

УТВЕРЖДАЮ:

Директор государственного
научного учреждения «Институт
механики металлополимерных
систем имени В.А. Белого
Национальной академии наук
Беларуси», член-корреспондент
НАН Беларуси, доктор технических
наук, профессор



А.Я. Григорьев

2025 г.

ОТЗЫВ ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Государственного научного учреждения
«Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого
Национальной академии наук Беларуси»
на диссертационную работу Гапаньковой Елены Игоревны
«Технология препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол»,
представленную к защите на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности
05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов»

Экспертиза диссертации, автореферата и основных публикаций по теме диссертационной работы проводилась в соответствии с письмом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» № 08-19/143 от 16.12.2024 г. и в соответствии с приказом директора государственного научного учреждения «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси» № 136 от 19.12.2024 г.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертация Гапаньковой Е.И. «Технология препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол» по объекту и предмету исследований, поставленной цели и решаемым задачам исследования, полученным результатам, основным выводам и выносимым на защиту положениям соответствует отрасли «технические науки» и паспорту специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов», утвержденному Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 29.11.2023 г. № 293, а именно:

1) объекты исследования – смола природного происхождения в технологии производства препрегов конструкционного назначения и препреги

на основе разработанных эпоксидных связующих – соответствуют формуле специальности в части развития физико-химических основ технологии получения и переработки полимеров и композитов в изделия с заданным комплексом функциональных свойств, включая также синтез полимеров и связующих, смешение компонентов композиций, изготовление заготовок и изделий. При этом в диссертационной работе четко определяется корректное разграничение со смежными специальностями, а именно, со специальностью 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения» и 05.17.04 «Технология органических веществ» в части акцента на сугубо технологические особенности модифицирования связующих на основе смол;

2) предмет исследования – изучение физико-химических и технологических свойств препрегов, а также физико-механических свойств изделий, полученных с их применением – соответствует основным пунктам областей исследования в рамках выбранной специальности (главным образом пп. 1–3), особенно в части вопросов, связанных с отверждением реактопластов, с развитием технологий производств композитных изделий (препрег-ленты и препрег-флиса) с использованием функциональных добавок, а также с изучением изменений структуры и свойств материалов в процессе их переработки;

3) цель и задачи также соответствуют областям исследования в рамках выбранной специальности, поскольку ориентированы непосредственно на развитие рецептурно-технологических подходов к формированию препрегов на основе модифицированных смол;

4) выдвигаемая диссертантом научная новизна полученных результатов соответствует пп. 1–3 областей исследования выбранной специальности, поскольку решаются преимущественно рецептурно-технологические проблемы создания композиционных материалов на основе реактопластов;

5) вынесенные на защиту положения соответствуют паспорту специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов», поскольку относятся к рецептурно-технологическим аспектам формирования композитов и препрегов на их основе, причем и обоснование рецептур, и вносимые в технологию новшества в достаточной мере дополняют друг друга.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Основной задачей диссертации усматривается применение оригинальных рецептурно-технологических приемов работы с реактопластами для создания препрегов с улучшенным комплексом свойств. Решение этой задачи предполагает проведение комплекса исследований в области не только технологии смешения и компаундирования высокомолекулярных соединений и их модификаторов, но и в области физической химии природных и синтетических смол. Наиболее значимые

результаты данных исследований:

– установление содержания компонентов, обеспечивающего оптимальные условия малеинизации смеси смоляных кислот и терпеноидных углеводов, продукт которой – канифолетерпеномалеиновая смола – далее при смешении с другими компонентами используется в качестве активного отверждающего агента;

– впервые разработанные рецептуры композиций, включающие в качестве ключевого активного компонента синтезированную канифолетерпеномалеиновую смолу, а также смесь эпоксидной смолы, полимерной модифицирующей добавки, катализатора и растворителей в оптимальных концентрациях, что обеспечивает быстрое отверждение композиций, в том числе в относительно мягких низкотемпературных условиях;

– адаптация технологии совмещения разработанных матричных композиций на основе смесей смол со стеклонаполнителями (включая технологию изготовления препрег-ленты и препрег-флиса) путем пропитки разработанными матричными составами стеклоткани и стекловуали с формированием препрегов для изготовления пластиковых лыж отечественного производства с оптимальными показателями жесткости и разрушающей нагрузки при сохранении живучести.

В результате проведенных исследований установлен ряд закономерностей формирования композиций на основе реактопластов. Определены технологические условия, в которых реализуется оптимальное по результативности взаимодействие компонентов данных композиций. Разработан достаточно обширный пакет технической и технологической документации, включая методику проведения испытаний, лабораторные регламенты, опытно-технологический регламент. Это сделало возможным успешно внедрить разработку в производство пластиковых лыж.

Научная значимость результатов диссертации состоит в развитии рецептурно-технологических аспектов разработки препрегов на основе эпоксидной и модифицированной терпеноидной смолы с показателями, соизмеримыми или превосходящими показатели аналогов, в том числе используемых в импортных образцах пластиковых лыж.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за следующие новые научные результаты:

– рецептурно-технологические решения по применению в эпоксидных композициях активного компонента, совмещающего функции пластификатора и отвердителя, а именно – канифолетерпеномалеиновой смолы, получае-

мой при химическом взаимодействии между смоляными кислотами и терпеновыми углеводородами;

– рецептурно-технологические решения по композиционному составу связующих «горячего» отверждения, содержащих в качестве основы эпоксидную смолу, в качестве активного агента канифолетерпеномалеиновую смолу, в качестве полимерной модифицирующей добавки акриловый сополимер или поливинилбутираль, в качестве органического растворителя ацетон и этилацетат, а также катализатор отверждения;

– развитие технологических приемов совмещения связующих со стекловолоконными компонентами для формирования препрег-ленты и препрег-флиса при содержании связующих соответственно 40 или 85 мас.%.

Научная новизна усматривается в первую очередь во впервые осуществленном в Беларуси применении в составе композиций для препрегов активного компонента в виде модифицированной терпеноидной смолы, которая выполняет по отношению к эпоксидной смоле двойную функцию – и как пластификатор, и как отвердитель, вступающий во взаимодействие с активными функциональными группами других компонентов композиций. Также научная новизна усматривается в подборе рецептур связующих, при которых достигается необходимая динамическая вязкость 1-4 П·с, что обеспечивает формирование отверждаемых в сравнительно мягких условиях препрегов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в успешно осуществленном внедрении разработки в условиях реального производства, а именно – в изготовлении отечественных пластиковых лыж, целостность и эксплуатационные качества которых обусловлены разработанными препрегами. По результатам исследований разработана технологическая документация, включающая методы контроля качества технологических параметров лабораторных образцов препрегов, 5 лабораторно-технологических регламентов на изготовление компонентов и самих препрегов, 1 опытно-технологический регламент на изготовление препрег-ленты и препрег-флиса, 2 технологические карты. Оформлены акты на изготовление компонентов и препрегов. Получен акт внедрения разработки и акт изготовления лыж. Пластиковые лыжи по основным эксплуатационным показателям не уступают аналогам, изготовленным с применением импортных препрегов.

4. Замечания по диссертационной работе

1) название работы звучит емко и лаконично, но более предпочтительной явилась бы другая формулировка, а именно «Развитие рецептурно-технологических аспектов формирования препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол для применения в отечественном производстве пластиковых лыж». Это связано с тем, что во многих развитых странах известны базовые принципы технологии препрегов для различных отраслей промышленности. Они в данной работе не пересмотрены коренным

образом в сторону кардинального улучшения, хотя и адаптированы для конкретной цели на основе обладающих новизной рецептурных решений, причем данные решения касаются преимущественно пропиточных составов. Внедрение осуществлено именно по виду изделий «пластиковые лыжи»;

2) не вполне понятно, откуда взяты исходные данные для формулирования технологических требований к препрегам (температура отверждения $120 \pm 2^\circ\text{C}$, время полимеризации 7 ± 1 мин, «живучесть» при минус 18°C не менее 3 мес.). Если они обусловлены уже имеющимся регламентированным технологическим процессом, следовало это подчеркнуть;

3) синтаксически несогласованно сформулирован первый пункт защищаемых положений (следует так – «смолы, полученной», после чего «компонентов, включающих»);

4) по тексту работы, в том числе в основном содержании работы, имеются пунктуационные ошибки или опечатки;

5) все неавторские (заимствованные из источников) иллюстрации в тексте работы должны быть снабжены ссылками непосредственно в подрисуючной подписи;

6) в выводах к главе 1 сформулированы «направления исследования, позволяющие решить поставленные задачи». Формулировки «направлений» не вполне совпадают с формулировкой «задачи». Это является излишним, следовало просто повторить «задачи» из автореферата»;

7) вызывает некоторое сожаление, что в рамках диссертации разработан только один объект интеллектуальной собственности в виде патента на изобретение, их могло быть больше: например, метод и условия синтеза канифолетерпеномалеиновой смолы путем взаимодействия смоляных кислот и терпеновых углеводов, рецептура связующего с участием этой смолы в смеси с эпоксидной смолой и целевыми модификаторами, метод или технология пропитки волоконной основы, непосредственная рецептура препрега, а также конструкционное исполнение пластиковой лыжи с данным препрегом в качестве ключевого компонента.

Высказанные замечания имеют характер рекомендаций и не снижают значимости и практической ценности работы.

5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Основные результаты диссертации опубликованы в 20 научных работах (все в соавторстве). В числе работ – 3 статьи в научных изданиях в соответствии с п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. Также опубликовано 6 статей в других научных журналах, 3 статьи в материалах научных конференций и форумов, 8 тезисов докладов. Получен 1 патент на изобретение. Положения, выносимые диссертантом на защиту,

подтверждаются ссылками на собственные публикации. Диссертационная работа соответствует п. 20 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Уровень научной подготовки диссертанта соответствует квалификации кандидата технических наук.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертации, которые могут найти практическое применение

Результаты диссертационной работы внедрены в условиях производства лыж. Технология препрегов с регулируемыми технологическими и эксплуатационными свойствами может найти широкое применение в различных отраслях промышленности.

7. Заключение

Диссертационная работа Гапаньковой Е.И. по новизне, научной и практической значимости отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении научных званий, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по техническим наукам. Содержание автореферата и диссертационной работы соответствует выбранной специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов». Анализ опубликованных работ и содержания диссертации свидетельствует о том, что все основные результаты и положения, выносимые на защиту, обоснованы, достоверны и получены соискателем самостоятельно, что в итоге позволило внести существенный вклад в развитие актуальных направлений научных исследований в области технологии переработки полимеров и композитов. Полученные диссертантом результаты имеют важное значение для Республики Беларусь и обладают значительным потенциалом дальнейшего развития.

На основании вышеизложенного Гапанькова Е.И. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов» за новые научные результаты, включающие:

– рецептурно-технологические решения по применению в эпоксидных композициях активного компонента, совмещающего функции пластификатора и отвердителя, а именно – канифолетерпеномалеиновой смолы, получаемой при химическом взаимодействии между смоляными кислотами и терпеновыми углеводородами;

– рецептурно-технологические решения по композиционному составу связующих «горячего» отверждения, содержащих в качестве основы эпоксидную смолу, в качестве активного агента канифолетерпеномалеиновую смолу, в качестве полимерной модифицирующей добавки акриловый сополимер или поливинилбутираль, в качестве органического растворителя ацетон и этилацетат, а также катализатор отверждения;

– развитие технологических приемов совмещения связующих со стекловолоконными компонентами для формирования препрег-ленты и препрег-флиса при содержании связующих соответственно 40 или 85 мас.%,

что в совокупности обеспечило создание оптимальных условий малеинизации при формировании канифолетерпеномалеиновой смолы, создание оптимальных условий отверждения матричных композиций при $120\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин за счет химического взаимодействия между полярными функциональными группами компонентов, а также получение препрегов (поверхностная масса 810 ± 113 или 270 ± 49 г/м² после пропитки соответственно стеклоленты 485 ± 24 г/м² и стекловуали 40 ± 2 г/м², содержание летучих веществ не более 5%), которые явились компонентом впервые разработанных отечественных пластиковых лыж 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, что сопоставимо с мировыми аналогами данной продукции.

Экспертом по диссертационной работе Гапаньковой Е.И. оппонировавшей организации назначен кандидат технических наук, доцент Зотов С.В. (приказ № 136 от 19.12.2024 г.).

Доклад Гапаньковой Е.И. по диссертационной работе «Технология препрегов на основе эпоксидной и терпеноидной смол» и проект отзыва, подготовленный экспертом, заслушаны на семинаре в государственном научном учреждении «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси» (протокол № 1 от 10.01.2025 г.). Присутствовало 12 человек, из них 12 с ученой степенью. Отзыв обсужден и принят открытым голосованием с результатом: «за» – 12, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Выражаем согласие на размещение данного отзыва на официальном сайте учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Эксперт,
к.т.н., доцент



С.В. Зотов

Председатель семинара,
д.т.н., профессор

В.М. Шаповалов

Секретарь семинара,
к.т.н.

В.В. Шевченко