

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 621.792.053+678

ГАПАНЬКОВА
Елена Игоревна

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПРЕГОВ
НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ И ТЕРПЕНОИДНОЙ СМОЛ

АВТОРЕФЕРАТ

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

по специальности

05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Минск 2024

Научная работа выполнена в государственном научном учреждении «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ».

Научный руководитель

Козлов Николай Гельевич,

доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник государственного научного учреждения «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Официальные оппоненты:

Крутько Эльвира Тихоновна,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры нефтегазопереработки и нефтехимии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Бей Максим Петрович,

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси»

Оппонирующая организация

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится «17» января 2025 г. в 11:00 ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240, корп. 4.

E-mail: uss@belstu.by, тел.: +375 17 379-65-62.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «11» декабря 2024 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



Е.П. Усс

ВВЕДЕНИЕ

Полимерные композиционные материалы занимают все большее место в различных областях промышленности в силу своих превосходных физико-механических характеристик, малому удельному весу и стойкости к агрессивным средам. Постоянно проводятся исследования по применению новых армирующих материалов и полимерных связующих, с целью улучшения механических показателей, повышения технологичности, снижения себестоимости.

Одной из актуальных проблем в производстве композиционных материалов является разработка более дешевых и качественных полимерных связующих. Несмотря на успехи в изучении синтетических смол, в настоящее время все большую популярность набирает применение природных смол. Природные смолы представляют собой органические соединения в основном растительного происхождения. При незначительном нагревании природные смолы размягчаются и переходят в плавкое состояние, позволяющее легко их перерабатывать и применять в различных сферах промышленности. На территории Республики Беларусь имеются значительные массивы лесов хвойных пород, что составляет около 60% от общего числа лесов республики с преобладанием такого вида как сосна обыкновенная *Pinus Sylvestris* L, что позволяет применять отечественное возобновляемое сырье (продукты переработки сосновой живицы – терпентин, канифоль и скипидар) так же, как и синтетические смолы при создании композиционных материалов.

Полимерное связующее в композиционных материалах применяется как пропиточный состав при производстве полуфабрикатов (препреги и премиксы), которые в дальнейшем перерабатываются в товарные изделия. Поскольку в Республике Беларусь отсутствует производство препрегов для композиционных материалов, то разработка технологий получения препрегов на основе связующего природного происхождения и переработки их в изделия является актуальной научной и практической задачей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156: № 1 «Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства: химические технологии и производства, нефтехимия»; № 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: композиционные и мно-

гофункциональные материалы». В основу диссертации положены результаты исследований автора, полученные в государственном научном учреждении «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ» (ИФОХ НАН БЕЛАРУСИ) при выполнении отдельных проектов научных исследований Национальной академии наук Беларуси: «Разработка и исследование эксплуатационных свойств эпоксидной композиции для изготовления препрега» (ГР № 20192172, 01.07.2019–30.06.2020 гг.) и «Разработка препрег-флиса для изготовления пластиковых лыж» (ГР № 20201482, 01.07.2020–30.09.2021 гг.).

Цель, задачи, объект и предмет исследования.

Цель исследования – разработка технологии препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол в составах матричных композиций (связующих).

Задачи исследования:

- обосновать выбор терпеноидной смолы в качестве отверждающего агента в составах эпоксидных связующих;
- разработать рецептуры связующих на основе эпоксидной и терпеноидной смол, отвечающие технологическим требованиям к препрегам: температура отверждения – $120 \pm 2^\circ\text{C}$, время полимеризации – 7 ± 1 мин, «живучесть» при минус 18°C – не менее 3 месяцев;
- обосновать выбор армирующих наполнителей с учетом их вида, свойств и доступности для получения препрегов исходя из требований технологического процесса;
- разработать технологию производства препрегов, отвечающих требованиям технологического процесса производства изделий из них;
- провести опытно-промышленную апробацию экспериментальных партий препрегов для регламентированного технологического процесса на предприятиях Республики Беларусь.

Объект исследования – смола природного происхождения в технологии производства препрегов конструкционного назначения; препреги на основе разработанных эпоксидных связующих.

Предмет исследования – изучение физико-химических и технологических свойств препрегов, а также физико-механических свойств изделий, полученных с их применением.

Научная новизна. Впервые в Республике Беларусь в составе эпоксидных связующих для получения препрегов с армирующим наполнителем в виде односторонних и рубленых волокон применена модифицированная терпеноидная смола в количестве 25,0–26,9 мас. % и обладающая пластифицирующими свойствами. Разработаны две новые рецептуры матричных полимеров (связующих) для препрегов (препрег-лента и препрег-флис) на основе эпоксидной (37,4–40,3 мас. %) и терпеноидной смол (25,0–26,9 мас. %), ацетона и этилового

эфира уксусной кислоты (22,5–27,5 мас. %), полимерной модифицирующей добавки (8,5–9,2 мас. %) и ускорителя отверждения эпоксидных смол (1,2–1,7 мас. %). Показано, что применение разработанной технологии приводит к получению связующих с заданной технологической характеристикой (динамической вязкостью, равной 1–4 Па·с), необходимых для создания целевых композиционных материалов. Впервые получены препреги (препрег-лента и препрег-флис), отверждающиеся в мягких условиях ($120\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин) и по технологическим параметрам (поверхностная плотность, содержание связующего и летучих веществ) не уступающие импортным аналогам.

Положения, выносимые на защиту.

1. Установленные содержание и структура исходных компонентов канифолетерпеномалеиновой смолы, включающих смоляные кислоты и терпеновые углеводороды в соотношении 50 : 50 мас. %, полученной в процессе малеинизации при $185\pm 5^\circ\text{C}$ в течение 10–12 ч и продуктов термолиза ее компонентов.

2. Впервые разработанные: рецептуры, обеспечивающие отверждение при $120\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин, для матричных композиций (связующих), содержащие, мас. %: 37,4–40,3 эпоксидной смолы, 25,0–26,9 канифолетерпеномалеиновой смолы, 8,5–9,2 полимерной модифицирующей добавки (поливинилбутираль или акриловый сополимер), 22,5–27,5 органического растворителя (ацетон и этиловый эфир уксусной кислоты), 1,2–1,7 катализатора отверждения эпоксидных смол; условия проведения технологических стадий – температура гомогенизации ($60\text{--}75^\circ\text{C}$), продолжительность 2–4 ч.

3. Технология совмещения матричных композиций (связующих) со стеклонаполнителями как наиболее эффективными материалами отечественного производства для получения препрегов с сохранением их «живучести» после хранения при температуре минус 18°C в течение не менее 3 месяцев и готовых изделий на их основе.

4. Технология препрегов, содержащих разработанные матричные композиции (связующие) в количестве 40 или 85 мас. % соответственно для препрег-ленты и препрег-флиса с точностью нанесения 2%, обеспечивающая их поверхностную плотность 810 ± 113 или 270 ± 49 г/м² после пропитки соответственно стеклоленты (485 ± 24 г/м²) и стекловоуали (40 ± 2 г/м²) и содержание летучих веществ не более 5%.

Личный вклад соискателя ученой степени. Автор являлась соисполнителем тем государственных программ научных исследований и государственных научно-технических программ, связанных с разработкой рецептур и технологий термоотверждаемых композиций. Соискателем лично получены оптимальные составы новых материалов, исследованы процессы их отверждения, отработаны технологические режимы их получения, составлена техническая документация. Автор принимала непосредственное участие во внедрении

разработанных материалов при освоении их на производстве (филиал «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг»); испытаниях механических свойств пластиковых лыж в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»; разработке плана диссертационного исследования; формулировании научных задач для достижения целей; выполнении экспериментов; формировании основных выводов и рекомендаций по теме диссертационного проекта и подготовке публикаций.

Апробация результатов диссертации и информация об использовании ее результатов. 5-ый Белорусско-балтийский форум «Сотрудничество – катализатор инновационного роста» (Минск, 2019); XXIII Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, 2020); Восьмая Всероссийская Каргинская конференция «Полимеры в Стратегии научно-технического развития РФ «Полимеры-2020» (Москва, 2020); VI Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2020); Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы химии, технологии и фармации» (Чебоксары, 2020); XII International Conference on Chemistry for Young Scientists «Mendeleev 2021» (Санкт-Петербург, 2021); Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 2022); Международная научная конференция «Природные и синтетические полимеры медицинского и технического назначения» (Минск, 2022); Международная научно-техническая конференция «ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ И ТРИБОЛОГИЯ» (Поликомт-риб-2022) (Гомель, 2022); VII Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2022); XII Всероссийская научная конференция «Химия и технология растительных веществ» (Киров, 2022).

В лабораторных условиях наработаны опытные партии канифолетерпено-малеиновой смолы (КТМС) как базового компонента эпоксидных связующих в количестве 30 кг; эпоксидных связующих для изготовления опытной партии препрегов в количестве 16 кг; препрегов как склеивающего компонента в процессе производства пластиковых лыж в количестве 400 м. п. Разработанная технология нашла практическое применение на производственных площадях ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Республика Беларусь), где опытная партия препрегов произведена на опытно-промышленной линии в количестве 2 000 м. п. и реализована на филиале «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг» для применения в производстве пластиковых лыж из отечественных материалов. Ориентировочный расчетный годовой экономический эффект от внедрения нового отечественного продукта составляет сумму равную

109 824 бел. руб. эквивалентную 37 314 долларам США по состоянию на 01.04.2022 г.

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликована 21 научная работа (общим объемом 8,13 авторских листа), из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, 6 статей в других научных журналах, 3 материала и тезисы 8 докладов международных и республиканских конференций и 1 патент на изобретение. Составлена техническая документация в количестве 7 шт., из них 1 – методы, 5 – лабораторно-технологических регламентов и 1 – опытно-технологический регламент.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации составил 238 страниц, из них 38 страниц занимают 35 иллюстраций и 25 таблиц; 11 страниц – список использованных источников, включающий 141 наименование и 21 публикацию соискателя, и приложения на 104 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

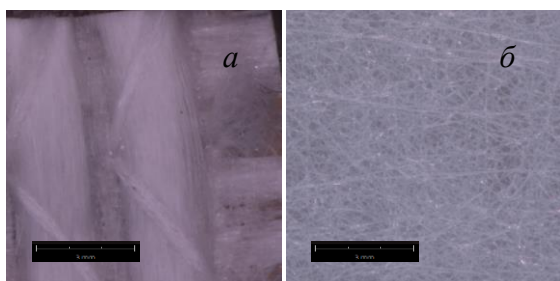
Первая глава посвящена анализу зарубежных и отечественных литературных и патентных источников по актуальному в настоящее время применению различных синтетических и природных смол в пропиточных составах, армирующих наполнителей и получению полимерных композиционных составов на их основе. В обзоре представлен ряд наиболее востребованных эпоксидных композиций различными отраслями промышленности: машино-, авиа-, приборостроением и др. В связи с необходимостью создания новых композиционных материалов с заданными технологическими и научными требованиями обосновано применение в качестве нового компонента природных материалов, обеспечивающих улучшение технологических свойств композитов и эксплуатационных характеристик изделий на их основе. На основании анализа литературных данных сформулированы цель, задачи и основные направления исследований по теме диссертационной работы.

Вторая глава посвящена описанию использованных материалов и методов исследования, обоснованию выбора объектов исследования. Объектами исследования выступали смола природного происхождения в технологии производства эпоксидных связующих и препреги конструкционного (специального) назначения на основе разработанных эпоксидных связующих. С применением метода ЯМР установлен компонентный состав применяемого отечественного отвердителя – КТМС и используемых для ее получения канифоли и

скипидара (ЯМР-спектрометр AVANCE-500 (Bruker, Германия). Предполагаемый состав импортного связующего спрогнозирован с помощью метода ИК-спектроскопии (спектрофотометр FTIR «Protege 460» с Фурье-преобразованием в области частот 450–4000 см⁻¹, (Nicolett, США). Исследования теплового поведения разработанных эпоксидных связующих проводили методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 *Jupiter*® (NETZSCH, Германия). Дана оценка прочности клеевого соединения (препрег/древесина, препрег/слой скольжения) по сравнению с препрегами европейского производства. Физико-химические свойства (масса на единицу площади, содержание исходных компонентов в препреге, содержание летучих веществ в препреге и величина нерастворимой части фракции связующего) разработанных препрегов определяли согласно известным методикам. Физико-механические характеристики экспериментальных спортивно-беговых пластиковых лыж изучали в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре механики и конструирования.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась для эксплуатационных характеристик экспериментальных лыж с целью подтверждения достоверности и сходимости полученных результатов с применением критерия Стьюдента (*t*-критерий) для зависимых и независимых выборок, принимая α -уровень значимости равным 0,05. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программного обеспечения MS Excel.

Третья глава посвящена разработке рецептур термореактивных эпоксидных связующих, полученных с применением синтетических и терпеноидных смол. Совокупность имеющихся данных о поведении полимерных композиционных материалов позволила спрогнозировать предлагаемый компонентный состав эпоксидных связующих и создать препреги, применение которых в выбранном технологическом процессе позволяет получать целевой продукт (пластиковые лыжи), сопоставимый по качественным показателям изделиям, изготовленным



а – армирующий препрег;
б – клеевой препрег
Рисунок 1 – Структура армирующего наполнителя препрегов Hexcel

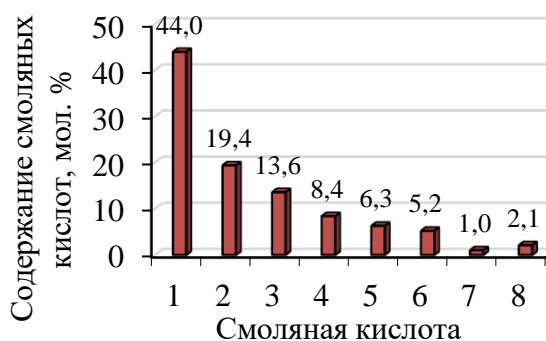
на основе импортных материалов.

С помощью спектральных методов проанализированы препреги фирмы Hexcel, являющиеся прототипами и имеющие экспортные ограничения. Установлены армирующие наполнители (рисунок 1) и предполагаемый состав связующего для разработки новых отечественных препрегов с применением доступных природных компонентов, что является актуальной задачей, решение которой позво-

лит сохранить производственный процесс пластиковых лыж без изменений эксплуатационных характеристик последних.

Применение в пропиточных составах КТМС в качестве отвердителя, относящейся к ангидриднему классу, позволяет получить эпоксидные связующие, характеризующиеся полимеризацией при температуре до 300°C, высокой жизнеспособностью (от нескольких десятков часов до нескольких месяцев) и являющиеся менее токсичными по сравнению с отвердителями аминного типа либо иными латентными отвердителями. Выявлено, что совмещение эпоксидной смолы с КТМС предполагает образование взаимопроникающих сеток, повышающих физико-механические свойства полимерных композиционных материалов, получаемых на их основе. Для получения КТМС использовали скипидарный раствор смоляных кислот состава 50 : 50 мас. %, который нагревали в присутствии малеинового ангидрида в течение 10–12 ч при $T = 185 \pm 5^\circ\text{C}$. В заявленных условиях смола представляет собой многокомпонентную техническую смесь с активными реакционноспособными функциональными ангидридной и карбоксильной группами, которые и позволяют использовать ее в качестве отвердителей эпоксидных смол.

Состав исходных компонентов (канифоль и скипидар) и образующихся продуктов устанавливали с использованием метода ЯМР на ядрах ^1H и ^{13}C . Канифоль, как товарный продукт, состоит из ряда смоляных кислот. Поскольку практически все смоляные кислоты, представленные в живице сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L., имеют двойные связи, то для количественных расчетов



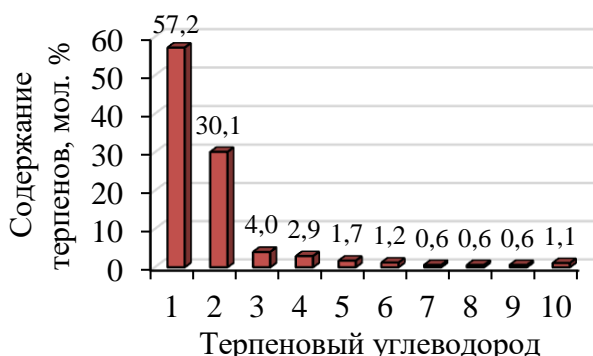
- 1 – абиетиновая кислота;
- 2 – палюстровая кислота;
- 3 – неоабиетиновая кислота;
- 4 – пимаровая кислота;
- 5 – изопимаровая кислота;
- 6 – дегидроабиетиновая кислота;
- 7 – сандаракопимаровая кислота;
- 8 – кислоты неустановленного состава

Рисунок 2 – Компонентный состав канифоли

на основании интегральных интенсивностей сигналов удобно анализировать спектры ЯМР в этих областях поглощения: 4,5–7,5 м. д. (^1H) и 100–150 м. д. (^{13}C). Качественный анализ сделан на основании изучения и сравнения интегральной интенсивности сигналов, отмеченных на изучаемых фрагментах спектров канифоли. Это позволило идентифицировать семь смоляных кислот (рисунок 2).

Нагревание канифоли в присутствии малеинового ангидрида приводит к изомеризации абиетиновой, палюстровой и неоабиетиновой кислот в левопимаровую с последующим ее превращением в малеопимаровую кислоту (МПК), при этом оставшиеся кислоты в реакцию не вступают. Таким образом, в продуктах ре-

акции образуется ~ 77% МПК. Однако, не исключаются вторичные процессы, приводящие к уменьшению ее содержания в реакционной смеси.



1 – α -пинен; 2 – 3-карен; 3 – лимонен;
 4 – β -пинен; 5 – α -терпинолен;
 6 – мирцен; 7 – камфен;
 8 – β -фелландрен; 9 – п-цимол;
 10 – кислоты неустановленного состава

Рисунок 3 – Компонентный состав скипидара

На основании интегральных интенсивностей линий в ЯМР спектрах растворов скипидара установлено содержание девяти идентифицированных терпенов (рисунок 3).

Известно, КТМС образуется в результате протекания реакции Дильса-Альдера, для чего необходимы соединения с сопряженными двойными связями для реакции с малеиновым ангидридом. В идентифицированной смеси углеводородов таковыми являются мирцен и β -фелландрен. Ввиду того, что в составе терпентина их достаточно мало и составляет

1,8 мол. %, принято решение провести термическую реакцию эквимольных количеств α -пинена (содержание в составе скипидара – 57,2 мол. %) и малеинового ангидрида. В результате проведения термолиза определены два главных индивидуальных соединения: аддукт α -терпинена и аддукт α -фелландрена.

Таким образом, установлено, что не менее 77 и 59% исходного компонентного состава канифоли и скипидара, соответственно, являются исходным сырьем для процесса малеинизации, что подтверждает возможность использования КТМС в составе разрабатываемых связующих «горячего» отверждения. Наличие ангидридной группы в КТМС позволяет ей вступать в химическую реакцию с гидроксильной группой эпоксидного олигомера с образованием функциональной карбоксильной группы, способствующей раскрытию эпоксидного кольца молекулы синтетической смолы и прохождению процесса сшивки. На ОАО «Лесохимик» (г. Борисов, Республика Беларусь) передан разработанный лабораторно-технологический регламент на производство отвердителя эпоксидной композиции для изготовления препрега ЛТР-234-2019, на основании которого зарегистрированы технические условия с коммерческим названием «Смола канифолетерпеномалеиновая» и в настоящее время осуществляется ее промышленный выпуск.

Установлено, что массовое соотношение эпоксидная смола : КТМС, равное 3 : 2, является оптимальным для протекания полного отверждения. КТМС представляет собой твердый продукт, введение которой в состав связующего предусматривает перевод ее в раствор с помощью органических растворителей.

В качестве основного армирующего наполнителя для применения в препреге определены ровинги стеклянные с линейной плотностью 1200 текс и диаметром нити 16 мкм (ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Республика Беларусь).

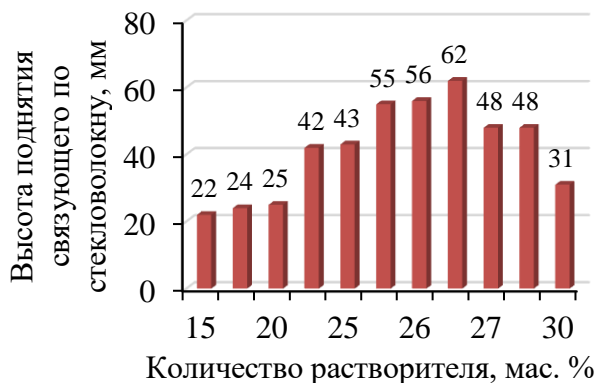


Рисунок 4 – Зависимость пропитывающей способности ровинга от количества растворителя

Для установления необходимой смачивающей способности эпоксидного связующего определено (рисунок 4) оптимальное количество растворителя. Проведена серия опытов по определению пропитывающей способности ровинга стеклянного разрабатываемым эпоксидным связующим. Экспериментальным путем определено, что оптимальное количество растворителя составляет 22,5–27,5 мас. %. При помощи гониометра ЛК-1 (ООО «НПК Открытая наука», РФ) определена способность эпоксидной композиции проникать внутрь пучка волокон. Получены оптические микрофотографии поперечных срезов образца маркировки ЕС 16 1200 52С в разных местах среза (рисунок 5), подтверждающие полное заполнение порового пространства между волокнами ровинга стеклянного и исключение образования тонкой пленки на поверхности пучка ровингов, препятствующее указанному процессу.

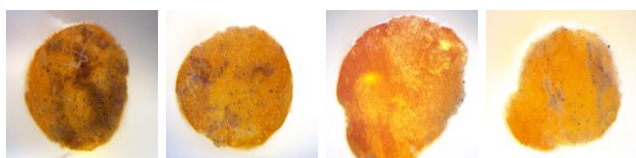


Рисунок 5 – Оптические микрофотографии поперечных срезов образца пропитанного ровинга

Процесс отверждения эпоксидной смолы терпеноидной является химическим процессом, заключающимся в направленном изменении свойств полимеров путем проведения взаимодействий их макромолекул с низко- или высокомолекулярными веществами – модификаторами. В качестве модифицирующих добавок для разрабатываемых эпоксидных связующих предложены и опробованы полимерные смолы, нашедшие применение в составах термосвариваемых клеевых композиций и связующих и широко представленные в промышленности, относящиеся к классам поливинилбутиралей, акриловых сополимеров и хлорированных поливинилацеталей. Для установления количественного содержания выбранных модифицирующих добавок (поливинилбутиральная смола и смола с карбоксильными группами – сополимер винилхлорида, винилацетата и дикарбоновой кислоты) в составах перспективных эпоксидных связующих наработаны лабораторные образцы препрегов для изучения прочности на срез и испытания на неравномерный отрыв облицовочных материалов. Достоверно установлено,

что необходимую прочность клеевого соединения типа пластик/дерево/пластик обеспечивает содержание модификатора в пределах 8,5–9,3 мас. %.

Поскольку полимеризация смол ангидридами протекает при высоких температурах (до 300°C), а выбранный технологический процесс предусматривает применение разрабатываемых препрегов в производственном процессе склеивания лыжных заготовок при температуре не выше 120°C, то для снижения температуры в разрабатываемые рецептуры эпоксидных связующих вводили ускоритель отверждения. Соединениями, приводящими к наиболее быстрому взаимодействию в системах эпоксид-эпоксид или эпоксид-гидроксид без образования поперечных связей, являются третичные амины, соли аминов, бортрифторидные комплексы, а также амид бораты. В качестве ускорителя применяли 2,4,6-трис(диметиламинометил)фенол, оптимальное содержание которого установили методом ДСК. Разработанные образцы эпоксидных связующих и эталон (без ускорителя отверждения) нагревали с одинаковой скоростью. Результаты исследований регистрировали в виде кривых ДСК, отображающих все тепловые эффекты, проявляющиеся в материале в изучаемом диапазоне температур. На кривых определяли основные показатели реакционной способности связующего: температуру начала активной реакции отверждения T_0 , °C и температуру пика скорости реакции отверждения T_m , °C, приведенные в виде зависимостей от количественного содержания ускорителя полимеризации (рисунок б).

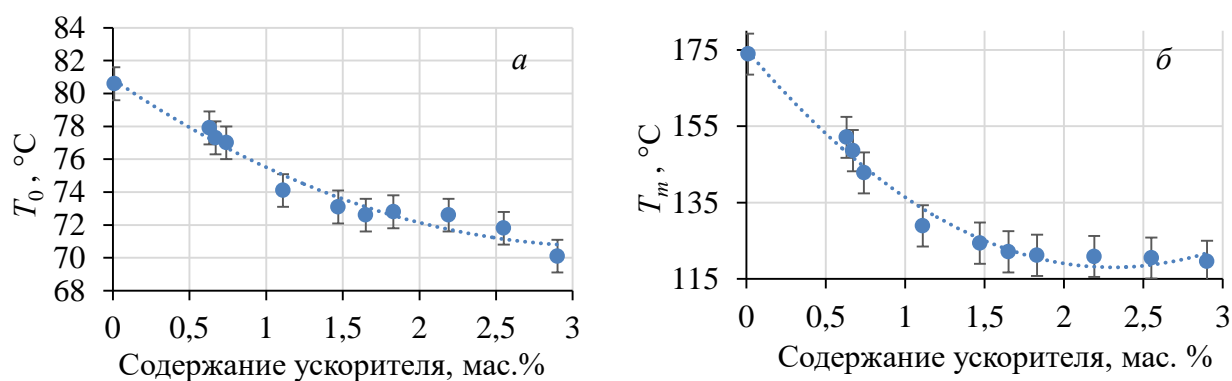


Рисунок б – Зависимости температуры начала активной реакции отверждения T_0 (а) и температуры пика полимеризации T_m (б) от содержания ускорителя полимеризации

Увеличение содержания ускорителя полимеризации от 0 до 2,9 мас. % способствует снижению температур начала активной реакции отверждения T_0 с 80,6 до 70,1°C и пика полимеризации T_m с 173,9 до 119,6°C. При этом введение ускорителя свыше 1,7 мас. % является неэффективным: ухудшаются физико-химические свойства композита и уменьшается срок его хранения и применения.

Исходя из проведенных исследований скорректированы рецептуры эпоксидных связующих для получения препрегов для последующего применения при склеивании пластиковых лыж на филиале «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг». Рецептура перспективных эпоксидных связующих

Таблица 1 – Рецептура эпоксидных связующих

Компонент	Содержание, мас. %
эпоксидная смола на основе бисфенола А	37,4–40,3
канифолетерпеномалеиновая смола	25,0–26,9
полимерная добавка	8,5–9,2
органический комплексный растворитель	22,5–27,5
катализатор отверждения	1,2–1,7

включает эпоксидную смолу на основе бисфенола А, КТМС, полимерные добавки, органический комплексный растворитель и катализатор отверждения приведены в таблице 1.

На основании этого разработана техническая документация и получен патент на изобретение «Эпоксидное связующее и препрег на его основе для производства спортивно-беговых пластиковых лыж».

Четвертая глава посвящена установлению технологичности («живучесть») препрегов (препрег-лента и препрег-флис) на основе созданных связующих для подтверждения их эффективности применения при склеивании пластиковых лыж без снижения перерабатывающей способности. С этой целью нами наработаны четыре партии опытных образцов препрегов, описание которых представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Описание препрегов

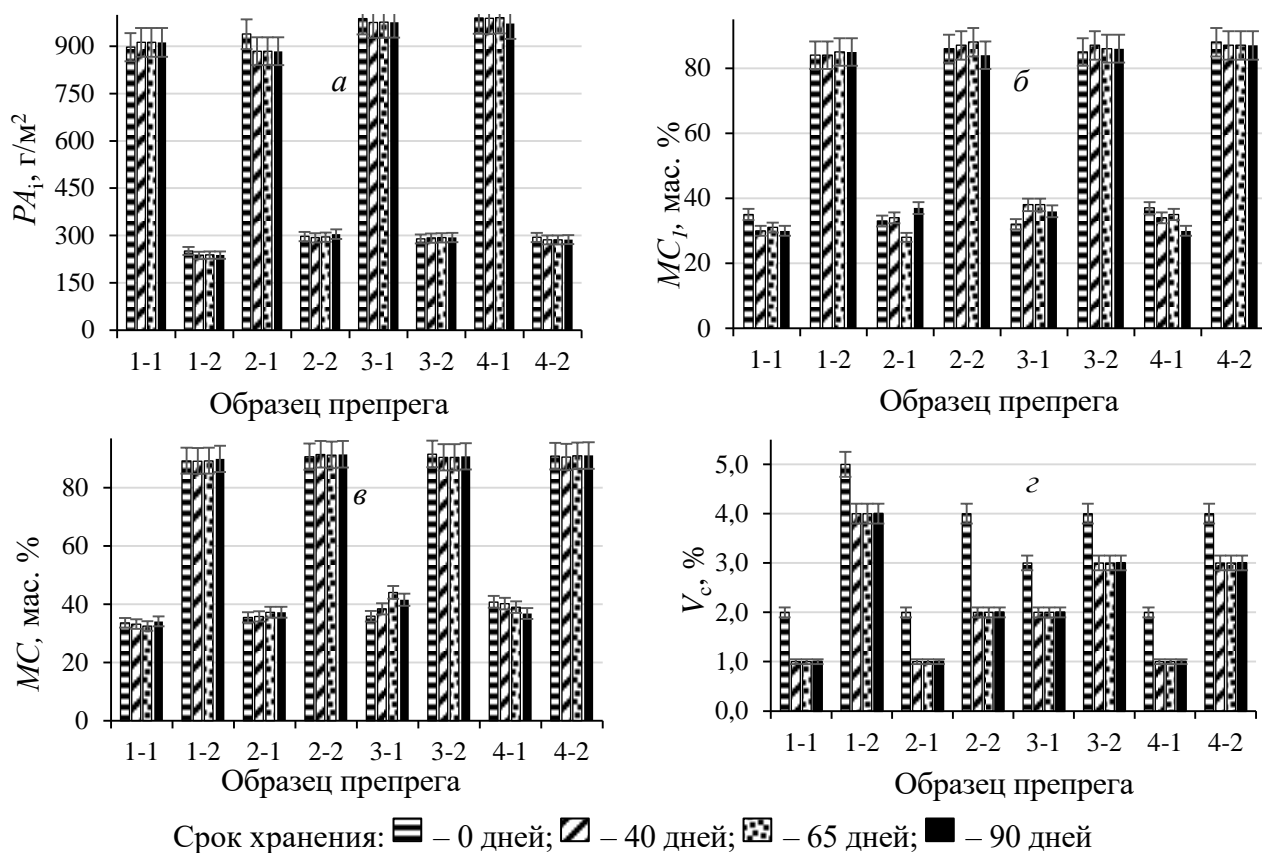
Комплект рулонов препрегов	Образец	Партия лыж
1	1-1	Партия 1, 0 дней
	1-2	
2	2-1	Партия 2, 40 дней
	2-2	
3	3-1	Партия 3, 65 дней
	3-2	
4	4-1	Партия 4, 90 дней
	4-2	

Опытные препреги изготавливали на лабораторной пропиточной установке по технологии, описанной в разработанных регламентах ЛТР-304-2022, ЛТР-305-2022 и ОТР-306-2022. Нарботанные партии препрегов хранились на базе ИФОХ НАН БЕЛАРУСИ в морозильной камере свернутыми в рулоны в плотно запечатанной упаковке. С целью определения «живучести» препрегов в течение последующих трех месяцев отбирали пробы образцов препрегов

и проводили их испытания. Для подтверждения технологичности определены следующие технологические параметры: масса единицы площади (P_{Ai} , не менее 810 ± 113 и 270 ± 49 г/м²); содержание связующего (MC и MC_1 , не менее 40 ± 2 и 85 ± 2 %); содержание летучих продуктов (V_c , не более 5 %) и степень полимеризации (N , %) согласно разработанным методам контроля качества технологических параметров лабораторных образцов препрегов М-281-2022.

Контрольные испытания по определению показателей качества опытных препрегов проводили непосредственно после наработки и через 40, 65 и

90 дней хранения в морозильной камере. На рисунке 7 представлены результаты исследования по каждому из контролируемых параметров.



a – масса единицы площади, $г/м^2$; *б* – содержание связующего путем сжигания, %; *в* – содержание связующего путем растворения, %; *г* – содержание летучих, %
 Рисунок 7 – Изменение технологических параметров препрегов перед закладкой на хранение и через 40, 65 и 90 дней хранения

Завышенные значения показателей «Масса на единицу площади» обусловлены высокой массой сухого армирующего материала для изготовления препрег-ленты. Высокие значения показателя «Содержание связующего путем растворения» для препрег-флисов привело к излишнему вытеканию термореактивного связующего при проведении склейки лыжных заготовок. Значения показателя «Содержание связующего путем растворения» ниже требуемых для препрегов не оказалось критическим и не повлияло в последующем на процесс склеивания лыжных заготовок. Оценивали «живучесть» препрегов по степени полимеризации связующего в наработанных опытных препрегах (1-1 – 4-2), путем экстрагирования в аппарате Сокслета. Величину нерастворимой части (полимеризованной) фракции связующего в препрегах рассчитывали в процентах. Анализ результатов по истечении срока хранения показал, что происходит частичная полимеризация отдельных образцов с 0 до 8,8% (степень полимеризации всех изготовленных образцов препрегов принята равной нулю). Установлено, что полимеризация происходит случайным образом, т. к. сушка излишков

растворителя в образцах препрегов происходила не в закрытой камере, регулировалась в ходе производственного процесса (для достижения необходимой остаточной липкости), а отбор проб осуществлялся случайным образом. Экспериментально факт «живучести» доказан путем проведения контрольных склеиваний лыж на производственных площадях филиала «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг» с применением наработанных препрегов через фиксированные промежутки времени – всего четыре опытные склейки экспериментальных лыж типоразмера 1800 мм. Пластиковые лыжи изготовлены в количестве 72 шт.

В таблице 3 представлены средние значения основных нормируемых показателей качества для лыж, изготовленных с использованием опытных (покомплектно) и импортных препрегов.

Таблица 3 – Сравнение основных нормируемых механических показателей лыж

Образцы лыж	Индекс жесткости FA, Н	Жесткость пяточной части лыжи, Н/мм	Жесткость носочной части лыжи, Н/мм	Стрела прогиба, мм
Партия 1	382,5	2,4	3,1	28,4
Партия 2	375,0	2,2	2,8	28,1
Партия 3	382,5	1,8	2,7	25,7
Партия 4	375,0	2,4	3,4	29,5
СРЕДНЕЕ	378,8	2,2	3,0	27,9
С применением импортных препрегов	312,5	2,3	3,2	28,0
НОРМА	не менее 300	1,33–2,0	1,66–2,66	не более 30

Определено, что применение отечественных препрегов при производстве лыж позволяет обеспечивать требуемые показатели качества лыж, что по большинству эксплуатационных параметров находится на уровне образцов лыж, изготовленных из импортных препрегов, либо превышают их показатели.

Выборочно произведены испытания по определению разрушающей нагрузки для лыж, изготовленных с использованием различных препрегов. Установлено, что для всех лыж характерны следующие виды разрушений: по шиповому соединению; от сдвиговых деформаций; растяжение/сжатие древесины. Отслоения вида препрег/пластик, препрег/древесина отсутствуют.

В таблице 4 представлены средние значения данного показателя для лыж, изготовленных с использованием опытных и импортных препрегов. Установлено, что лыжи, изготовленные с применением опытных препрегов выдерживают нагрузку на среднюю часть лыжи на 6% больше, чем лыжи, изготовленные с применением импортных препрегов.

Таблица 4 – Прочностные показатели средней части лыж

Образцы лыж	Разрушающая нагрузка, Н
Партия 1	2645,0
Партия 2	2526,5
Партия 3	2550,0
Партия 4	2676,0
СРЕДНЕЕ	2599,4
С применением импортных препрегов	2442,0
Рекомендуемая норма	2060,0

Определение показателя усталости при циклическом нагружении, значение которого не должно превышать нормативное – 60% – осуществляли после изучения всех прочностных характеристик экспериментальных лыж. Установлено, что как для лыж, изготовленных с использованием разработанных препрегов, так и с применением импортных препрегов, данный показатель варьировался в пределах 15,6–30,4%, что соответствует норме.

По результатам контроля технологических (эксплуатационных) параметров установлен и подтвержден факт «живучести» всех опытных образцов препрег-ленты и препрег-флиса при соблюдении условий их хранения путем склеивания лыжных заготовок и испытаний лыж. Используемые методики и проведенные с их помощью исследования позволили заключить, что технологичность препрегов в течение трех месяцев снижается незначительно, что не сказывается на дальнейшем их применении. Частичная полимеризация образцов препрегов в контрольный период не оказала влияния на склеивание лыж и их эксплуатационные показатели. Статистический анализ полученных результатов проводился для четырех основных параметров: стрела прогиба, разрушающая нагрузка, жесткость носочной и пяточной частей. Основываясь исключительно на результатах проведенного комплекса испытаний можно установлено, что разработанные отечественные препреги по большинству параметров позволяют обеспечивать требуемые показатели качества лыж на уровне образцов, изготовленных с применением импортных препрегов.

В пятой главе представлены результаты технических решений по реализации разработанной лабораторной технологии и ее масштабирование в условиях ведения технологических работ на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Республика Беларусь). Полученные экспериментальные данные позволили предложить технологическую схему получения препрегов с участком приготовления эпоксидных связующих. Разработанная технология препрегов нашла практическое применение на производственных площадях филиала «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг». Опытная партия препрегов обеспечила выпуск 200 пар пластиковых лыж согласно выбранному технологическому процессу, не уступающих по основным эксплуатационным показателям образцам, изготовленным с применением импортных препрегов. Таким образом, применение в производственном про-

цессе склеивания лыжных заготовок, разработанных препрегов на основе доступных эпоксидной и терпеноидной смол обеспечивает получение изделий (пластиковых спортивно-беговых лыж), соответствующих установленным техническим нормам, и характеризующихся улучшенными механическими свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлены содержание и структура исходных компонентов канифолетерпеномалеиновой смолы, включающей смоляные кислоты (77%) и терпеновые углеводороды (59%) в соотношении 50 : 50 мас. %, являющиеся достаточными (содержание смоляных кислот и терпеновых углеводородов в скипидарном растворе смоляных кислот составляет 68% или 38,5 и 29,5% соответственно) для процесса малеинизации при $185 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 10–12 ч и последующего применения в качестве отверждающего агента разрабатываемых связующих «горячего» отверждения для отечественных препрегов, а также определен состав ее исходных продуктов при термоллизе основных индивидуальных соединений [2–А; 3–А; 5–А; 10–А; 13–А; 14–А].

2. Впервые установлен компонентный состав эпоксидных пропиточных составов и разработаны их рецептуры, содержащие, мас. %: 37,4–40,3 эпоксидной смолы, 25,0–26,9 канифолетерпеномалеиновой смолы, 8,5–9,2 полимерной модифицирующей добавки (акриловый сополимер или поливинилбутираль), 22,5–27,5 органического растворителя (ацетон и этиловый эфир уксусной кислоты в соотношении 10 : 1), 1,2–1,7 катализатора отверждения, обеспечивающие получение новых препрегов для выбранного технологического процесса. Определены условия получения эпоксидных композиций – температура гомогенизации ($60\text{--}75^\circ\text{C}$), продолжительность 2–4 ч, обеспечивающие полное отверждение при $120 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин и позволяющие соблюсти требования регламентированного технологического процесса [1–А; 3–А; 4–А; 6–А; 8–А; 11–А; 12–А; 15–А; 16–А; 21–А].

3. Разработана технология совмещения матричных композиций (связующих) со стеклонеполнителями как наиболее эффективными материалами отечественного производства для получения препрегов, позволяющих изготовить пластиковые лыжи с индексом жесткости на 50,6 и 63,4% выше и разрушающей нагрузкой на 10,6 и 9,1% выше, чем у лыж с базальтовым или полиэфирным наполнителями соответственно, с сохранением их «живучести» после хранения при температуре минус 18°C в течение не менее 3 месяцев с выявленными изменениями показателей качества препрегов в течение всего срока проведения ис-

пытаний в пределах, %: масса единицы площади 0,1–1,6; содержание связующего 0,2–3,3; содержание летучих продуктов 35,0–0; степень полимеризации 0–8,8. Доказана технологичность («живучесть») препрегов (препрег-лента и препрег-флис) на основе созданных связующих и эффективность их применения при склеивании пластиковых лыж с контролем изменения нормируемых технологических параметров: стрела прогиба (улучшен на 0,4%); индекс жесткости FA (улучшен на 14,9%); разрушающая нагрузка (улучшена на 6,0%); жесткость задней и передней частей лыжи (улучшены на 3,4 и 7,6% соответственно) [1–А; 3–А; 7–А; 9–А; 17–А; 19–А; 20–А].

4. Разработана технология препрегов, содержащих разработанные эпоксидные связующие в количестве 40 ± 2 или 85 ± 2 мас. % соответственно для препрег-ленты и препрег-флиса, обеспечивающая их поверхностную плотность 810 ± 113 или 270 ± 49 г/м² после пропитки соответственно стеклоленты (485 ± 24 г/м²) и стекловуали (40 ± 2 г/м²) и с содержанием летучих веществ не более 5%, обеспечившая выпуск 200 пар конкурентоспособных спортивно-беговых пластиковых лыж, соответствующих установленным техническим нормам, относящихся к классу масс-маркета [3–А; 18–А; 15–А; 21–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Практическое применение результатов квалификационной работы заключается в фактическом выпуске препрегов на производственных площадях ОАО «Полоцк-Стекловолокно» для изготовления спортивно-беговых пластиковых лыж с улучшенными эксплуатационными характеристиками, повышающими их конкурентоспособность и экспортоориентированность. Впервые разработанная технология обеспечивает получение препрегов с заданными свойствами на основе матричных связующих, используемых в качестве клеевого слоя в конструкции лыж для обеспечения целостности последних [21–А].

Испытания разработанной технологии препрегов проведены на производственных площадях филиала «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг» при выпуске 200 пар пластиковых лыж с применением опытной партии препрегов в количестве 2 000 м. п., не уступающих по основным эксплуатационным показателям образцам, изготовленным с применением импортных препрегов. Ориентировочный расчетный годовой экономический эффект от внедрения нового отечественного продукта составляет сумму равную 109 824 бел. руб. эквивалентную 37 314 долларам США по состоянию на 01.04.2022 г.

Разработанная технология может быть тиражирована на предприятия отрасли.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в журналах, входящих в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований

1–А. Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю., Матвейчук С.В., Клюев А.Ю., Гапанькова Е.И., Латышевич И.А. ЯМР-анализ термических реакций смоляных кислот канифоли // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 1 (241). – С. 74–81.

2–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г., Полховский А.В. Связующие для пропитки волокнистых наполнителей при производстве препрегов // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2021. – Т. 57. – №. 2. – С. 236–252.

3–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю. Разработка эпоксидных связующих для препрегов, применяемых в древеснонаполненных композиционных материалах // Полимерные материалы и технологии. – 2023. – Т. 9. – № 2. – С. 59–66.

Статьи в других научных журналах и сборниках трудов

4–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Полховский А.В., Бильдюкевич А.В., Шетько С.В., Прохорчик С.А., Клюев А.Ю., Козлов Н.Г. Полимерный композиционный материал на основе терпеноидного сырья для производства пластиковых лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2020. – Вып. 233. – С. 208–220.

5–А. Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю., Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Попов Е.Г., Ламоткин С.А. Сезонные изменения состава живицы сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*), измеренные методом ЯМР // Химия растительного сырья. – 2022. – №. 1. – С. 193–202.

6–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г. Определение полноты полимеризации эпоксидных олигомеров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 238. – С. 203–214.

7–А. Козлов Н.Г., Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Бильдюкевич А.В. Влияние типа армирующих наполнителей препрега на физико-механические свойства лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 240. – С. 186–196.

8–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г., Бильдюкевич А.В., Николаева К.Н., Данилова-Третьяк С.М. Определение оптимального содержания ускорителя полимеризации в эпоксидных связующих для полимерных

композиционных материалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 240. – С. 211–222.

9–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Бильдюкевич А.В. Оценка влияния длительности хранения на свойства препрегов и механические свойства лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – Вып. 242. – С. 189–203.

Материалы конференций

10–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Клюев А.Ю., Козлов Н.Г. Новые направления использования терпеноидных продуктов // Сотрудничество – катализатор инновационного роста : Матер. 5-ого Белорусско-балтийского форума / М-во обр-ния Респ. Беларусь, БНТУ, науч.-технол. парк БНТУ «Политехник». – Минск: БНТУ, 2019. – С. 68–69.

11–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Полховский А.В. Клеевое связующее для получения полимерных композиционных материалов // Современные проблемы химии, технологии и фармации : Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. / редкол: О.Е. Насакин (отв. ред.) [и др.]; М-во науки и выс. обр-ния, ФГБОУ ВО ЧГУ им. И.Н. Ульянова, Чуваш. Регион. отд-ние РХО им. Д.И. Менделеева. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 215–217.

12–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Полховский А.В. Полимерный композиционный материал на основе терпеноидного сырья для производства пластиковых лыж // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : Матер. междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: М.Е. Лустенков [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и выс. обр-ния Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 116–117.

Тезисы докладов

13–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А. Новые направления переработки и использования сосновой живицы // XXIII Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием) : Тез. докл. междунар. конф., Нижний Новгород, 21–23 апреля 2020 г. – С. 483.

14–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Клюев А.Ю., Козлов Н.Г. Новые эффективные заменители канифоли // Полимеры в стратегии научно-технического развития РФ «Полимеры-2020» : Сб. тез. восьмой Всерос. Каргинской конф., Москва, 9–13 ноября 2020 г. – С. 83.

15–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Полховский А.В. Клеевые полимерные композиционные материалы на основе терпеноидного связую-

щего // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : Тез. докл. VI Респ. Науч.-техн. конф. мол. уч., посв. памяти чл.-корр. С.С. Песецкого, Гомель, 9–11 ноября 2020 г. – С. 108–110.

16–А. Napankova A.I., Latyshevich I.A. Impact assessment of the curing accelerator on the polymerization process of the composite // Mendeleev 2021: Book of abstract XII Internat. conf. on chem. for young scient., St. Petersburg, 6–10 september 2021. – P. 711.

17–А. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И. Оценка запаса жизнеспособности препрега // Природные и синтетические полимеры медицинского и технического назначения : Сб. тез. докл. междунар. научн. конф., Минск, 27–29 апреля 2022 г. – С. 193.

18–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А. Анализ основных механических свойств пластиковых лыж, изготовленных с применением разработанных композиционных материалов // ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ И ТРИБОЛОГИЯ (Поликомтриб-2022) : Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 28–30 июня 2022 г. – С. 15.

19–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А. Влияние длительности хранения препрегов на механические свойства лыж // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : Тез. докл. VII Респ. науч.-техн. конф. мол. уч., Гомель, 18–20 октября 2022 г. – С. 91–92.

20–А. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А. Оценка влияния длительности хранения на свойства препрегов // Химия и технология растительных веществ : Тез. докл. XII Всерос. научн. конф. с междунар. уч., Киров, 29 ноября – 2 декабря 2022 г. – С. 39.

Патент Республики Беларусь

21–А. Эпоксидное связующее и препрег на его основе для производства спортивно-беговых пластиковых лыж: пат. ВУ 24242 / А.В. Бильдюкевич, Н.Г. Козлов, Е.И. Гапанькова, И.А. Латышевич. – Опубл. 20.03.2024.



РЭЗІЮМЭ

Гапанькова Алена Ігараўна

ТЭХНАЛОГІЯ ПРЭПРЭГАЎ НА АСНОВЕ ЭПАКСІДНАЙ І ТЕРПЕНОІДНАЙ СМОЛ

Ключавыя словы: тэхналогія, прэпрэг, эпаксіднае злучнае, каніфоль, шкіпінар, смала

Мэта работы – распрацоўка тэхналогіі прэпрэгаў на аснове эпаксіднай і терпеноіднай смол у складах матрычных кампазіцый (злучных).

Метады даследавання: фізіка-хімічныя (ЯМР- і ІЧ-спектраскапія, дыферэнцыяльная сканавальная каларыметрыя), стандартызаваныя метады (ДАСТ) аналізу эпаксідных злучных, якасці тэхналагічных параметраў прэпрэгаў, асноўных фізіка-механічных уласцівасцяў спартыўна-бегавых пластыкавых лыж.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацаваны тэхналогіі прэпрэгаў рэцэптуры новых эпаксідных злучных, якія змяшчаюць эпаксідную і терпеноідную смолы, палімерны мадыфікуючы дадатак, комплексны арганічны растваральнік і каталізатар зацвярджэння, і тэхналагічныя рэжымы атрымання прэпрэгаў на іх аснове, якія забяспечваюць пры тэмпературнай вытрымцы $120\pm 2^\circ\text{C}$ на працягу 7 ± 1 хв. захаванне тэхналагічнага працэсу вытворчасці мэлавых вырабаў. Выкарыстанне ўпершыню распрацаваных тэхналогій прэпрэгаў дазволілі атрымаць спартыўна-бегавыя пластыкавыя лыжы, эксплуатацыйныя характарыстыкі якіх знаходзяцца на высокім узроўні ва ўмовах сучаснай канкурэнцыі.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Вынікі праведзеных даследаванняў па распрацоўцы прэпрэгаў і эпаксідных злучных знайшлі практычнае прымяненне пры вытворчасці пластыкавых лыж на філіяле «Целяханы» Дзяржаўнага прадпрыемства «Беларусьторг».

Распрацаваная тэхналогія прэпрэгаў укаранена на ААТ «Полацк-Шкловалакно» (г. Полацк, Рэспубліка Беларусь). Прыблізны гадавы эканамічны эффект ад укаранення прэпрэгаў у вытворчы працэс складае суму 109 824 беларускіх рублёў.

Галіна выкарыстання: хімічныя тэхналогіі, адукацыйны працэс вышэйшых навуковых устаноў, дзяржаўныя праграмы навуковых даследаванняў.

РЕЗЮМЕ

Гапанькова Елена Игоревна

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПРЕГОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ И ТЕРПЕНОИДНОЙ СМОЛ

Ключевые слова: технология, препрег, эпоксидное связующее, канифоль, скипидар, смола

Цель работы – разработка технологии препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол в составах матричных композиций (связующих).

Методы исследования: физико-химические (ЯМР- и ИК-спектроскопия, дифференциальная сканирующая колориметрия), стандартизированные методы (ГОСТ) анализа эпоксидных связующих, качества технологических параметров препрегов, основных физико-механических свойств спортивно-беговых пластиковых лыж.

Полученные результаты и их новизна. Разработаны технологии препрегов и рецептуры новых эпоксидных связующих, содержащие эпоксидную и терпеноидную смолы, полимерную модифицирующую добавку, комплексный органический растворитель и катализатор отверждения, и технологические режимы получения препрегов на их основе, обеспечивающих при температурной выдержке $120 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин соблюдение технологического процесса производства целевых изделий. Применение впервые разработанных технологий препрегов обеспечили получение спортивно-беговых пластиковых лыж, эксплуатационные характеристики которых находятся на высоком уровне в условиях современной конкуренции.

Рекомендации по использованию. Результаты проведенных исследований по разработке препрегов и эпоксидных связующих нашли практическое применение при производстве пластиковых лыж на филиале «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг».

Разработанная технология препрегов внедрена на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (г. Полоцк, Республика Беларусь). Ориентировочный годовой экономический эффект от внедрения препрегов в производственный процесс составляет сумму 109 824 бел. руб.

Область применения: химические технологии, образовательный процесс высших учебных заведений, государственные программы научных исследований.

SUMMARY

Alena I. Hapankova

TECHNOLOGY OF PREPREGS BASED ON EPOXY AND TERPENOID RESINS

Keywords: technology, prepreg, epoxy binder, rosin, turpentine, resin

The aim of the research is to develop of prepreg technology based on epoxy and terpenoid resins in matrix compositions (binders).

Research methods: physico-chemical (NMR- and IR-spectroscopy, differential scanning calorimetry), standardized methods (GOST) for analysis of epoxy binders, quality of technological parameters of prepregs, basic physical and mechanical properties of sports and cross-country plastic skis.

The results obtained and their novelty. Prepreg technologies and formulations of new epoxy binders containing epoxy and terpenoid resins, polymer modifying additive, complex organic solvent and curing catalyst, and technological modes of prepregs production on their basis have been developed. They ensure compliance with the technological process of production of target products at temperature exposure $120\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 7 ± 1 min. Application of the newly developed technologies of prepregs provided obtaining of sports and cross-country plastic skis, performance characteristics of which are at a high level in the conditions of modern competition.

Recommendations for use. The results of the research on the development of prepregs and epoxy binders have found practical application in the production of plastic skis at the Telehany branch of the State Enterprise “Belarustorg”.

The developed technology of prepreg has been implemented at JSC “Polotsk-Steklovolokno” (Polotsk, Republic of Belarus). Estimated annual economic effect from the introduction of prepregs in the production process is amount to 109 824 BYN.

Application area: chemical technologies, educational process of universities, state research programs.

Научное издание

Гапанькова Елена Игоревна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПРЕГОВ
НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ И ТЕРПЕНОИДНОЙ СМОЛ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ответственный за выпуск Е.И. Гапанькова

Подписано в печать 09.12.2024. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд.л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство и государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск