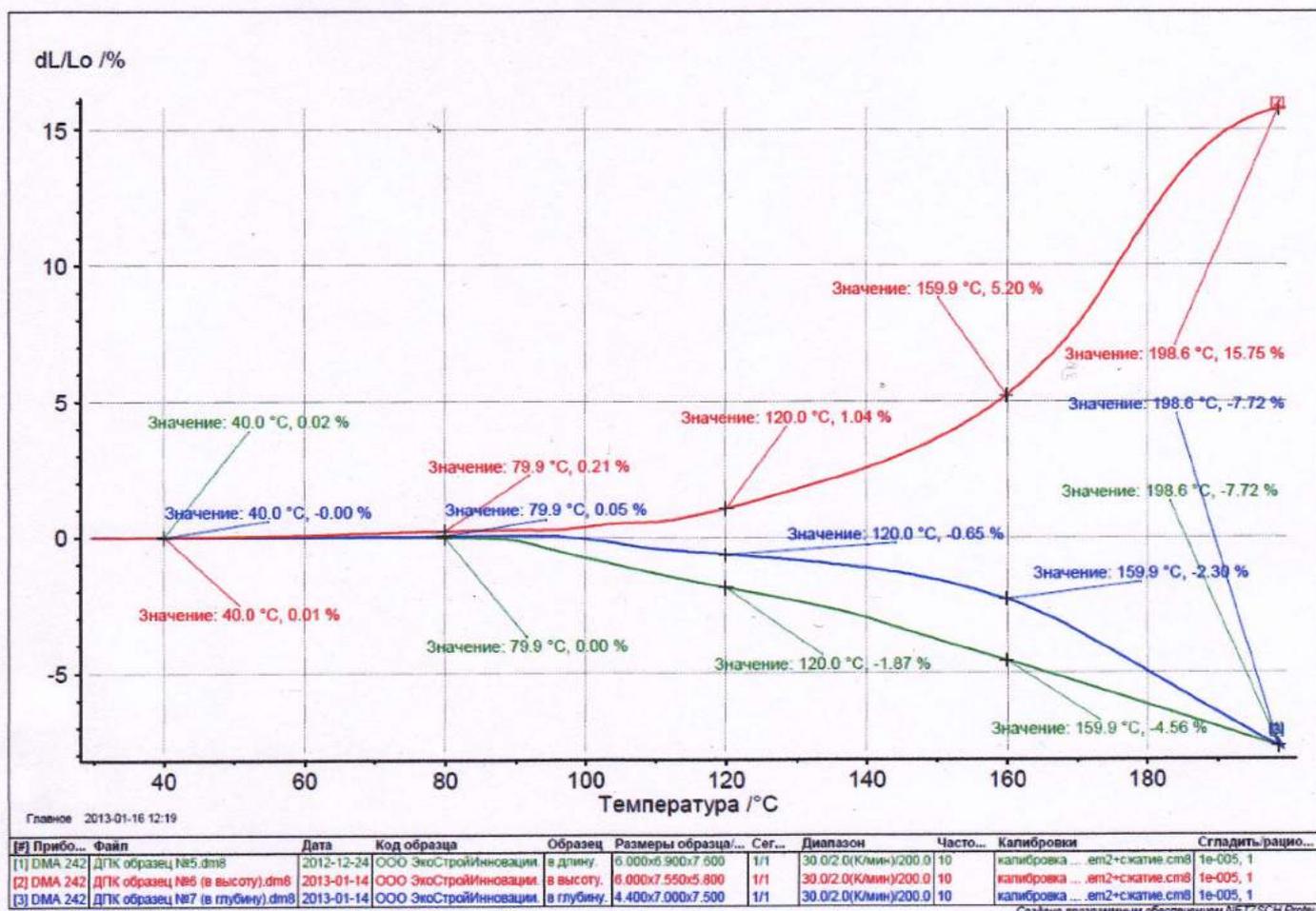
1. Характеристика испытываемых образцов

Террасная доска из древесно-полимерного композита, представлена Заказчиком без описания состава композиции.

2. Метод испытаний

Метод предусматривает определение линейного теплового расширения материала, связанного с изменением размеров образца при нагреве в установленном интервале температур + 40 ...+80°C . Средний коэффициент линейного теплового расширения характеризует относительное приращение длины, ширины или толщины образца, вызванное повышением его температуры от нижней до верхней границы интервала, отнесенное к величине этого интервала.

5. Результаты испытаний



Значения коэффициентов линейного термического расширения

№	Температура, °C	По толщине	По длине	По ширине
1	80°C	$\alpha=5.25 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha=0$	$\alpha=1.25 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$
2	120°C	$\alpha=1.3 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha=-3.12 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha=-8.13 \times 10^{-5} \times ^\circ\text{C}^{-1}$
3	160°C	$\alpha=4.33 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha=-3.8 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha=-1.92 \times 10^{-4} \times ^\circ\text{C}^{-1}$

Значения относительных коэффициентов линейного термического расширения наряду с термическим расширением включают также деформации, обусловленные испарением летучих веществ, химическими процессами деструкции и релаксацией внутренних напряжений под действием температуры. В частности, при нагревании свыше 80 °C размер образцов в двух направлениях (по длине и ширине) уменьшается, что говорит о преобладании других процессов над термическим расширением.

Полученные значения могут быть использованы для расчета величины деформации напольных покрытий при монтаже при нагревании, например, солнечными лучами и для определения необходимых зазоров между досками во избежание коробления напольных покрытий.

Выводы:

Материал имеет незначительное расширение в диапазоне температур от +40 до +80 °С .

При повышении температуры свыше 100°С наблюдается значительное изменение размеров материала во всех направлениях как в сторону увеличения (по толщине), так и в сторону уменьшения (по длине, по ширине).

Специалист по испытаниям:
Дата составления протокола:



А. Ю.Сёмочкин
14 января 2013 г.

Приложение Д Климатические испытания



WPC - CONSULT

**ООО НИЦ «ДПК»
Научно-исследовательский центр
«Древесно-полимерные композиты»
(Сертификат ГОСТ Р № СДСГК RU.OC03.K0003)
(Сертификат ИСО 9001 №20111109001)**

21471, г. Москва, ул. Петра Алексеева, дом №12, офис 3019. ИНН 7731404026 КПП 773101001
тел. +7 (495) 929 70 97; e-mail: info@wpc-consult.ru; электронный адрес: www.wpc-consult.ru

Утверждаю:
Руководитель ООО НИЦ ДПК
«Научно-исследовательский центр
Древесно-полимерные композиты»



В. Пресман
«20.12.2013 г.»

**Заключение по ускоренным климатическим испытаниям
изделий из минерально-полимерного композита**

1. Цель испытаний

Испытания проводились с целью прогнозирования срока службы изделий из ДПК путем оценки изменения декоративных свойств и потери прочности при статическом изгибе после 20 циклов ускоренных климатических испытаний.

2. Наименование заказчика

ООО «ЭкоСтройИнновации» 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83. Договор №24/12 от 26.11.2012г.

3. Характеристика испытуемых образцов

Террасная доска «ЭкоСтройИнновации» из минерально-полимерного композита, цвет – «терракот», одностороннего использования без механической обработки поверхности.

4. Испытательное оборудование

- ▲ Аппарат искусственной погоды (везерометр) АИП-1 № 2312 (Аттестат ФГУ РОСТЕСТ-Москва №448-123803 от 2.12.11)
- ▲ Универсальная испытательная машина INSTRON модель 2519-107 (Свидетельство о поверке № 0106062 / 445 от 02.08.2010г. Выдан «ИСЛ ВНИР»)
- ▲ Весы электронные AJ - 4200 CE (Свидетельство о калибровке № 727 от 02.08.2010г. выдан «ИСЛ ВНИР»)
- ▲ Штангенциркуль ШЦ- 1-150 (Свидетельство о калибровке № 755 от 02.08.2010г. выдан «ИСЛ ВНИР»)
- ▲ Камера влаги (гидростат Г-4) № 152 (Аттестат № 20 от 03.11 г)
- ▲ Низкотемпературная камера VT-217 № 20021903716 (Аттестат № 35 от 17.05.11)
- ▲ Камера испытательная световая Suntest XLS+№0601001 (Аттестат ФГУ РОСТЕСТ-Москва №448-288213 от 25.04.12, диапазон излучения 290-800 нм).
- ▲ Спектрофотометр CE 7000A №37112910101 (свидетельство ФГУП «ВНИИОФИ» от 11.11).

5. Методы испытаний:

5.1. Исследование климатической устойчивости изделий из ДПК методом ускоренного старения

Испытание проводились в соответствии с:

- Методикой ускоренных климатических испытаний на основе ГОСТ 30973. Дополнительно было определено изменение массы, толщины стенок и потеря прочности при статическом изгибе образцов после проведения испытаний.
- Оценка внешнего вида образцов в процессе испытаний проводилась в соответствии с ГОСТ 9.407 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида».

Процедура испытаний:

Процедура проведения испытаний на стойкость покрытий в условиях умеренно-холодного климата состоит из последовательного перемещения образцов покрытий из одного аппарата в другой в соответствии с заданным режимом испытаний. Продолжительность перемещения образцов из одного аппарата в другой не превышает 10 мин. Количество циклов – 20

Последовательность перемещения образцов в аппаратах и режимы ускоренных климатических испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Московское время	Вид обработки	Продолжительность, ч	Температура, °С	Примечание
1	9.00 – 10.00	Выдержка в емкости с раствором соли (NaCl)	1	22 ±2	Концентрация раствора NaCl 3%
	После выдержки образец промыть водой, поверхность промокнуть фильтровальной бумагой и сразу поместить в морозильную камеру				

3	10.00 – 15.00	Замораживание	5	минус 30	
	Через 5 часов образцы извлечь из морозильной камеры и поместить в ёмкость с водой				
4	15.00 – 16.00	Выдержка в воде	1	22 ±2	
	После окончания выдержки в воде промокнуть фильтровальной бумагой и поместить в термошкаф				
5	16.00 – 9.00	Нагрев в термошкафу	17	60±2	При наличии в шкафу вентиляционных отверстий они должны быть закрыты

Результаты климатических испытаний

Таблица 2

Показатель	ДТ-3-28/11			
<u>Исходные данные:</u>				
Цвет	терракот			
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1	2	3	4
	51,9	52	52,2	51,8
	Среднее значение			52
<u>Конечные данные:</u>				
Количество циклов - 20	Режим испытаний – таблица 1			
Цвет	Ц1, незначительное посветление ($\Delta E=1,7$).			
Блеск	Б1 Блеск без изменений			
Декоративные свойства	АД1			
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	1	2	3	4
	51,4	50,1	49,3	51
	Среднее значение			50,45
Потеря прочности при статическом изгибе, %	3,09			
Изменение массы образца, %	Увеличение на 0,14 %			
Изменение геометрических размеров профиля, %	длина, %	ширина, %	толщина, %	
	0,055	-0,1	0,065	

Примечание:

Гарантированный срок службы изделия более 10 лет, если потеря прочности при статическом изгибе не более 5 %;

Гарантированный срок службы изделия более 5 лет, если потеря прочности при статическом изгибе не более 10 %

Гарантированный срок службы изделия не менее 2-х лет, если потеря прочности при статическом изгибе не более 20 %

Выводы:

Образец древесно-полимерного композита ДТ-3-28/11 в условиях открытой промышленной атмосферы умеренно-холодного климата (УХЛ 1) сохраняет свои декоративные свойства до балла АД1 в течение 2 лет, прогнозируемый срок службы без существенной потери прочности (менее 5%) – более 10 лет.

5.2. Определение устойчивости образцов к воздействию УФ-облучения (потеря цвета, «выветривание»).

- Метод испытаний по ГОСТ 21903.
- Оценка образцов: ГОСТ 9.407-84 (визуально), ГОСТ Р 52490-2005 (по прибору).

Результаты исследований

Количество часов	Результаты осмотра
	Образец №1
Исходные данные	терракот
Цвет	
Испытания	
Изменение цвета/блеска:	
24 ч	Ц1; Цвет визуально без изменений ($\Delta E=1,38$) Блеск без изменений
240ч	Ц2; Потемнение пятнами по всей поверхности. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E=3,72-5,4$. Б2 незначительное изменение блеска (20-40%);
500 ч	Ц2-Ц3 потемнение пятнами по всей поверхности. Цвет образца от светло-коричневого до темно-коричневого. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E=3,5-7,06$. Б3 значительное изменение блеска (40-60%);

Примечание:

Ц1 - цвет без изменений ($\Delta E = 0-2,0$);

Ц2 - незначительное посветление или потемнение ($\Delta E = 2,0-5,5$);

Ц3 - изменение цветового оттенка хорошо заметно ($\Delta E = 5,5-10,0$);

Изменение блеска:

Б1 - блеск без изменений (0-20%);

Б2 - незначительное изменение блеска (20-40%);

Б3 - значительное изменение блеска (40-60%);

Фото изменения внешнего вида после 500 ч экспонирования



Выводы

После экспонирования в испытательной световой камере Suntest XLS' в течение 500 часов у образца террасной доски "ЭкоСтройИнновации" наблюдается существенное изменение цвета и снижение степени блеска, однако на экспонируемой поверхности не обнаружено признаков разрушения материала основы (выветривания, выкрашивания поверхности), поэтому образец считается выдержавшим испытание.

Специалист по испытаниям:
Дата составления протокола:

А. Ю.Сёмочкин
12 февраля 2013 г.

Приложение Е Пожарные испытания



**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»
(НИЛ ПВБ)**



**ОТЧЕТ ОБ ИСПЫТАНИЯХ № 693/РД
ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ
ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ФОРМЕ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ**

Материал отделочный полимерный, кровельный «ВИНИЗОЛ (ПИД)»

Москва 2010 г.



**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИН.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

1 Наименование и адрес заказчика

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет».

Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83
ОГРН 1023801756120.

2 Наименование материала, изготовитель и результаты идентификации

Заказчиком на испытания был представлен образец материала отделочного полимерного, кровельного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» (далее по тексту - образец материала).

Код ОКП 57 7000.

Изготовитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет».

Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83.

Образец материала представляет композиционный термопластичный материал на основе поливинилхлорида (пористая искусственная древесина).

Поверхностная плотность ~ 4,0 кг/м².

Толщина – 3,5 мм.

Цвет - серый.

В результате идентификации установлено, что образец материала соответствует представленным на него документации и техническим характеристикам.

3 Характеристика заказываемой услуги и методы испытаний

Основание для проведения работ – заявка № 0398-Д от 26.04.2010 г.

Для образца материала в соответствии с требованиями Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический Регламент о требованиях пожарной безопасности» определить следующую номенклатуру показателей пожарной опасности, необходимых для определения области применения материала в строительстве:

- группу горючести по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть»;
- группу распространения пламени по ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени»;
- коэффициент дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материа-



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 3

Подпись _____

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИИ.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

лов. Номенклатура показателей и методы их определения» (п. 4.18);

- группу воспламеняемости по ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость»;
- показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» (п. 4.20).

4 Испытательное и измерительное оборудование

Испытания проводились на метрологически аттестованном оборудовании НИЛ ПВБ:

- установка «Шахтная печь», аттестат № 333.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «Полы», аттестат № 336.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «Дым», аттестат № 337.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «ВСМ», аттестат № 335.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «ТПГ», аттестат № 338.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.

Список использовавшихся средств измерений представлен в таблице 1.

Таблица 1. Список использовавшихся средств измерений

Наименование средств измерений	Номер	Пределы измерений	Класс точности	Дата очередной поверки
Секундомер "Агат"	3237	0-60 мин.	2	19.03.2011 г.
Термоэлектрический преобразователь ТПК 021/011	1-4	0-1100 °С	2	19.03.2011 г.
Термометр многоканальный ТМ 5231/1	1968	0-1300 °С	0,1	19.03.2011 г.
Весы электронные MW-120	4761	0-120 г	ц.д. 0,01 г	19.03.2011 г.
Весы ВНУ 2/15	7756	0,02-15 кг	отн.пог.±0,1%	19.03.2011 г.
Датчик теплового потока ПТПО-01	30	5-100 кВт/м ²	отн.пог.±4,8%	19.03.2011 г.
Вольтметр В7-38	8488	0-1000 В	0,1	24.03.2011 г.
Газоанализатор «Инфралайт 11Р»	4341	СО 0-1% об.	отн.пог.±2%	19.03.2011 г.
		СО ₂ 0-5% об.	отн.пог.±2%	19.03.2011 г.
		О ₂ 0-21% об.	абс.пог.±0,2%	19.03.2011 г.
Штангенциркуль ШЦ-Ц-150	102505	0-150 мм	ц. д. 0,1 мм	20.03.2011 г.
Термометр лабораторный	1729	0-120 °С	ц. д. 1 °С	19.03.2011 г.
Линейка измерительная ГОСТ 427-75	б/н	0-1000 мм	ц. д. 1 мм	19.03.2011 г.
Термоэлектрический преобразователь КТХАС-И-1,5×500	9	0-1100 °С	2	19.03.2011 г.
Приемник теплового потока ДТВП	380	1-15 кВт/м ²	отн.пог.±5%	19.03.2011 г.
Анемометр АМ-4201	484676	0,5-3,6 м/с	±0,1 м/с	19.03.2011 г.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 4

Подпись 

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.
Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИН.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

5 Процедура отбора образцов

Начальником НИЛ ПВБ Смирновым В. Б. от представителя Заказчика были получены образцы материала на основании Акта отбора, представленного Заказчиком.

6 Результаты испытаний

6.1 Результаты экспериментального определения группы горючести образца материала представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения группы горючести

Номер опыта	Температура дымовых газов, град. С	Время самостоятельного горения, с	Длина повреждения образцов, см				Степень повреждения образцов по длине, %	Масса образцов, г (средняя арифметическая величина)		Степень повреждения образцов по массе, %
			1	2	3	4		до опыта	после опыта	
1	150	23	53	53	53	55	53	760	578	24
2	159	25	55	54	55	56	55	764	575	25
3	149	20	51	50	52	52	51	758	579	24
Среднее арифм.	153	23					53			24

Примечание – Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 53 %.

6.2 Результаты экспериментального определения критической поверхностной плотности теплового потока, при которой прекращается распространение пламени по поверхности образца материала, представлены в таблице 3.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 5

Подпись *АИ*

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.
Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИН.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

Примечание – Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 53 %.

6.4 Результаты экспериментального определения коэффициента дымообразования образца материала представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты определения коэффициента дымообразования

Режим испытания	Номер образца	Масса образца, г	Светопропускание		Коэффициент дымообразования, м ² /кг
			начальное %	конечное %	
Тление	1	1,83	100	45	281
	2	1,85	100	42	300
	3	1,81	100	44	291
	4	1,85	100	41	311
	5	1,82	100	40	322
Среднее значение в режиме тления $Dm_{cp} =$					301 м ² /кг
Горение	1	1,97	100	50	222
	2	1,93	100	52	217
	3	1,88	100	51	230
	4	1,90	100	52	221
	5	1,84	100	53	220
Среднее значение в режиме горения $Dm_{cp} =$					222 м ² /кг

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,9 кПа, отн. влажность - 55 %.

6.5 Результаты экспериментального определения показателя токсичности продуктов горения образца материала представлены в таблице 6.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.	Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г. Всего листов 9. Лист 7 Подпись <i>ММ</i>
---	--

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИИ.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

**Таблица 6. Результаты определения показателя токсичности
продуктов горения**

№ п/п	Температура испытаний, °С	Время разложения, мин.	Потеря массы, г	Концентрации, % об.			Показатель токсичности Hcl ₅₀ , г/м ³
				СО	СО ₂	О ₂	
1	600	14	2,97	0,38	1,7	18,79	42±0,9
2	600	15	3,61	0,46	1,9	18,19	
3	600	14	3,28	0,42	1,8	18,57	
4	600	15	3,44	0,44	1,8	18,34	

- Примечания: 1. Режим испытания – *термоокислительное разложение (тление)*.
2. Продолжительность экспозиции животных – *30 мин.*

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 64 %.

6.6 Испытания образца материала по п. 6 проводились в период с 24.05.2010 г. по 10.06.2010 г.

7 Выводы

Образец материала отделочного полимерного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» относится к группе материалов с **умеренной** дымообразующей способностью (**Д2**) по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13), к группе **умеренноопасных** материалов (**Т2**) по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 12.1.044-89.

В сочетании с негорючей основой образец материала отделочного полимерного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» относится к группе **умеренновоспламеняемых (В2)** по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 30402-96, к группе **нераспространяющих** пламя (**РП1**) по ФЗ № 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ Р 51032-97 и к группе **умеренногорючих (Г2)** по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 30244-94.

Ст. научный сотрудник, к.т.н.



А. Б. Ильин



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 8

Подпись 

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИН.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

8 Дополнительная информация

Результаты, представленные в отчете, распространяются только на испытанные образцы и действительны в течение срока действия декларации соответствия.

Контрольные образцы хранятся в испытательной лаборатории в течение шести лет или срока действия декларации.

Идентификация материала может проводиться по описанию образцов в отчете, а также по сопоставлению с контрольными образцами и сравнительному испытанию рассматриваемого материала.

Ответственность за достоверность предоставленных на испытания образцов и соответствие их технической документации несет заказчик.

Отчет по испытаниям составлен с учетом руководства по качеству НИЛ ПВБ.

9 Данные испытательного центра

Независимая испытательная лаборатория пожаровзрывобезопасности (НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР» аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.

Регистрационный индекс ССПБ.RU.ИН. 153.

Аттестат аккредитации от 26.03.2009 г.,

срок действия аттестата до 26.03.2012 г.

Адрес:

115408, г. Москва, ул. Советская, д. 15, стр. 1.

Тел.: (495) 673-79-33, 796-89-34, 774-01-18. Факс (495) 673-13-27.

Место проведения испытаний:

111123, Москва, Шоссе Энтузиастов, 38.

Телефон: (495) 673-79-33, (495) 673-71-14.

Факс: (495) 673-13-27.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 9

Подпись 



**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»
(НИЛ ПВБ)**



**ОТЧЕТ ОБ ИСПЫТАНИЯХ № 693/РД
ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ
ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ФОРМЕ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ**

Материал отделочный полимерный, кровельный «ВИНИЗОЛ (ПИД)»

Москва 2010 г.



**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость
на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.
Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИН.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

1 Наименование и адрес заказчика

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет».

Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83
ОГРН 1023801756120.

2 Наименование материала, изготовитель и результаты идентификации

Заказчиком на испытания был представлен образец материала отделочного полимерного, кровельного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» (далее по тексту - образец материала).

Код ОКП 57 7000.

Изготовитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет».

Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83.

Образец материала представляет композиционный термопластичный материал на основе поливинилхлорида (пористая искусственная древесина).

Поверхностная плотность ~ 4,0 кг/м².

Толщина – 3,5 мм.

Цвет - серый.

В результате идентификации установлено, что образец материала соответствует представленным на него документации и техническим характеристикам.

3 Характеристика заказываемой услуги и методы испытаний

Основание для проведения работ – заявка № 0398-Д от 26.04.2010 г.

Для образца материала в соответствии с требованиями Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический Регламент о требованиях пожарной безопасности» определить следующую номенклатуру показателей пожарной опасности, необходимых для определения области применения материала в строительстве:

- группу горючести по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть»;
- группу распространения пламени по ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени»;
- коэффициент дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материа-



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 3

Подпись _____

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИИ.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

лов. Номенклатура показателей и методы их определения» (п. 4.18);

- группу воспламеняемости по ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость»;
- показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов по ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» (п. 4.20).

4 Испытательное и измерительное оборудование

Испытания проводились на метрологически аттестованном оборудовании НИЛ ПВБ:

- установка «Шахтная печь», аттестат № 333.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «Полы», аттестат № 336.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «Дым», аттестат № 337.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «ВСМ», аттестат № 335.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.;
- установка «ТПГ», аттестат № 338.09.09, срок действия до 21.03.2011 г.

Список использовавшихся средств измерений представлен в таблице 1.

Таблица 1. Список использовавшихся средств измерений

Наименование средств измерений	Номер	Пределы измерений	Класс точности	Дата очередной поверки
Секундомер "Агат"	3237	0-60 мин.	2	19.03.2011 г.
Термоэлектрический преобразователь ТПК 021/011	1-4	0-1100 °С	2	19.03.2011 г.
Термометр многоканальный ТМ 5231/1	1968	0-1300 °С	0,1	19.03.2011 г.
Весы электронные MW-120	4761	0-120 г	ц.д. 0,01 г	19.03.2011 г.
Весы ВНУ 2/15	7756	0,02-15 кг	отн.пог.±0,1%	19.03.2011 г.
Датчик теплового потока ПТПО-01	30	5-100 кВт/м ²	отн.пог.±4,8%	19.03.2011 г.
Вольтметр В7-38	8488	0-1000 В	0,1	24.03.2011 г.
Газоанализатор «Инфралайт 11Р»	4341	СО 0-1% об.	отн.пог.±2%	19.03.2011 г.
		СО ₂ 0-5% об.	отн.пог.±2%	19.03.2011 г.
		О ₂ 0-21% об.	абс.пог.±0,2%	19.03.2011 г.
Штангенциркуль ШЦ-Ц-150	102505	0-150 мм	ц. д. 0,1 мм	20.03.2011 г.
Термометр лабораторный	1729	0-120 °С	ц. д. 1 °С	19.03.2011 г.
Линейка измерительная ГОСТ 427-75	б/н	0-1000 мм	ц. д. 1 мм	19.03.2011 г.
Термоэлектрический преобразователь КТХАС-И-1,5×500	9	0-1100 °С	2	19.03.2011 г.
Приемник теплового потока ДТВП	380	1-15 кВт/м ²	отн.пог.±5%	19.03.2011 г.
Анемометр АМ-4201	484676	0,5-3,6 м/с	±0,1 м/с	19.03.2011 г.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 4

Подпись 

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.
Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИН.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

5 Процедура отбора образцов

Начальником НИЛ ПВБ Смирновым В. Б. от представителя Заказчика были получены образцы материала на основании Акта отбора, представленного Заказчиком.

6 Результаты испытаний

6.1 Результаты экспериментального определения группы горючести образца материала представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения группы горючести

Номер опыта	Температура дымовых газов, град. С	Время самостоятельного горения, с	Длина повреждения образцов, см				Степень повреждения образцов по длине, %	Масса образцов, г (средняя арифметическая величина)		Степень повреждения образцов по массе, %
			1	2	3	4		до опыта	после опыта	
1	150	23	53	53	53	55	53	760	578	24
2	159	25	55	54	55	56	55	764	575	25
3	149	20	51	50	52	52	51	758	579	24
Среднее арифм.	153	23					53			24

Примечание – Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 53 %.

6.2 Результаты экспериментального определения критической поверхностной плотности теплового потока, при которой прекращается распространение пламени по поверхности образца материала, представлены в таблице 3.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 5

Подпись *А.И.*

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИИ.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

Таблица 3. Результаты определения критической поверхностной плотности теплового потока (КППТ)

№ п/п	Время воспламенения, с	Длина распространения пламени, мм	Время горения, с	Среднее арифметическое значение длины распространения пламени, мм	Величина КППТ, кВт/м ²
1	10	45	600	56	более 11
2	12	60	600		
3	15	66	600		
4	11	48	600		
5	15	62	600		

Примечание – Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,9 кПа, отн. влажность - 55 %.

6.3 Результаты экспериментального определения группы воспламеняемости образца материала представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты определения группы воспламеняемости

Номер опыта	Поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²	Время до воспламенения, с	Критическая поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²
1	30	329	20
2	20	846	
3	10	отсутствует	
4	15	отсутствует	
5	15	отсутствует	
6	15	отсутствует	
7	20	779	
8	20	812	
9	-	-	



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 6

Подпись *All*

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.
Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИН.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012* г.

Примечание – Образец материала испытывался в сочетании с негорючей основой (асбестоцементная плита толщиной 10 мм).

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 53 %.

6.4 Результаты экспериментального определения коэффициента дымообразования образца материала представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты определения коэффициента дымообразования

Режим испытания	Номер образца	Масса образца, г	Светопропускание		Коэффициент дымообразования, м ² /кг
			начальное %	конечное %	
Тление	1	1,83	100	45	281
	2	1,85	100	42	300
	3	1,81	100	44	291
	4	1,85	100	41	311
	5	1,82	100	40	322
Среднее значение в режиме тления $Dm_{cp} =$					301 м ² /кг
Горение	1	1,97	100	50	222
	2	1,93	100	52	217
	3	1,88	100	51	230
	4	1,90	100	52	221
	5	1,84	100	53	220
Среднее значение в режиме горения $Dm_{cp} =$					222 м ² /кг

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,9 кПа, отн. влажность - 55 %.

6.5 Результаты экспериментального определения показателя токсичности продуктов горения образца материала представлены в таблице 6.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.	Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г. Всего листов 9. Лист 7 Подпись <i>ММ</i>
---	--

НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс *ССПБ.RU.ИИ.153* срок действия аттестата аккредитации до *26.03.2012 г.*

Таблица 6. Результаты определения показателя токсичности продуктов горения

№ п/п	Температура испытаний, °С	Время разложения, мин.	Потеря массы, г	Концентрации, % об.			Показатель токсичности Hcl_{50} , г/м ³
				СО	СО ₂	О ₂	
1	600	14	2,97	0,38	1,7	18,79	42±0,9
2	600	15	3,61	0,46	1,9	18,19	
3	600	14	3,28	0,42	1,8	18,57	
4	600	15	3,44	0,44	1,8	18,34	

- Примечания: 1. Режим испытания – *термоокислительное разложение (тление)*.
2. Продолжительность экспозиции животных – *30 мин.*

Условия проведения испытаний: температура – 22 °С, атм. давление – 100,8 кПа, отн. влажность - 64 %.

6.6 Испытания образца материала по п. 6 проводились в период с 24.05.2010 г. по 10.06.2010 г.

7 Выводы

Образец материала отделочного полимерного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» относится к группе материалов с **умеренной** дымообразующей способностью (**Д2**) по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13), к группе **умеренноопасных** материалов (**Т2**) по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 12.1.044-89.

В сочетании с негорючей основой образец материала отделочного полимерного «ВИНИЗОЛ (ПИД)» относится к группе **умеренновоспламеняемых (В2)** по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 30402-96, к группе **нераспространяющих** пламя (**РП1**) по ФЗ № 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ Р 51032-97 и к группе **умеренногорючих (Г2)** по ФЗ 123-ФЗ (глава 3, статья 13) при испытаниях по ГОСТ 30244-94.

Ст. научный сотрудник, к.т.н.

А. Б. Ильин



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 8

Подпись

**НЕЗАВИСИМАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
(НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР»**

Аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности. Регистрационный индекс **ССПБ.RU.ИН.153** срок действия аттестата аккредитации до **26.03.2012 г.**

8 Дополнительная информация

Результаты, представленные в отчете, распространяются только на испытанные образцы и действительны в течение срока действия декларации соответствия.

Контрольные образцы хранятся в испытательной лаборатории в течение шести лет или срока действия декларации.

Идентификация материала может проводиться по описанию образцов в отчете, а также по сопоставлению с контрольными образцами и сравнительному испытанию рассматриваемого материала.

Ответственность за достоверность предоставленных на испытания образцов и соответствие их технической документации несет заказчик.

Отчет по испытаниям составлен с учетом руководства по качеству НИЛ ПВБ.

9 Данные испытательного центра

Независимая испытательная лаборатория пожаровзрывобезопасности (НИЛ ПВБ) ООО «НПО ПОЖЦЕНТР» аккредитована в установленном порядке МЧС России на техническую компетентность и независимость на проведение работ по подтверждению соответствия продукции требованиям пожарной безопасности.

Регистрационный индекс ССПБ.RU.ИН. 153.

Аттестат аккредитации от 26.03.2009 г.,

срок действия аттестата до 26.03.2012 г.

Адрес:

115408, г. Москва, ул. Советская, д. 15, стр. 1.

Тел.: (495) 673-79-33, 796-89-34, 774-01-18. Факс (495) 673-13-27.

Место проведения испытаний:

111123, Москва, Шоссе Энтузиастов, 38.

Телефон: (495) 673-79-33, (495) 673-71-14.

Факс: (495) 673-13-27.



Частичное опубликование и перепечатка настоящего отчета без согласования с НИЛ ПВБ запрещается.

Отчет № 693/РД от «10» июня 2010 г.

Всего листов 9. Лист 9

Подпись 

Приложение Ж Санитарно-эпидемиологическое заключение

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА
УПРАВЛЕНИЕ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Испытательный Лабораторный Центр, аттестат № ГСЭН.RU.ЦОА.017, Гос. реестр № РОСС RU.0001.510136

Юридический, почтовый адрес: 600005, г. Владимир, ул. Токарева, 5

Тел. (4922) 535828, 535836, 535835, факс (4922) 535828

Регистрационный номер: 2486
от 06.06.2013 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель главного врача ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии
в Владимирской области»



А.Н.Брыченков

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 922

**о соответствии продукции Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим
требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору
(контролю)**

- 1. Наименование продукции:** Минерально-полимерный композиционный материал «Винизол».
- 2. Организация-изготовитель:** Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации» (ООО «ЭСТИ»), адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.
- 3. Получатель заключения:** Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации» (ООО «ЭСТИ»), адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.
- 4. Представленные материалы:**
 - ТУ 5770-001-90978809-2013;
 - Протокол лабораторных исследований № 115-0279 от 27 мая 2013 г., выданный Испытательным центром Сергиево-Посадского филиала Федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Московской области» (аттестаты аккредитации N РОСС RU.0001.21АЮ22; ГСЭН.RU.ЦОА.566 (РОСС RU.0001.516503).
- 5. Область применения продукции:** Для наружной, так и для внутренней отделки: обшивка домов, фасадная плитка, декинг, садовая мебель, патио, черепица, морские шпресы-палубы кораблей, полы, двери, оконные и дверные рамы, мебель, шпон, и т.д.

ПРОТОКОЛ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОДУКЦИИ

Учитывая область применения продукции, санитарно-эпидемиологическая экспертиза проведена на соответствие положениям: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010.

Для санитарно-эпидемиологической оценки продукции использованы представленная для проведения экспертизы техническая документация производителя, официальные научные данные касающиеся заявленной продукции, протокол лабораторных испытаний.

Испытательным центром Сергиево-Посадского филиала Федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Московской области» (аттестаты аккредитации N РОСС RU.0001.21АЮ22; ГСЭН.RU.ЦОА.566 (РОСС RU.0001.516503) проведены исследования образцов продукции на соответствие требованиям: Раздел 6 «Требования к полимерным и полимерсодержащим строительным материалам и мебели»; Раздел 11 «Требования к продукции, изделиям, являющимся источником ионизирующего излучения, в том числе генерирующего, а также изделиям и товарам, содержащим радиоактивные вещества» главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), установлены уровни миграции вредных веществ в модельные среды, проведены радиологические, органолептические исследования, проведен инструментальный контроль уровней физических факторов.

На основании результатов экспертизы нормативно-технической документации, вышеуказанных гигиенических характеристик, продукция может быть рекомендована для наружной, так и для внутренней отделки: обшивка домов, фасадная плитка, декинг, садовая мебель, патио, черепица, морские пирсы, палубы кораблей, полы, двери, оконные и дверные рамы, мебель, шпон, и т.д., при условии соблюдения положений: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010, следующих санитарно-гигиенических требований:

1. Гигиенические показатели продукции:

санитарно-химические показатели:

миграция химических веществ в модельную среду (воздушная среда, температура в камере 40°С, время экспозиции - 24 часа), мг/кг, не более

Акрилонитрил - 0,03

Дибутилфталат - 0,1

Диоктилфталат - 0,02

Стирол - 0,002

Формальдегид - 0,01

- радиологические показатели:

эффективная удельная активность (Аэфф) естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) – не более 370 Бк/кг.

- органолептические показатели:

запах образца в естественных условиях – не более 2 баллов

2. При применении продукции необходимо руководствоваться рекомендациями производителя, при необходимости использовать рекомендованные средства индивидуальной защиты.

3. Хранение продукции в упаковке предприятия-изготовителя в закрытых, сухих складских помещениях производственных зданий и сооружений.

4. Маркировка продукции должна содержать наименование предприятия-изготовителя, его местонахождение, наименование продукта, область применения продукции, обозначение нормативного документа, дата изготовления, условия и срок хранения, меры предосторожности при применении.

5. Утилизация продукции на специальных полигонах обезвреживания и захоронения промышленных отходов или методом вторичной переработки.

ВЫВОДЫ

На основании результатов экспертизы представленной документации, результатов лабораторных исследований, минерально-полимерный композиционный материал «Винизол», может быть рекомендован как для наружной, так и для внутренней отделки: обшивка домов, фасадная плитка, декинг, садовая мебель, патио, черепица, морские пирсы, палубы кораблей, полы, двери, оконные и дверные рамы, мебель, шпон, и т.д., при условии соответствия положениям: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-

эпидемиологическому надзору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010, соблюдения вышеуказанных правил и норм.

Эксперт - врач ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии
во Владимирской области»

 Д. Д. Омельченко

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА
УПРАВЛЕНИЕ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Испытательный Лабораторный Центр, аттестат № ГСЭН.RU.ЦОА.017, Гос. реестр № РОСС RU.0001.510136
Юридический, почтовый адрес: 600005, г. Владимир, ул. Токарева, 5
Тел. (4922) 535828, 535836, 535835, факс (4922) 535828

Регистрационный номер: 2487
от 06.06.2013 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель главного врача ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии
в Владимирской области»



А.Н.Брыченков

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 923

**о соответствии продукции Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим
требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору
(контролю)**

- 1. Наименование продукции:** Теплоизоляционный материал «Пенозол».
- 2. Организация-изготовитель:** Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации» (ООО «ЭСТИ»), адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.
- 3. Получатель заключения:** Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации» (ООО «ЭСТИ»), адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.
- 4. Представленные материалы:**
 - ТУ 5760-002-90978809-2013;
 - Протокол лабораторных исследований № 115-0278 от 27 мая 2013 г., выданный Испытательным центром Сергиево-Посадского филиала Федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Московской области» (аттестаты аккредитации N РОСС RU.0001.21АЮ22; ГСЭН.RU.ЦОА.566 (РОСС RU.0001.516503).
- 5. Область применения продукции:** Для утепления стен, для теплоизоляции домов, для внутренней изоляции помещений, для изоляции трубопроводов, а также в бытовом строительстве для утепления и изоляции балконов, лоджий, подвалов, чердаков и т.п.

ПРОТОКОЛ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОДУКЦИИ

Учитывая область применения продукции, санитарно-эпидемиологическая экспертиза проведена на соответствие положениям: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010.

Для санитарно-эпидемиологической оценки продукции использованы представленная для проведения экспертизы техническая документация производителя, официальные научные данные касающиеся заявленной продукции, протокол лабораторных испытаний.

Испытательным центром Сергиево-Посадского филиала Федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Московской области» (аттестаты аккредитации N РОСС RU.0001.21АЮ22; ГСЭН.RU.ЦОА.566 (РОСС RU.0001.516503) проведены исследования образцов продукции на соответствие требованиям: Раздел 6 «Требования к полимерным и полимерсодержащим строительным материалам и мебели»; Раздел 11 «Требования к продукции, изделиям, являющимся источником ионизирующего излучения, в том числе генерирующего, а также изделиям и товарам, содержащим радиоактивные вещества» главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), установлены уровни миграции вредных веществ в модельные среды, проведены радиологические, органолептические исследования, проведен инструментальный контроль уровней физических факторов.

На основании результатов экспертизы нормативно-технической документации, вышеуказанных гигиенических характеристик, продукция может быть рекомендована Для утепления стен, для теплоизоляции домов, для внутренней изоляции помещений, для изоляции трубопроводов, а также в бытовом строительстве для утепления и изоляции балконов, лоджий, подвалов и т.п., при условии соблюдения положений: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010, следующих санитарно-гигиенических требований:

1. Гигиенические показатели продукции:
санитарно-химические показатели:

Миграция химических веществ в модельную среду (воздушная среда, температура в камере 40°С, время экспозиции - 24 часа), мг/кг, не более

Акрилонитрил	0,03
Спирт изопропиловый	0,2
Толуол	0,3
Фенол	0,003

- радиологические показатели:

эффективная удельная активность (Аэфф) естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) – не более 370 Бк/кг.

- органолептические показатели:

запах образца в естественных условиях – не более 2 баллов

2. При применении продукции необходимо руководствоваться рекомендациями производителя, при необходимости использовать рекомендованные средства индивидуальной защиты.
3. Хранение продукции в упаковке предприятия-изготовителя в закрытых, сухих складских помещениях производственных зданий и сооружений.
4. Маркировка продукции должна содержать наименование предприятия-изготовителя, его местонахождение, наименование продукта, область применения продукции, обозначение нормативного документа, дата изготовления, условия и срок хранения, меры предосторожности при применении.
5. Утилизация продукции на специальных полигонах обезвреживания и захоронения промышленных отходов или методом вторичной переработки.

ВЫВОДЫ

На основании результатов экспертизы представленной документации, результатов лабораторных исследований, теплоизоляционный материал «Пенозол», может быть рекомендован для утепления стен, для теплоизоляции домов, для внутренней изоляции помещений, для изоляции трубопроводов, а также в бытовом строительстве для утепления и изоляции балконов, лоджий, подвалов, чердаков и т.п., при условии соответствия положениям: Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому

низору (контролю) утв. решением Комиссии таможенного союза №299 от 28.05.2010
соблюдения вышеуказанных правил и норм.

Эксперт - врач ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии
во Владимирской области»



Д. Д. Омельченко

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.AB24.H06568

Срок действия с 30.08.2013 по 29.08.2016

№ 1241264

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ рег. № РОСС RU.0001.11AB24.
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ
"СТАНДАРТ-ТЕСТ".
121359, г. Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 4, офис 1, тел. (495) 741-59-32, (499) 726-30-02, факс (499)
726-30-01, E-mail info@standart-test.ru.

ПРОДУКЦИЯ Минерально-полимерный композиционный материал
«ВИНИЗОЛ»
по ТУ 5770-001-90978809-2013. Серийный выпуск.

код ОК 005 (ОКП):

57 7000

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ТУ 5770-001-90978809-2013

код ТН ВЭД России:

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации», ИНН:
3812132670.
Адрес: 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Общество с ограниченной ответственностью «ЭкоСтройИнновации», ИНН:
3812132670.
Адрес: 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, к.И-021.
Телефон +7(3952)40-57-16, факс +7(3952)40-57-16.

НА ОСНОВАНИИ Протокола сертификационных испытаний № 31СТ-08/2013 от 20.08.2013 г. ИЦ ООО
"ЕВРОСТАН", рег. № РОСС RU.0001.21AB76 от 07.02.2013, адрес: 302020, РФ, Орловская область, г. Орел,
Наугорское ш., д. 5.
Экспертного заключения № 922, регистрационный номер: 2486 от 06.06.2013 г., выданного ФБУЗ Центр
гигиены и эпидемиологии в Владимирской области

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Инспекционный контроль: август 2014г., август 2015г.
Схема сертификации: 3.



Руководитель органа
(заместитель руководителя)

[Signature]
подпись

Л.В. Козийчук

инициалы, фамилия

Эксперт

О.А. Кривов

инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации