В печать
29.12.2022

На правах рукописи

Юрченко Виталий Викторович

КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

05.23.05 – строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Макеевка – 2022

Работа выполнена на кафедре «Автомобильные дороги и аэродромы» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

Научный руководитель: **Братчун Валерий Иванович**, доктор технических наук, профессор, ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», заведующий кафедрой «Автомобильные дороги и аэродромы».

Официальные оппоненты: **Кондращенко Валерий Иванович,** доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», профессор кафедры «Строительные материалы и технологии»;

Нагорная Нина Павловна, кандидат технических наук, доцент, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского», доцент кафедры товароведения

Ведущая организация: Автомобильно-дорожный институт ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Защита состоится «03» марта 2023 г. в 13^{00} часов на заседании диссертационного совета Д 01.006.02 при ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, зал учёного совета. Тел. факс: +38(0623) 22-77-19, e-mail: d01.006.02@donnasa.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2 (http://donnasa.ru).

Автореферат разослан « » 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 01.006.02 Лахтарина С. В.
к.т.н., доцент

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время одним из эффективных направлений в области композиционных материалов является разработка и производство строительных материалов с использованием отходов растительного происхождения и экологически чистых вяжущих веществ. Это связано с повышением экологических и ресурсо-экономических требований. Например, применение древесно-стружечных плит, содержащих в своём составе токсичные вяжущие (карбамидоформальдегидные, фенолформальдегидные смолы) ограничено. Древесину можно рассматривать как легко доступный и экономичный наполнитель, который может позволить снизить затраты на полимерные вяжущие, обеспечить жесткость и повысить износостойкость изделий из термопластичных древесно-полимерных композитов. Использование древесного наполнителя повышает скорость экструзии профиля, поскольку меньшая теплоемкость позволяет изделию быстрее охлаждаться.

Сочетание свойств отходов древесины, вторичного полиэтилена высокого давления и модифицирующих добавок дают возможность получать полимерный композит для использования в различных отраслях народного хозяйства. Древесно-полимерный композит является универсальным материалом, его свойствами легко варьировать, получая, таким образом, широкий спектр изделий (доска, плиты, лаги и др.) с самыми различными механическими и экстерьерными свойствами. Композитный материал состоит из нескольких компонентов, три из которых являются основными – это мелкодисперсные отходы переработки древесины, вторичный полиэтилен высокого давления и специальные модифицирующие добавки (воск, суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 и антипирен российской фирмы «ЭкоПирен»).

Степень разработанности темы исследования. Теоретической основой выполнения исследований в области разработки состава древесно-полимерного композита, являются работы Аскадского А. А., Баженова С. Л., Генина Н. Н., Диденко С. В., Калашникова С. А., Кондращенко В. И., Любешкина Е. Г., Мацеевича Т. А., Портненко В. С., C. Brischke, H. Kobori, E. Stanaszek, W. Darmawan и др. Несмотря на масштабность исследований следует обратить внимание на то, что в качестве вяжущего строительного композиционного материала использовались термопластичные полимеры (поливинилхлорид, полипропилен и др.), композиции на основе эпоксидных олигомеров, а также с использованием карбамидоформальдегидных смол, которые имеют повышенную токсичность, а в качестве наполнителя древесная мука и модификаторы. В связи с этим, недостаточно изученными являются закономерности формирования структуры композиционного материала на основе вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины; не установлен оптимальный состав отходов переработки древесины по гранулометрическому составу; не определены концентрационные соотношения вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины; не исследованы параметры технологических режимов производства и

оптимальные концентрации вторичного полиэтилена высокого давления, отходов древесины и модифицирующих добавок.

Целью исследования является разработка физико-химических положений формирования оптимальной структуры и технологических параметров получения термопластичных древесно-полимерных композиционных материалов с заданным комплексом функциональных свойств с использованием вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок.

Объект исследования – композиционный материал с использованием вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок.

Предмет исследования – закономерности процессов структурообразования строительного композиционного материала с использованием вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины, модифицированных комплексной добавкой.

Задачи исследования:

– сформулировать теоретические положения о предполагаемых закономерностях формирования структуры композиционного материала с использованием вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок с заданным комплексом физико-механических свойств;

– исследовать зависимость свойств полученных композиционных строительных материалов от химического и фракционного состава сырья;

– установить оптимальный расход вторичного полиэтилена высокого давления и параметры технологических режимов взаимодействия компонентов древесно-полимерных материалов при их подготовке, термообработке и получении композиционного древесно-полимерного материала, а также установить влияние модифицирующих добавок на свойства вторичного полиэтилена высокого давления и свойства изготавливаемых композиционных материалов;

– оптимизировать состав композиционного древесно-полимерного строительного материала;

– определить зависимость свойств древесно-полимерного композита от содержания в пресс-массе комплекса полимерных отходов вторичного полиэтилена высокого давления;

– разработать «Рекомендации по производству изделий из эффективных древесно-полимерных материалов, содержащих в своём составе вторичный полиэтилен высокого давления, мелкодисперсные отходы переработки древесины и модифицирующие добавки».

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

– теоретически и экспериментально оптимизирован состав древесно-полимерного композита; установлено, что проектируемые свойства изделия достигаются при концентрации компонентов: древесный наполнитель с фракцией 0,1-1,25 мм – 69-71% мас., вторичный полиэтилен высокого давления с фракцией менее 0,63 мм – 26-28% мас., модификаторы – 3% (воск - 2,5%

мас., суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 - 0,3% мас., антипирен российской фирмы «ЭкоПирен» - 0,2% мас.);

– установлена зависимость физико-механических свойств полученных древесно-полимерных композитов от химического и фракционного состава полимерных компонентов. Выявлена и описана закономерность взаимодействия компонентов древесно-полимерных композиций при их подготовке и получении смеси из отходов переработки древесины и вторичного полиэтилена высокого давления;

– определены физико-механические свойства термопластичного древесно-полимерного композита в зависимости от концентрации древесного наполнителя.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов:

– сформулированы теоретические положения получения термопластичных древесно-полимерных композиционных материалов с заданным комплексом физико-механических свойств;

– для ПАО «Облдорремстрой» разработаны «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины»;

– определен предполагаемый экономический эффект от внедрения изделий из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины для ПАО «Облдорремстрой»;

– результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов по специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» в ГБО УВО «Донецкий институт железнодорожного транспорта» в дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» в разделе «Полимерные материалы».

Методы исследований. Теоретические положения сформулированы на основе физико-химической механики получения композиционных строительных материалов, а также химии высокомолекулярных соединений. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и специальных методов. Для обработки и анализа результатов экспериментальных исследований использованы методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

– теоретическое и экспериментальное обоснование получения композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок;

– закономерности формирования структуры в системе: «древесный наполнитель – вторичный полиэтилен высокого давления – модифицирующие добавки»;

– способы оптимизации фракционного состава древесно-полимерного композита;

– результаты экспериментальных исследований параметров технологических режимов производства древесно-полимерного композита, физико-механических и эксплуатационных свойств древесно-полимерного композита из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины;

– ведомственный нормативный документ «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины» (ПАО «Облдорремстрой»).

Личный вклад соискателя:

– результаты теоретических и экспериментальных исследований структурообразования композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины;

– оптимальные параметры технологических режимов производства древесно-полимерного композита;

– оптимальный фракционный состав композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины;

– показатели физико-механических и эксплуатационных свойств древесно-полимерного композита;

– «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины».

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются: значениями экспериментальных данных, полученных с применением современных аттестованных и поверенных приборов, и оборудования; адекватностью экспериментально-статистического математического анализа; соответствием результатов эксперимента теоретическим предпосылкам.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на различных этапах её выполнения на научно-технических конференциях и семинарах: III Всеукраинская научно-практическая конференция молодых учёных и студентов «Транспорт и логистика» (г. Донецк, 2012 г.); 74-я Международная научно-техническая конференция кафедр Академии, инженерно-технических работников железной дороги, предприятий и организаций Украины и других стран (г. Харьков, УкрГАЖТ, 2012 г.); 4-я Международная научно-техническая конференция «Проблемы надежности и долговечности инженерных сооружений и зданий на железнодорожном транспорте» (г. Харьков, УкрГАЖТ, 2013 г.); IV, XVII Международная научно-практическая конференция: «Актуальные проблемы развития транспортно-промышленного комплекса: инфраструктурный, управленческий и образовательный аспекты» (г. Донецк, ГОО ВПО «ДОНИЖТ», 2017 г., 2020 г.); IV международный строительный форум «Строительство и архитектура» (г. Макеевка, ГОУ ВПО «ДОННАСА», апрель 2020 г.).

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 11 печатных работах, в том числе: 7 в рецензируемых научных изданиях, 4 работы в сборниках научных конференций и семинаров.

Общий объем публикаций – 2,7 п.л., из которых 2,0 п.л. принадлежат лично автору.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованных источников из 130 наименований на 13 страницах, трёх приложений на 9 страницах, содержит 109 страниц основного текста, 35 рисунков, 17 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, приведены основные научные результаты, показано их практическое значение и область реализации.

В **первом разделе** рассмотрено современное состояние вопроса по получению композиционного строительного материала на основе вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины, а именно: анализ использования вторичных отходов термопластичных полимеров в производстве строительных материалов; рассмотрены применяемые технологии и оборудование для формообразования изделия при производстве композиционных материалов; эффективные способы повышения долговечности древесно-полимерного композита (ДПК) с использованием вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины.

В настоящее время одним из важнейших направлений развития технологий обращения с отходами, а именно с полимерными материалами и древесными отходами, является их вторичное использование.

Анализ работ Аскадского А. А., Баженова С. Л., Генина Н. Н., Диденко С. В., Калашникова С. А., Кондращенко В. И., Любешкина Е. Г., Мацеевича Т. А., Портненко В. С., C. Brischke, H. Kobori, E. Stanaszek, W. Darmawan и др. свидетельствуют о том, что проблема повторного использования полиэтилена высокого давления (ПЭВД) в виде вышедших из эксплуатации изделий, а также технологических отходов производства древесины, является актуальной и носит как экологический, так и экономический характер. Для переработки вторичного ПЭВД необходима его предварительная подготовка. При этом необходимо учитывать источник образования отходов и степень их загрязнения, модифицирование вторичного полиэтилена изменением его химической структуры в процессе экструзии на комбинированном экструдере. При определенных температурно-скоростных режимах экструзии происходит разрушение пространственной структуры вторичного полиэтилена. Это приводит к снижению вязкости расплава и улучшает его перерабатываемость.

Одним из основных способов повышения сроков службы ДПК, является введение в состав полимерного связующего модифицирующих добавок, что не только улучшает реологические и технологические свойства перерабатываемого вторичного полиэтилена высокого давления, но и оказывает существенное влияние на физико-механическое и химическое взаимодействие в системе «древесный наполнитель – вторичный полиэтилен высокого давления».

Выполнен анализ применяемых технологий и оборудования для производства композиционных материалов из вторичного ПЭВД и мелкодисперсных отхо-

дов переработки древесины: экструзия, литьё под давлением, ротационное формование, прямое прессование. Сравнивая, приведённые способы получения изделий из вторичного ПЭВД и мелкодисперсных отходов переработки древесины, следует отметить, что экструзия, ротационное формование и литье под давлением имеют технологические ограничения, высокую стоимость. В отличии от этого оборудование для прямого прессования достаточно простое, доступное и несложное в обслуживании, имеет невысокую стоимость.

Во **втором разделе** сформулированы теоретические положения формирования структуры и свойств композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок.

В составе композиционного материала частицы древесины являются армирующим компонентом. В данной системе наблюдается формирование адгезионных связей между древесным наполнителем и вяжущим веществом. Физико-механические показатели полученного изделия достигаются в результате оптимизации межфазных и физических взаимодействий, и отличаются от показателей отдельных компонентов входящих в его состав, наделяя композит новыми синергетическими свойствами.

Оптимальная концентрация древесного наполнителя обеспечивает устойчивые показатели качества изделия. Расположение древесного наполнителя в вяжущем веществе должно быть равномерное, ориентированное по длине изделия, расстояние между ними определяется оптимально-структурированным слоем полимерного вяжущего. В связи с этим полиэтилен высокого давления должен полностью заполнять пустоты и обволакивать частицы древесного наполнителя.

Решающее значение для формирования физико-механических свойств композиционных материалов имеет состояние и свойства граничных слоев на поверхности раздела фаз. Взаимодействие полимерного вяжущего вещества и отходов мелкодисперсных древесных частиц создаёт неоднородную систему, в которой слой связующего взаимодействует с поверхностью древесных частиц, образует межфазный слой, предопределяющий новые, нехарактерные для исходных компонентов свойства. В связи с этим, немаловажным является отношение толщины межфазного слоя к общему слою вяжущего вещества. Концентрация вторичного ПЭВД на поверхности частиц мелкодисперсных отходов будет оптимальной, когда адгезия вяжущего вещества к поверхности частиц будет максимальна.

Расчетным методом, разработанным профессором И. В. Королевым, определена толщина полимерной пленки на фракциях данного размера (δ_m) по формуле (1).

$$\delta_m = \frac{10}{S_m \cdot P_m \cdot \rho_п}\left(П - \frac{1}{10} - \rho_п \sum_{i=1}^{m-1} P_i \cdot S_i \cdot \sigma_i\right), \qquad (1)$$

где S_m – удельная площадь поверхности фракции, m, мм^2/г;

P_m – содержание фракции, m, %;

$\rho_п$ – плотность вторичного полиэтилена высокого давления, г/м^3;

П – оптимальная концентрация вторичного полиэтилена высокого давления, %;
P_i – содержание фракции, i, %;
S_i – удельная площадь поверхности фракции, i, мм^2/г;
σ_i – толщина полимерной пленки на частицах фракции, i, мкм.

По формуле (1) определена толщина полимерной пленки на фракциях мелкодисперсных отходов древесины в пресс-массе оптимальной гранулометрии, при которой формуется полимерный композит с наибольшей прочностью и плотностью. Толщина полимерной пленки на частицах мелкодисперсных отходов древесины взаимосвязана также с вязкостью полимера.

С момента контакта опускаемого плунжера с поверхностью пресс-материала в форме возникает давление, которое заставляет вязкопластический материал пластически деформироваться, тем самым заполняет формообразующее пространство формы. Усилие, развиваемое прессом, расходуется на трение с древесным наполнителем и полимером при пластическом деформировании в форме.

Интервал времени, которое изделие находится под давлением при охлаждении, является одним из факторов, влияющих на упругое расширение полимерного композита после извлечения его из пресс-формы.

В **третьем разделе** приведены характеристики объектов и методов исследований.

В качестве наполнителя использован древесно-растительный наполнитель в виде смеси отходов промышленной переработки (опилки, стружка) или специально получаемой для производства ДСП и ДВП, а также из частиц измельчённых растительных отходов сельскохозяйственного и промышленного производства фракции 0,1-5 мм (таблица 1), отвечающие требованиям ГОСТ 16361-87 (дата актуализации 06.04.2015), ГОСТ 23246-78 (дата актуализации 13.09.2019), ГОСТ 5244-79 (дата актуализации 15.03.2008), ГОСТ 15815-83 (дата актуализации 06.04.2015).

Таблица 1

Характеристика древесного наполнителя

Древесный наполнитель	Способ получения	Рассев отходов древесной фракции, мм	Влажность, %
1	2	3	4
Мелкодисперсные отходы переработки древесины	просеивание	0,1-1,25, 2-5	менее 10,0, менее 10,0

В качестве термопластичного связующего материала использован вторичный полиэтилен высокого давления марки 15803-020 в виде порошка и гранул (таблица 2), отвечающий требованиям ГОСТ 16337-77 (дата актуализации 06.04.2015). Гранулы измельчены на полимерной дробилке и просеяны через сита № 0,33, 0,63, 1,25, 2,5, 5 мм.

Таблица 2

Сырье и характеристика вторичных термопластов

Наименование материала	Цвет материала	Способ получения	Размер фракции, мм	Температура плавления, °С
1	2	3	4	5
Медицинские шприцы, системы переливания	белый, прозрачный	дробление, рассев	0,33-5	110-130
Пластиковые трубы различного диаметра	разнообразный	дробление, рассев	0,33-5	120-140
Упаковка, ящики, контейнеры, тара и другая продукция	разнообразный	дробление, рассев	0,33-5	110-130

В качестве модифицирующей добавки использовался воск марки П-1, отвечающий требованиям ГОСТ 23683-2021 (дата актуализации 01.01.2022). Воск белого цвета с температурой плавления 55 °С, а также суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 и антипирен российской фирмы «ЭкоПирен».

В диссертационной работе, кроме стандартных методов использовались специальные методы: микроскопия, инфракрасная спектроскопия и реология.

Спектроскопические исследования вторичного полиэтилена высокого давления и древесного наполнителя выполнены на приборе ИК-Фурье спектрометр IROS P01.

Реологические исследования выполнены с помощью ротационного реометра RS-CPS Plus с рабочим узлом конус-плоскость.

В **четвёртом разделе** приведены результаты экспериментальных исследований оптимизации фракционного состава композиционного строительного материала на основе вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины.

Для определения наиболее эффективного компонента, используемого в качестве наполнителя полимерного композита исследовали два вида древесных частиц. Это древесный наполнитель с фракционным составом 0,1-1,25 мм и древесный наполнитель с фракционным составов 2-5 мм. В качестве термопластичного связующего материала использован вторичный полиэтилен высокого давления марки 15803-020.

На рис. 1 приведены значения предела прочности на изгиб ДПК от концентрации и вида древесного наполнителя.

Образцы ДПК с древесным наполнителем фракции 0,1-1,25 мм характеризуются значением предела прочности при изгибе в 1,5 раза выше, чем ДПК, наполненного частицами фракции 2-5 мм, так как при использовании таких частиц фракции увеличивается площадь поверхности сцепления наполнителя с матрицей. Это повышает адгезию между древесными частицами и полимером. Как следствие получается более однородная и более прочная композиция.

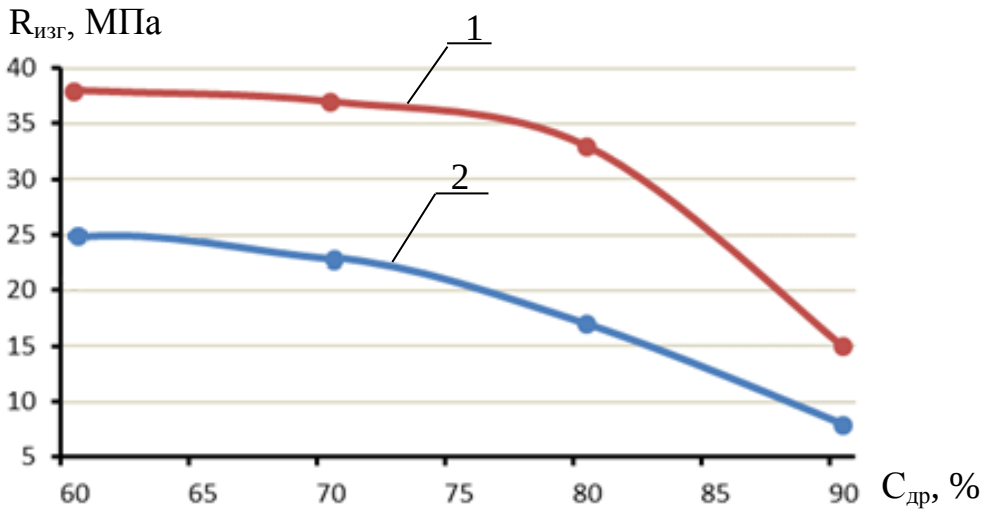

Рис. 1 – Зависимость предела прочности при изгибе ($R_{изг}$) древесно-полимерного композита от концентрации древесного наполнителя ($C_{др}$): 1 – древесный наполнитель фракции 0,1-1,25 мм; 2 – древесный наполнитель фракции 2-5 мм

Древесно-полимерные композиты с составом древесного наполнителя фракции 0,1-1,25 мм характеризуются более высокими значениями предела твердости по сравнению с композитом, изготовленным на основе древесного наполнителя фракции 2-5 мм (рис. 2).

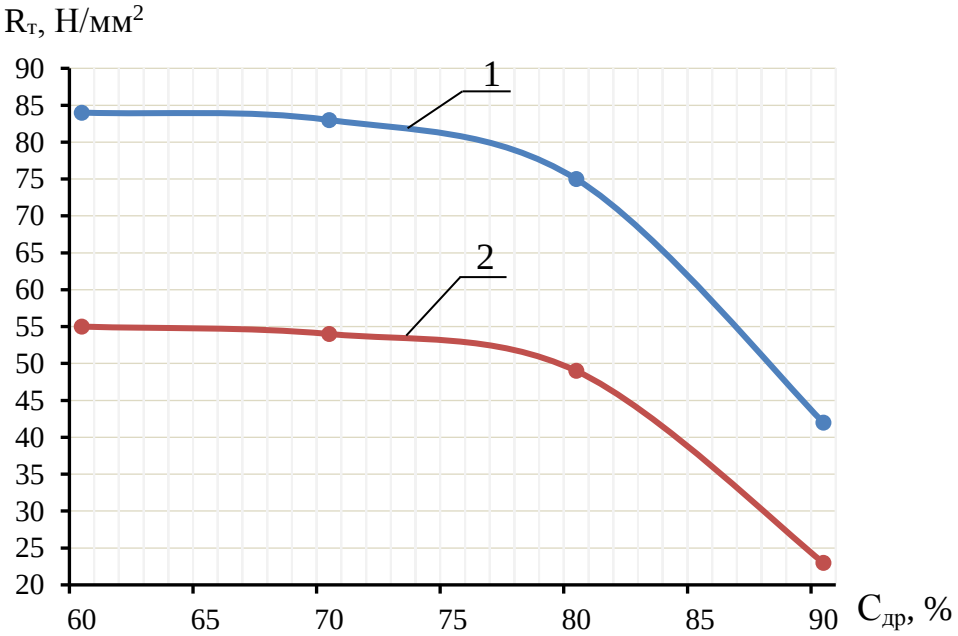

Рис. 2 – Зависимость предела твёрдости ($R_т$) древесно-полимерного композита от концентрации древесного наполнителя ($C_{др}$): 1 – древесный наполнитель фракции 0,1-1,25 мм; 2 – древесный наполнитель фракции 2-5 мм

Характерно, что предел твёрдости древесно-полимерного композита с древесным наполнителем фракции 0,1-1,25 мм, в среднем в 1,5 раза выше, чем композита изготовленного с использованием древесного наполнителя фракции 2-5 мм.

Водопоглощение после 30 суток равно 3,6% против 5,7% (рис. 3).

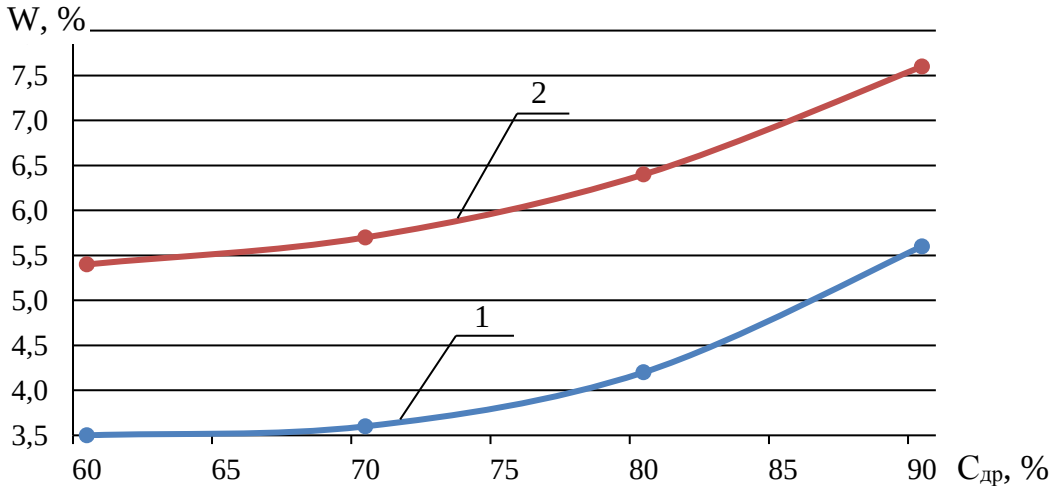

Рис. 3 – Зависимость водопоглощения (W) древесно-полимерного композита от концентрации древесного наполнителя ($C_{др}$): 1 – древесный наполнитель фракции 0,1-1,25 мм; 2 – древесный наполнитель фракции 2-5 мм

Таким образом, образцы ДПК, изготовленные с использованием древесного наполнителя фракции 0,1-1,25 мм, в среднем на 30% меньше поглощают воду, чем образцы с использованием древесного наполнителя фракции 2-5 мм.

При определении оптимального фракционного состава мелкодисперсного древесного наполнителя выполнен дисперсионный анализ (таблица 3).

Таблица 3

Массовое распределение древесного наполнителя по фракционному составу

Фракция наполнителя, L, мм	0,33	0,63	1,25	2,5	5
Масса фракции, прошедшей через сито, P, г	115	179	499	322	24
Удельное содержание фракции, m, %	11,5	17,9	49,9	32,2	2,4
Насыпная плотность фракции, ρ, г/см^3	0,271	0,263	0,258	0,247	0,235

Построена дифференциальная кривая распределения древесной фракции по массе (рис. 4). Она характеризует долю данной фракции размером, L и выражается для массового распределения частиц функцией, m = f (L).

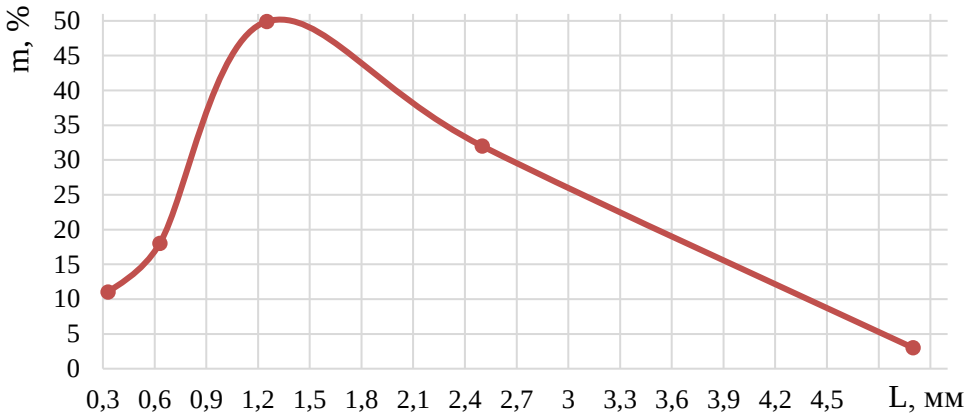

Рис. 4 – Массовое распределение древесного наполнителя по фракционному составу (m) от линейных размеров (L)

Распределение используемого наполнителя по массе и размерам свидетельствует, что наибольшую массу, прошедшую через сито, имеют фракции 0,1-1,25 мм - 49,9%.

Насыпная плотность всех фракций примерно одинаковая и в среднем равна 0,26 г/см^2 до фракции 1,25 мм включительно. Для фракции 2,5 и 5 мм насыпная плотность снижается, так как частицы фракции агрегируют и занимают больший объем, а также характеризуются более высоким значением пустотности.

Таким образом, за оптимальный размер древесного наполнителя принята фракция частиц, прошедших через ячейки сита, не более 1,25 мм.

Знание гранулометрического состава вторичного полиэтилена высокого давления необходимо для качественного и количественного определения параметров наполнения древесно-полимерных систем, которое также влияет на свойства и технологические параметры изготавливаемых изделий, как и древесный наполнитель.

Дисперсионный анализ выполнен ситовым анализом. Масса полимерного компонента, отобранная для ситового анализа, составляла 1000 г. Использован стандартный набор сит с размерами ячеек № 0,33, 0,63, 1,25, 2,5, 5 мм. Результаты фракционного состава исследуемого вторичного полиэтилена высокого давления приведены в таблице 4.

Таблица 4

Массовое распределение вторичного полиэтилена высокого давления по фракционному составу

Размер ячейки сита, мм	0,33	0,63	1,25	2,5	5
Масса фракции, прошедшей через сито, P, г	218,6	335,4	185,7	162,3	89,2
Удельное содержание фракции, m, %	21,86	33,54	18,57	16,23	8,92

Определение геометрических размеров вторичного полиэтилена высокого давления различных фракций выполнено микроскопическим методом на цифровом микроскопе Bresser biolux LCD 50x-2000x.

По результатам ситового анализа построена кривая распределения вторичного ПЭВД по массе (рис. 5).

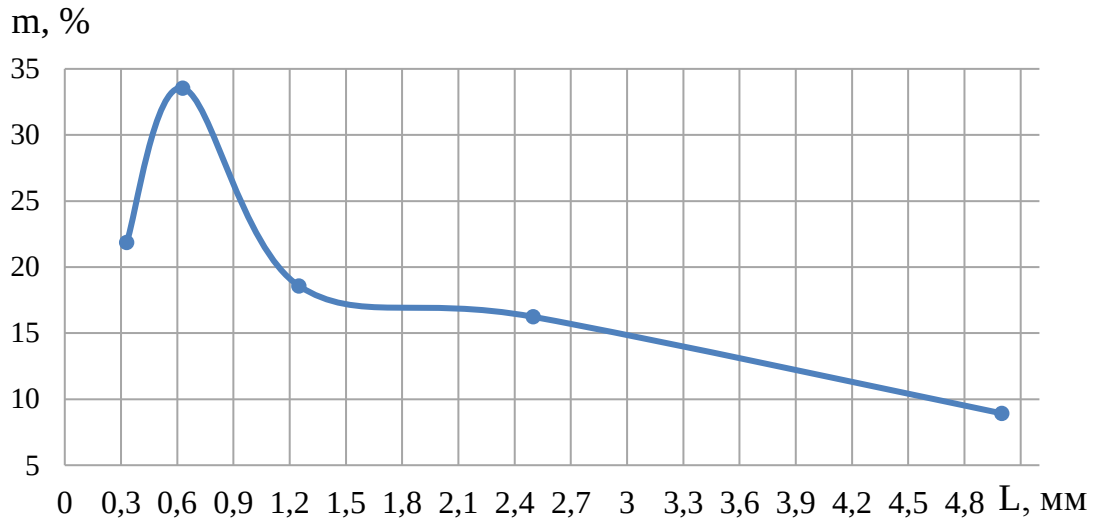

Рис. 5 – Зависимость массы вяжущего вещества (m) от линейных размеров частиц вторичного полиэтилена (L)

Таким образом, распределение используемого полимерного компонента по массе и размерам показало, что наибольшая масса, прошедшая через сито, характерна для фракции 0,33-0,63 мм – 33,54%. За оптимальный фракционный состав частиц вторичного полиэтилена высокого давления по массе принято фракцию частиц, не более 0,63 мм.

Спектроскопическими исследованиями вторичного полиэтилена высокого давления установлено, что во вторичном ПЭВД характерно наличие ненасыщенных связей винильного типа, карбоксильные группы, простые эфирные группы, сложноэфирные группы.

Древесный наполнитель также содержит полярные активные группы.

В частности, полоса 1500 см$^{-1}$ характеризует колебания бензольных колец лигнина. Рост относительной интенсивности полосы кетонов (1720 см$^{-1}$) свидетельствует о трансформации и образовании альдегидов. Содержание этих групп уменьшается в результате взаимодействия с функциональными группами целлюлозы. Полоса 1740 см$^{-1}$ - карбонильное поглощение.

Характерно, что структурообразование полимер-древесных материалов определяется процессами взаимодействия на поверхности раздела фаз, значительное влияние на которые оказывает характер распределения частиц наполнителя, а наличие реакционноспособных групп полимера приводит к химическому взаимодействию его с функционально-активными группами древесины.

Композиция содержит компоненты: вторичный полиэтилен высокого давления 26-28% мас. фракции 0,33-0,63 мм, 69-71% мас. фракции древесного наполнителя размером 0,1-1,25 мм, модифицирующие добавки 3% мас.

Кривая сдвиговых напряжений древесно-полимерного композита приведена на рисунке 6.

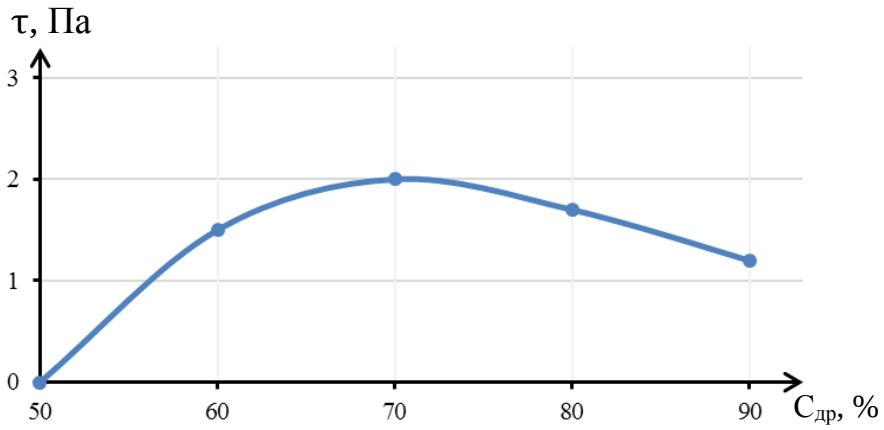

Рис. 6 – Зависимость напряжения сдвига древесно-полимерного композита (τ) от концентрации древесного наполнителя ($С_{др}$)

Образование структурной полимерной матрицы наполнителя, возможно при малой толщине прослоек полимера между частицами наполнителя.

Если за меру скорости сдвига принять значение нормального напряжения (σ) при $\dot{\gamma}$ = const, то зависимость напряжения от концентрации наполнителя имеет вид (рис. 7).

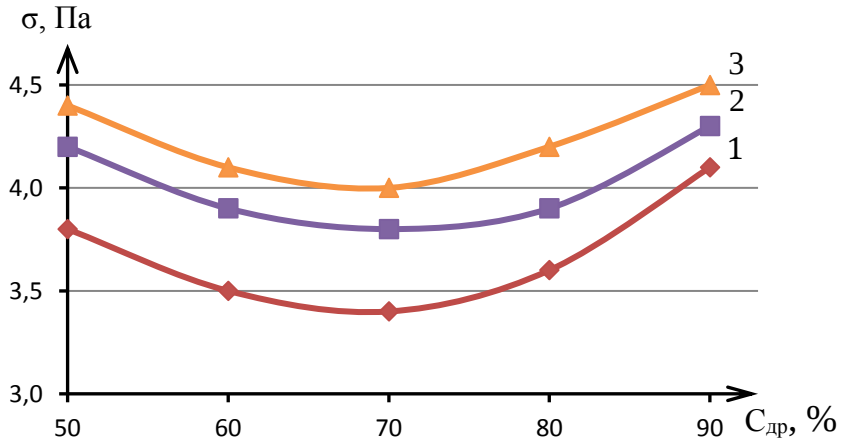

Рис. 7 – Зависимость нормального напряжения древесно-полимерного композита (σ) от концентрации древесного наполнителя ($С_{др}$) при постоянной скорости сдвига: 1 – 0,3 $с^{-1}$; 2 - 1,0 $с^{-1}$; 3 – 3,0 $с^{-1}$

В древесно-полимерном композите, при массовой концентрации древесного наполнителя менее 70%, скорость сдвига снижается вследствие ограничения конформационного набора макромолекул расплава вторичного полиэтилена высокого давления из-за их взаимодействия с поверхностью наполнителя. При дальнейшем увеличении концентрации древесного наполнителя начинает превалировать его вклад в упругую энергию, запасаемую расплавом в процессе пластичного деформирования.

Для определения влияния состава ДПК на его физико-механические свойства выполнены исследования свойств композиций на основе полимерной матрицы. Определена зависимость свойств ДПК от фракционного состава связую-

щего вещества. Характерно, что с увеличением дисперсности полимеров, возрастает и плотность материала (рис. 8).

В диссертационной работе экспериментально определены физико-механические свойства древесно-полимерного композита на основе вторичного полиэтилена высокого давления в зависимости от состава композиций, их плотности.

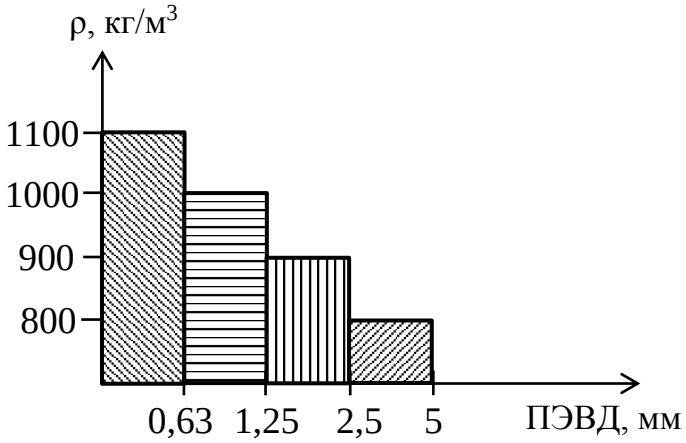

Рис. 8 – Зависимость плотности древесно-полимерного композита (ρ) от фракционного состава связующего вещества

С увеличением плотности от 800 до 1100 кг/м^3 прочность материала с частицами фракции 0,63-1,25 мм возрастает примерно в 1,5 раза для вторичного полиэтилена высокого давления (рис. 9), при этом наблюдается линейная зависимость между пределом прочности при изгибе ($R_{изг}$) и плотностью (ρ).

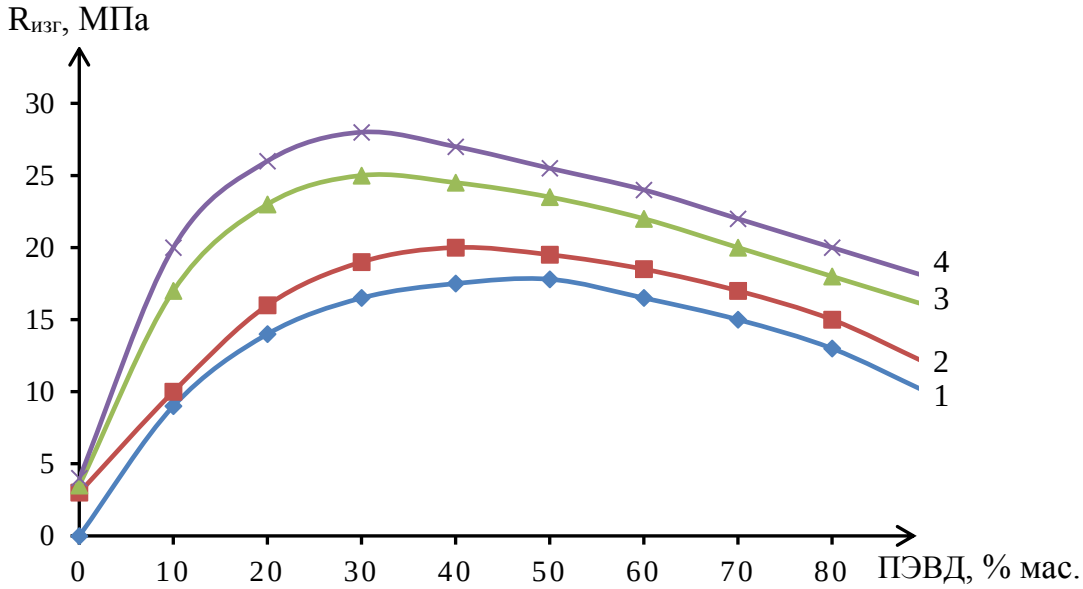

Рис. 9 – Зависимость предела прочности при статическом изгибе термопластичного древесно-полимерного композита ($R_{изг}$) от концентрации вторичного полиэтилена высокого давления в композиции (ПЭВД): 1,2,3,4 – фракции полимера, прошедшие сквозь сита №5, №2,5, №1,25 и №0,63 мм соответственно

Снижение предела прочности при изгибе, $R_{изг}$ от концентрации частиц наполнителя обусловлено тем, что снижается толщина прослоек полимера

между частицами древесины, становится не сплошной, снижается проявление армирующего эффекта каркаса, образованного анизодиаметричными частицами древесного наполнителя при их плотном контакте, а рост концентрации наполнителя приводит к нарушению сплошности прослоек полимера между древесными частицами. Вероятно, в структуре древесно-полимерного композита появляются дефекты в виде раковин, несмоченных участков в агрегатах из частиц, что и ведет к снижению прочности материала.

Таким образом, зависимость приведенная на рис. 9 показывает, что максимум предела прочности при изгибе для древесно-полимерного композита с использованием частиц фракции менее 0,63 мм находится в области низких концентраций 27-29% мас. Характерно, что при увеличении размера фракции полимерных компонентов максимум $R_{изг}$ для ДПК смещается в сторону более высоких концентраций содержания полимерных компонентов в древесно-полимерном композите. Для фракции 0,63-1,25 мм максимум $R_{изг}$ находится при 30-32% мас. содержании вторичного полиэтилена высокого давления, а для фракции 2,5-5 мм при 45-55% мас. концентрации полимерного вяжущего.

Зависимость предела прочности при изгибе ($R_{изг}$) и разрушающего напряжения ($\sigma_р$) от концентрации древесного наполнителя имеет экстремальный характер и достигает максимума при плотности древесно-полимерного композита 1100 кг/м^3 и полимерного наполнителя 22-32% мас. (рис. 9, 10).

Уменьшение массовой концентрации наполнителя снижает разрушающее напряжение ДПК из-за увеличения толщины слоев полимера между частицами вследствие постепенного снижения прочности древесного каркаса в полимерной матрице и естественного снижения его армирующего действия.

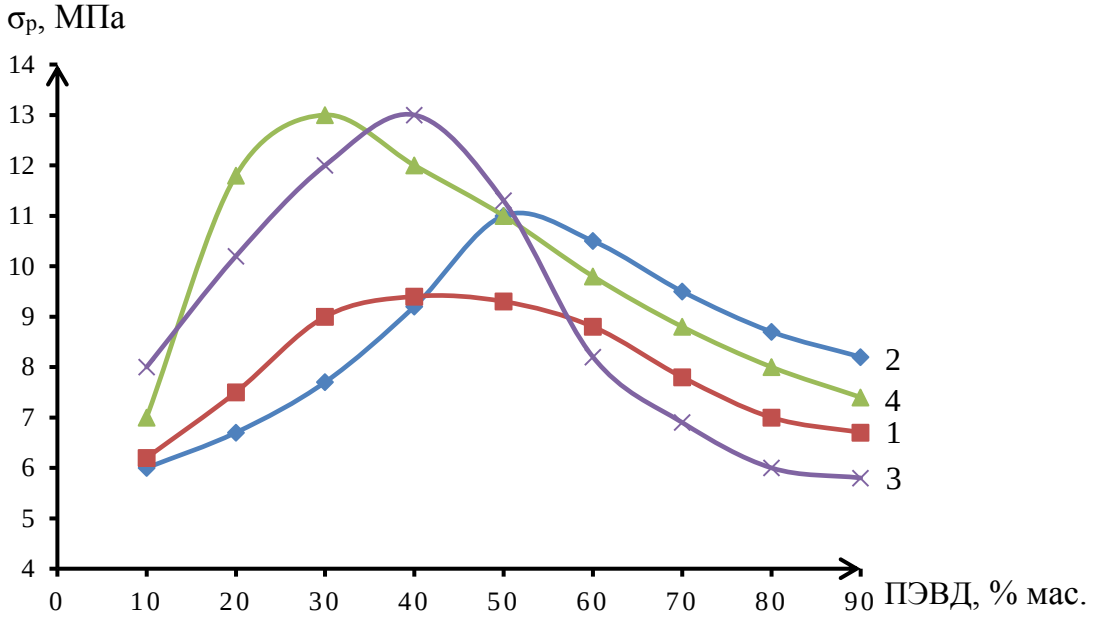

Рис. 10 – Зависимость разрушающего напряжения при разрыве древесно-полимерного композита ($\sigma_р$) от концентрации вторичного полиэтилена высокого давления в композиции (ПЭВД): 1,2,3,4 – фракции полимера, прошедшие сквозь сита №5, №2,5, №1,25 и №0,63 мм соответственно

Характерно, что максимум предела прочности при изгибе ($R_{изг}$) и разрушающего напряжения ($\sigma_р$) достигается при 22-32% мас. концентрации полимерного вяжущего в композиции. Показатели водостойкости этого состава высокие. За оптимальную массовую концентрацию следует принять древесного наполнителя 69-71% мас. и вяжущего вещества 26-28% мас. в древесно-полимерном композите, при плотности материала не менее 1000 кг/м^3. Композиты при данной концентрации наполнителя обладают высокими показателями устойчивости к истиранию. При увеличении концентрации древесного наполнителя более 80% мас. резко снижается истираемость, а снижение массовой концентрации менее 70% мас. приводит к незначительному улучшению стойкости к истиранию.

При увеличении плотности до 1100 кг/м^3 водопоглощение и набухание материала уменьшается в 1,7 раза в зависимости от содержания вторичного полиэтилена высокого давления в композиции (рис. 11, 12). Снижение концентрации частиц древесного наполнителя в композиции от 85 до 20% мас. приводит к монотонному снижению водопоглощения и набухания материала, что является следствием увеличения на поверхности древесных частиц толщины слоя полимера, препятствующего проникновению воды внутрь древесного компонента, имеющего капиллярно-пористую структуру и высокую сорбционную способность.

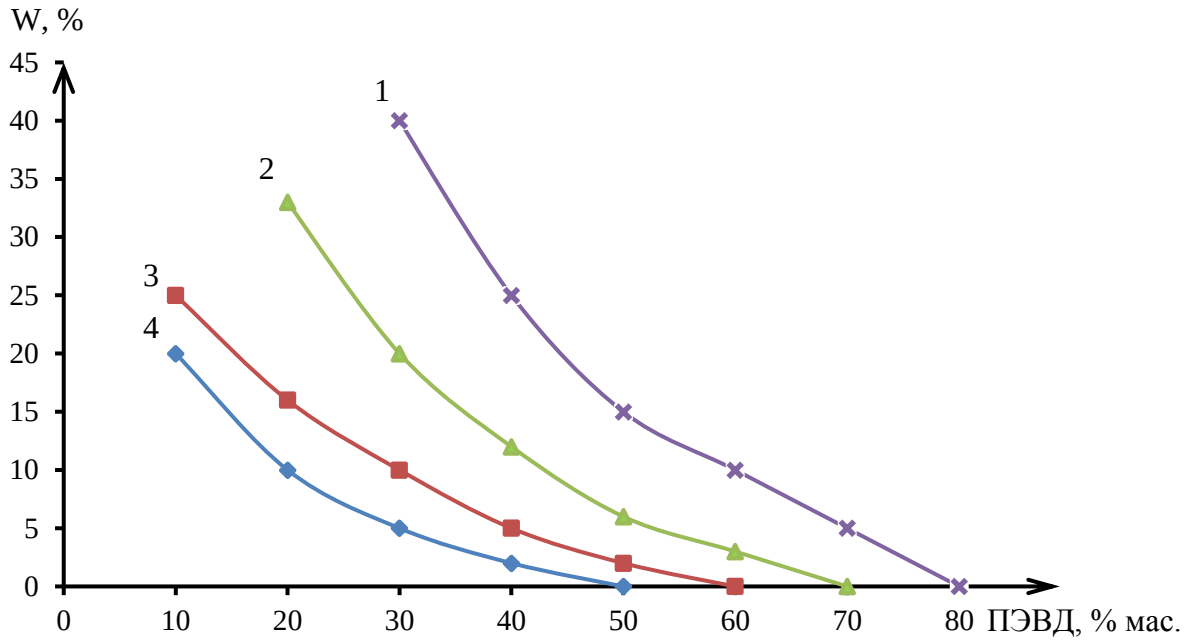

Рис. 11 – Зависимость водопоглощения по массе термопластичного древесно-полимерного композита (W) от концентрации вторичного полиэтилена высокого давления в композиции (ПЭВД): 1,2,3,4 – фракции полимера, прошедшие сквозь сита №5, №2,5, №1,25 и №0,63 мм соответственно

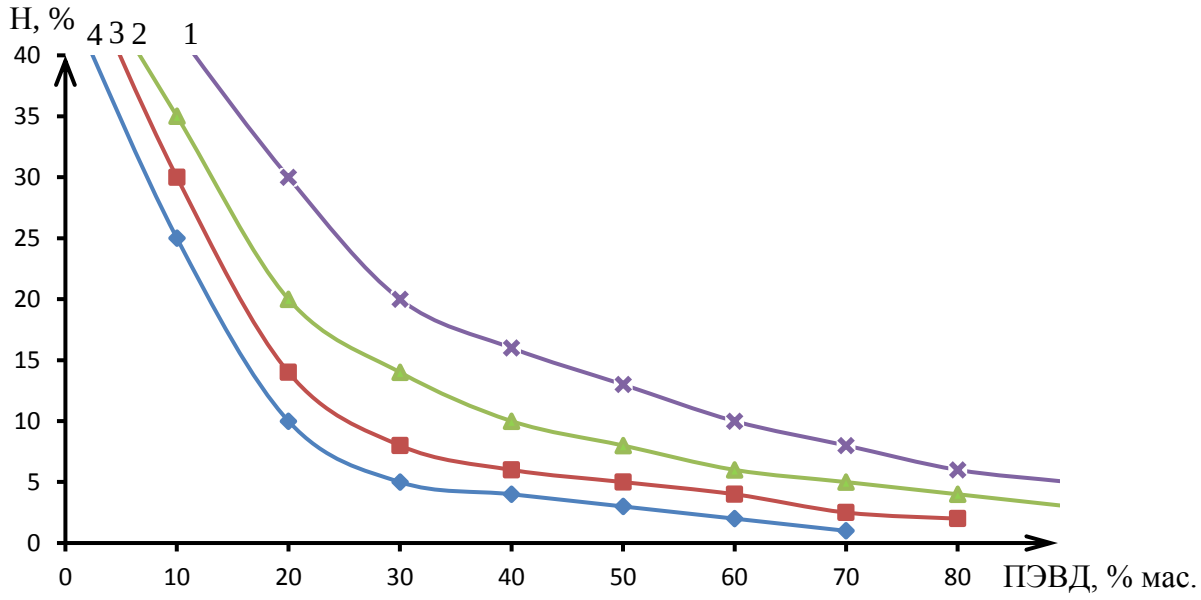

Рис. 12 – Зависимость набухания термопластичного древесно-полимерного композита (Н) от концентрации вторичного полиэтилена высокого давления в композиции (ПЭВД): 1,2,3,4 – фракции полимера, прошедшие сквозь сита №5, №2,5, №1,25 и №0,63 мм соответственно

Определена стойкость древесно-полимерного композита к ударному воздействию, в зависимости от фракции древесного наполнителя (таблица 5).

Таблица 5

Показатели ударной прочности древесно-полимерного композита

Фракция древесного наполнителя, мм	Тип полимера	Концентрация наполнителя, %	Высота падения стального шарика, мм	Степень разрушения, балл
0,33 - 1,25	Вторичный полиэтилен высокого давления	60	1500	1
		70	1500	1
		80	1250	2
2,5 - 5	Вторичный полиэтилен высокого давления	60	1500	2
		70	1500	2
		80	1250	3

Показатель ударной прочности образца снижается при массовой концентрации древесного наполнителя менее 70% мас. Наиболее высокие показатели достигаются при формировании структуры древесно-полимерного композита на основе древесного наполнителя фракции 0,33-1,25 мм с массовой концентрацией 69-71% мас. Согласно полученным экспериментальным данным, разработанный древесно-полимерный композит обладает высокими механическими свойствами.

Исследована зависимость коэффициента теплопроводности от концентрации древесных частиц (древесный наполнитель фракции частиц до 1,25 мм – 69-71% мас.) и типа связующего вещества (вторичный полиэтилен высокого давления) древесно-полимерного композита (рис. 13).

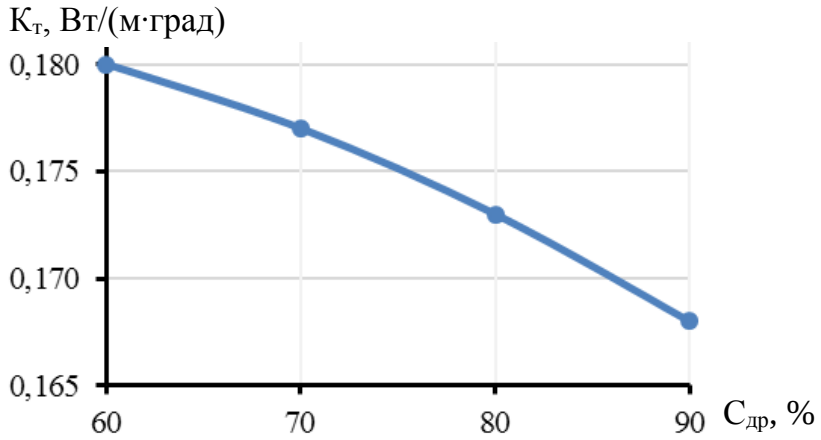

Рис. 13 – Зависимость коэффициента теплопроводности ($К_т$) ДПК от концентрации древесного наполнителя на основе вторичного полиэтилена высокого давления ($С_{др}$)

Полученные данные показывают снижение теплопроводности материала с увеличением концентрации древесного наполнителя. Характерно, что образцы на основе вторичного полиэтилена высокого давления в качестве связующего вещества с концентрацией древесного наполнителя 69-71% мас. имеют коэффициент теплопроводности $К_т$= 0,177 Вт/(м·град), что соответствует требованиям, предъявляемых к теплоизоляционным материалам.

Древесно-полимерный композит характеризуется морозостойкостью F=30.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что оптимальная концентрация вторичного полиэтилена высокого давления марки 15803-020 в композиционном строительном материале составляет 26-28 % мас., мелкодисперсных отходов переработки древесины – 69-71 % мас., при объединении с модифицирующими добавками: воск – 2,5% мас., суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 – 0,3% мас., антипирен российской фирмы «ЭкоПирен» – 0,2% мас.

Пятый раздел посвящен практической реализации исследований. Для ПАО «Облдорремстрой» разработаны «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины» и определен предполагаемый экономический эффект производства изделия из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины, который составляет 5,02 млн. рублей при годовом объеме производства ДПК 10000 м^3 в год. Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов по специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» в ГОО ВПО «Донецкий институт железнодорожного транс-

порта» в дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» в разделе «Полимерные материалы».

В таблице 6 приведена сравнительная характеристика изделий, изготавливаемых с использованием древесно-полимерной композиции, выпускаемых по стандартам Российской Федерации. Разработанный композиционный материал сопоставим по техническим характеристикам.

Таблица 6

Сравнительная характеристика изделий согласно нормативным документам

Техническая характеристика	ООО «Композит Строй-Сервис», Россия, ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ТУ 22.23.19-001-35775654-2017)	ООО «Поливан-групп», Россия, ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ТУ 16.21.13-001-01295061-017)	Древесно-стружечная плита (ГОСТ 10632-2014, дата актуализации 06.04.2015)	Нормы в соответствии с требованием ГОСТ Р 59555-2021	**Предлагаемое изделие из термопластичного древесно-полимерного композита**
1	2	3	4	5	**6**
Профильное изделие	Лага	Доска	Плита	–	**Доска**
Геометрические размеры изделия, мм	3000×75×35	3000×140×23	3500×1750×16	–	**3000×125×23**
Связующее вещество, %	Первичный полиэтилен высокой плотности низкого давления, 37%	Первичный полиэтилен высокой плотности низкого давления, 35%	Формальдегид 8-30 мг/100 г. абс. сухой плиты	–	**Вторичный полиэтилен низкой плотности высокого давления, 26-28%**
Содержание древесного наполнителя, %	55,0	58,0	78-80	–	**69-71**
Плотность, кг/м^3	1320	1414	600-750	не менее 1000	**1100**
Предел прочности при изгибе, МПа	41,0	33,0	7-13	30,0	**37,0**
Предел прочности при растяжении, МПа	17,3	17,6	3,5	12,0	**12,5**
Набухание по толщине в воде за 24 часа, %	0,35	0,35	22-33	не более 1,0	**0,3**
Водопоглощение в воде за 24 часа, %	1,22	1,32	5-13	не более 2,0	**1,23**

ВЫВОДЫ

1. Теоретически обоснованы, экспериментально запроектированы составы и разработана технология производства термопластичных древесно-полимерных композитов, включающие мелкодисперсные отходы переработки древесины, вторичный полиэтилен высокого давления и модифицирующие добавки.

2. Определены оптимальные параметры технологических режимов изготовления древесно-полимерного композита, а именно: температура предварительного нагрева компонентов ДПК 200°С, которая не превышает температуру деструкции вторичного полиэтилена высокого давления и горения древесного наполнителя; выдержка под давлением 20 МПа в течении 10 минут с одновременным охлаждением изделия.

3. Установлено, что введение в состав полимерного связующего модифицирующей добавки воска не только улучшает реологические и технологические свойства перерабатываемых полимеров, но и оказывает существенное влияние на физико-механическое и химическое взаимодействие древесной матрицы с полимерным наполнителем.

4. Определены оптимальные концентрационные соотношения в системе вторичный полиэтилен высокого давления марки 15803-020 фракции частиц 0,33-0,63 мм – 26-28 % мас., мелкодисперсный отход переработки древесины фракции частиц до 1,25 мм – 69-71 % мас. и модифицирующие добавки: (воск – 2,5% мас., суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 – 0,3% мас., антипирен российской фирмы «ЭкоПирен» – 0,2% мас.).

5. Установлено, что при предварительном нагреве пресс-массы, выделяющиеся продукты горения не превышают предельно допустимую концентрацию вредных веществ и соответствуют нормативным требованиям ГОСТ 30244-94 (дата актуализации 15.03.2008).

6. Термопластичные древесно-полимерные композиты с использованием: древесного наполнителя фракции 0,33-1,25 мм (69-71 % мас.), вторичного полиэтилена высокого давления фракции 0,63 мм (26-28 % мас.), характеризуются повышенной прочностью при изгибе $R_{изг}$ = 37 МПа против $R_{изг}$ = 23 МПа для композита с древесным наполнителем фракции 2-5 мм (69-71 % мас.); предел твердости $R_т$ = 80,5 Н/мм^2 против $R_т$ = 52,0 Н/мм^2; истираемость $V_{ист}$ = 3,8 мм^3/м против $V_{ист}$ = 5,5 мм^3/м. Водопоглощение после 30 суток равно 3,6% против 5,7%. Плотность связующего вещества ρ = 1100 кг/м^3. Это соответствует нормам ГОСТ 59555-2021 (дата актуализации 01.01.2022).

7. Предполагаемый экономический эффект производства изделия на годовой объём выпуска в 10000 м^3 из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины составляет 5,02 млн. руб. в год.

8. По результатам исследований для ПАО «Облдорремстрой» разработаны «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины». Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов по специальности 23.05.06 «Строительство железных

дорог, мостов и транспортных тоннелей» в ГБО УВО «Донецкий институт железнодорожного транспорта» в дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» в разделе «Полимерные материалы».

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

– публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины:

1. **Юрченко В.В.** Анализ возможности производства и применения композиционных материалов на основе древесины и термопластичных полимеров [Текст] / **В.В. Юрченко**, Н.Н. Партала., А.А. Плугин, Э.С. Геворкян // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. – 130. – С. 84 – 90; *(Выполнен анализ литературных данных о композиционных материалах на основе древесины и термопластичных полимеров)*;

2. **Юрченко В.В.** Анализ модифицирующих добавок применяемых в термопластичных древесно-полимерных композитах [Текст] / **В.В. Юрченко** // Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. Вип. 30. – С. 135 – 141;

3. **Юрченко В.В.** Методика експериментальних досліджень з розробки складу і технології композиційного матеріалу із термопластичних полімерів і відходів деревини [Текст] / **В.В. Юрченко**, А.А. Плугін, Л.А. Тимофеєва // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. Вип. – 138. – С. 65 – 70; *(Установлены требования к составу древесно-полимерных композитов на основе древесных отходов и вторичных полимеров)*.

– публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН ДНР:

1. **Юрченко В.В.** Анализ модифицирующих добавок применяемых в композиционных материалах с наполнителем из отходов древесины и термопластичных полимеров [Текст] / **В.В. Юрченко**, В.А. Хлебородова // Сборник научных трудов. – Донецк: ДОНИЖТ, 2018. Вып. – 48. – С. 39-45; *(Приведены практические рекомендации применения модифицирующих добавок)*;

2. **Юрченко В.В.** Анализ возможности производства и применения термопластичных композиционных материалов на основе отходов древесины и вторичных полимеров [Текст] / **В.В. Юрченко**, В.А. Хлебородова // Сборник научных трудов. – Донецк: ДОНИЖТ, 2019. Вып.– 52. – С. 61-67; *(Установлены первичные требования к составу древесно-полимерного композита)*;

3. **Юрченко В.В.** Целесообразность производства композиционного материала на основе отходов древесины и термопластичных полимеров [Электронный ресурс] / **В.В. Юрченко** // Вестник ДОННАСА. – Макеевка: 2020. – Вып. – 1(141). – С. 34-39; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1(141)_maket.pdf

4. **Юрченко В.В.** Анализ оборудования для изготовления композиционных материалов на основе термопластичного полимерного вяжущего вещества и мелкодисперсных отходов древесины [Текст] / **В.В. Юрченко** // Сборник научных трудов. – Донецк: ДОНИЖТ, 2021. Вып.– 63. – С. 48-54.

– публикации по материалам научных конференций:

1. **Юрченко В.В.** Полимерные материалы для защиты от радиоактивных излучений и их применение в строительстве [Текст] / В.В. Юрченко // III Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Транспорт і логістика»: – Донецьк: – 2012. – С. 155 – 157;

2. **Юрченко В.В.** Анализ возможности получения композиционных материалов с наполнителем из отходов древесины и матрицей из смесей вторичных полиэтилена и полиэтилентерефталата [Текст] / В.В. Юрченко, А.А. Плугин // Сборник международного семинара по моделированию и оптимизации композитов посвященный 80-летию В.А. Вознесенского: – Одесса: ОГАСА, 2014. – С. 235 – 237;

3. **Юрченко В.В.** Методика экспериментальных исследований по разработке технологии и состава композиционного материала с наполнителем из отходов древесины и термопластичных полимеров [Текст] / В.В. Юрченко // IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития транспортно-промышленного комплекса: инфраструктурный, управленческий и образовательный аспекты»: – Донецк: ДОНИЖТ, 2017. – С. 160 – 164;

4. **Юрченко В.В.** Ресурсосбережение в производстве материалов из отходов переработки древесины на органических связующих [Электронный ресурс] / В.В. Юрченко // XVII Международная научно-практическая конференция: «Актуальные проблемы развития транспортно-промышленного комплекса: инфраструктурный, управленческий и образовательный аспекты»: – Донецк: ДОНИЖТ, 2020. – С. 92-94. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://drti.donbass.com/wp-content/uploads/2021/05/sbornik-63.pdf

АННОТАЦИЯ

Юрченко Виталий Викторович. Композиционный строительный материал из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия. – ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Макеевка, 2023 г.

Диссертация посвящена разработке оптимального состава композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления, мелкодисперсных отходов переработки древесины и модифицирующих добавок.

Теоретически обоснован и экспериментально запроектирован состав, и разработана технология производства термопластичных древесно-полимерных композитов, включающая мелкодисперсные отходы переработки древесины (69-71 % мас.), вторичный полиэтилен высокого давления (26-28 % мас.) и модифицирующие добавки (воск - 2,5% мас., суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 - 0,3% мас., антипирен российской фирмы «ЭкоПирен» - 0,2% мас.).

Определены оптимальные параметры технологических режимов производ-

ства древесно-полимерного композита, а именно: температура предварительного нагрева компонентов ДПК 200°С, которая не превышает процесса деструкции вторичного полиэтилена высокого давления и горения древесного наполнителя; выдержка под давлением с одновременным охлаждением изделия. Определена оптимальная концентрация вторичного полиэтилена высокого давления марки 15803-020 (26-28 % мас.) на поверхности частиц мелкодисперсных отходов переработки древесины (69-71 % мас.) при объединении с модифицирующими добавками (воск – 2,5 % мас., суперконцентрат LLDPE Coupling agent 04688 – 0,3 % мас., антипирен российской фирмы «ЭкоПирен» – 0,2 % мас.).

Для ПАО «Облдорремстрой» разработаны «Рекомендации по производству композиционного строительного материала из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины». Предполагаемый экономический эффект производства изделия на годовой объём выпуска в 10000 м^3 из вторичного полиэтилена высокого давления и мелкодисперсных отходов переработки древесины составляет 5,02 млн. руб. в год.

Ключевые слова: вторичный полиэтилен высокого давления, мелкодисперсный древесный наполнитель, модифицирующие добавки, физико-механические свойства композиционного строительного материала.

SUMMARY

Yurchenko Vitaliy Viktorovich. Composite building material made of recycled polyethylene of high pressure and fine wood waste. – As a manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.23.05 – Building materials and products. – Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeevka, 2023.

The dissertation is devoted to the development of the optimal composition of a composite building material made of recycled high-pressure polyethylene, fine-dispersed waste wood processing and modifying additives.

The composition has been theoretically substantiated and experimentally designed, and a technology for the production of thermoplastic wood-polymer composites has been developed, including fine waste wood processing (69-71% wt.), secondary high-pressure polyethylene (26-28% wt.) and modifying additives (wax – 2,5% wt., masterbatch LLDPE Coupling agent 04688 – 0,3% wt., flame retardant company "EcoPyren" – 0,2% wt.).

The optimal parameters of technological modes for the production of wood-polymer composite have been determined, namely: preheating temperature of WPC components 200°C, which does not exceed the process of destruction of secondary high-pressure polyethylene and combustion of wood filler; holding under pressure with simultaneous cooling of the product. The optimal concentration of secondary high-pressure polyethylene grade 15803-020 (26-28% wt.) on the surface of particles of fine wood processing waste (69-71% wt.) when combined with modifying additives (wax – 2,5% wt., masterbatch LLDPE Coupling agent 04688 – 0,3% wt., flame

retardant of the Russian company "EcoPyren" – 0,2% wt.).

Developed "Recommendations for the production of composite building material from recycled high-pressure polyethylene and fine wood processing waste."

For PJSC "Obldorremstroy" developed "Recommendations for the production of composite building material from recycled high-pressure polyethylene and fine wood waste". The estimated economic effect of the production of the product on the annual output of 10,000 m^3 of recycled high-pressure polyethylene and fine waste wood processing is 5,02 million rubles in year.

Key words: secondary high-pressure polyethylene, finely dispersed wood filler, modifying additives, physical and mechanical properties of a composite building material.