

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.035.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 9 сентября 2022 г. № 23

О присуждении **Вохмянину Михаилу Александровичу**, гражданину РФ,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Эластомерные композиции с новыми ингредиентами на основе продуктов аминолитической деструкции полиэтилентерефталата» по специальности 05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов» принята к защите 3 июня 2022 г., протокол № 18, диссертационным советом Д 212.035.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, приказ №180/нк от 02.10.2018 г.

Соискатель Вохмянин Михаил Александрович 13 февраля 1994 года рождения.

В 2016 г. соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», присуждена квалификация бакалавр по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология». В 2018 году окончил магистратуру в ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология». В 2022 году окончил аспирантуру по направлению 18.06.01 «Химическая технология», (приказ о

зачислении в аспирантуру № 05-01/2-АСП от 28.08.2018 г., приказ об отчислении в связи с окончанием обучения № 09-01/27-АСП от 21.06.2022 г.).

Работает в должности младшего научного сотрудника центра компетенций «Полимерные материалы» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре химии и технологии переработки полимеров и в центре компетенций «Полимерные материалы» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, **Веснин Роман Леонидович**, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», кафедра химии и технологии переработки полимеров, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Петрова Наталия Николаевна, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», профессор-заведующий химическим отделением Института естественных наук.

Ворончихин Василий Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», заведующий кафедрой химической технологии твёрдых ракетных топлив, нефтепродуктов и полимерных композиций дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой химии и технологии переработки эластомеров Вольфсон Светославом Исааковичем,

доктором технических наук, профессором; профессором кафедры химии и технологии переработки эластомеров Хакимуллин Юрием Нуриевичем, доктором технических наук, профессором, указали, что диссертационная работа Вохмянина Михаила Александровича представляет собой завершённое научное исследование, направленное на решение актуальной научно-практической задачи по разработке технологий утилизации пластиковых отходов и получению новых ингредиентов для эластомерных композиций.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, из них в рецензируемых научных изданиях ВАК РФ опубликовано 2 статьи, 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и системы цитирования SCOPUS, 14 публикаций в сборниках и материалах конференций (общий объем 3,5 усл. п. л., авторский вклад соискателя составляет 2,6 усл. п. л.).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Вохмянин М.А. Технология утилизации отходов полиэтилентерефталата с получением амида терефталевой кислоты // М.А. Вохмянин, Р.Л. Веснин, А.А. Алалыкин // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». - 2020. - № 2. - С. 99–104 (Scopus).

2. Использование диамида терефталевой кислоты в резинах на основе СКН-40 / М.А. Вохмянин, Р.Л. Веснин, В.В. Пятина, В.А. Седых // Вестник ВГУИТ. - 2020. - №. 2. - С. 154-161.

3. Использование продуктов микроволновой аминолитической деструкции полиэтилентерефталата в резинах на основе хлоропренового каучука / М.А. Вохмянин, Р.Л. Веснин, А.Д. Краев, В.А. Седых // Вестник ВГУИТ. - 2021. - № 3. - С. 182–191.

4. Vokhmyanin, M.V. The use of products of microwave aminolytic destruction of polyethylene terephthalate in vibration-absorbing polymer composite materials / M.A. Vokhmyanin, R.L. Vesnin, V.V. Avdonin // Materiale Plastice. - 2022. – Vol. 59. – No 1. - Pp. 8-17 (Scopus).

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные: **Мараховский К.М.** - к.т.н., заведующий испытательной лабораторией полимерного сырья и изделий из пластмасс ОА «МИПП - НПО Пластик» (Акционерное общество «Межотраслевой институт переработки пластмасс - НПО «Пластик»); **Насыров И.Ш.** - к.х.н., заместитель генерального директора по развитию (науке) ОАО «Синтез-Каучук»; **Юсупов А.А.** - к.т.н., заместитель директора по науке ООО «НТЦ Интайр»; **Резниченко Д.С.** - к.т.н., генеральный директор ООО «Научно-исследовательский институт эластомерных материалов и изделий»; **Папков В.Н.** - к.т.н., заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией эмульсионной полимеризации Воронежского филиала Федерального Государственного унитарного предприятия «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени «Научно-исследовательский институт синтетического каучука» им. академика С.В. Лебедева, Игуменова Т.И. - к.т.н., заведующий лабораторией аналитических исследований полимеров и ингредиентов Воронежского филиала федерального Государственного унитарного предприятия «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени «Научно-исследовательский институт синтетического каучука» им. академика С.В. Лебедева»; **Кольцов Н.И.** - д.х.н., профессор, заведующий кафедрой физической химии и высокомолекулярных соединений ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»; **Насыров И.Ш.** - к.т.н., заместитель генерального директора по развитию (по науке) АО «Синтез-Каучук»; **Третьякова Н.А.** - д.т.н., заведующий химико-технологическим отделом АО «Федеральный научно-производственный центр «Прогресс»; **Новопольцева О.М.** - д.т.н., доцент, профессор кафедры «Химическая технология полимеров и промышленная экология» Волжского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»; **Власов В.В.** - к.т.н., доцент кафедры «Химическая технология биологически активных веществ и полимерных композитов», ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»

Содержание критических замечаний, содержащихся в отзывах, сводится к следующему: из автореферата не ясно, какие именно отходы полиэтилентерефталата выбраны для исследования, была ли выборка ПЭТ по цветности и загрязнённости отходов. В части исследования влияния параметров процесса деструкции ПЭТ на выход целевого продукта не показана степень конверсии разлагаемого ПЭТ. В автореферате не отражено, оказывает ли влияние цветность отходов полиэтилентерефталата на скорость процесса деструкции. Не ясно, оказывает ли наличие кислорода воздуха влияние на процесс деструкции. В тексте автореферата недостаточно чётко обоснован выбор указанных соотношений аминоспиртов при изучении процесса деструкции, чем руководствовались и к чему стремились прийти при подборе соотношений компонентов. В автореферате недостаточно сведений о свойствах, полученных в процессе деструкции ПЭТ продуктах и новом олигоэфирамида, например, молекулярная масса, растворимость, плотность и т.д. В автореферате отсутствует информация по определению молекулярной массы полученного олигоэфирамида. В части автореферата, посвященной исследованию влияния новых компонентов на свойства эластомерных композиций недостаточно четко обоснованы дозировки вводимых компонентов. Одним из важных замечаний стоит отметить выбранную смесь сравнения, при исследовании композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука, где исследуемые смеси приготовлены с использованием БНКС-40АМН, а серийная смесь выбрана на БНКС-28, в таком случае проводить сравнение некорректно. Кроме этого, в случае изучения композиций на основе хлоропренового каучука не представлено сравнение со смесями, в которых использованы какие-либо пластификаторы. При изучении свойств готовых композиций не указан метод оценки количества поперечных связей. В работе изучена эффективность новых ингредиентов в резинах, содержащих только малоактивный технический углерод П-803. Из автореферата не ясно, чем обусловлены дозировки диамида терефталевой кислоты и олигоэфирамида в исследуемых композициях. Проводилась ли оценка влияния олигоэфирамида на морозостойкость резин? В автореферате не

приведены представляющие интерес результаты на ускоренное старение и теплостойкость исследованных резиновых смесей. Из автореферата не ясно какой эффект от совмещения диамида терефталевой кислоты и олигоэфирамида с ДОФ или ДОС в резинах планируется получить? Резины на основе бутадиен-нитрильного и хлоропренового каучуков считаются маслобензостойкими, однако не оценено их поведение в топливах и маслах.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их многолетним опытом, профессионализмом и компетентностью в научно-исследовательских направлениях, смежных с тематикой диссертации по защищаемой специальности, что подтверждается наличием публикаций в данной отрасли науки, способностью оценить научную новизну, теоретическую ценность и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика переработки отходов полиэтилентерефталата методом аминолитической деструкции с получением новых ингредиентов для полярных эластомерных композиций, позволившая утилизировать отходы полиэтилентерефталата и получать новые эластомерные композиции;

предложено введение продуктов деструкции ПЭТ в полярные эластомерные композиции с целью улучшения их свойств;

доказана перспективность применения продуктов переработки пластиковых отходов ПЭТ в полярных эластомерных композициях с возможностью изменения технологических и эксплуатационных свойств композиций; введены

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано повышение условной прочности резин, ускорение процесса вулканизации и увеличение количества поперечных связей в единице объема вулканизата при добавлении новых ингредиентов, полученных из продуктов переработки отходов полиэтилентерефталата.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован подход к изучению упруго-прочностных свойств смесей с добавлением ДОФ и ДОС, объяснено пластифицирующее действие олигоэфирамида.

изложены варианты по уменьшению удлинения при разрыве, вызванные ограниченным совмещением компонентов.

раскрыты основные параметры процесса аминолитической деструкции ПЭТ, упруго-прочностные показатели эластомерных композиций, которые изменяются при добавлении новых ингредиентов.

изучены упруго-прочностные свойства композиций с добавлением продукта деструкции ПЭТ (диамида терефталевой кислоты) и нового олигоэфирамида;

проведена модернизация технологии полярных резин олигоэфирамидом при добавлении дибутилфталата и диоктилсебацата.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены новые ингредиенты для эластомерных композиций на основе полярных каучуков в производстве резинотехнических маслобензостойких изделий и для клеевых композиций. В условиях АО «Чайковский завод РТД» (г. Чайковский) проведены промышленные испытания новых ингредиентов, в ходе которых установлено соответствие нормам контроля, а также в условиях ООО «РЭМ Синтез» (г. Киров) проведены промышленные испытания клеевых композиций с добавлением олигоэфирамида и подтверждено улучшение свойств.

определены перспективы практического применения новых ингредиентов из отходов полиэтилентерефталата для полимерных композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука, а также клеевых композиций на основе полихлоропрена.

создан комплекс практических рекомендаций по использованию новых ингредиентов в полярных эластомерных композициях в качестве дополнительных ускорителей вулканизации и пластификаторов.

представлены рекомендации по утилизации пластиковых бытовых отходов при помощи смеси аминоспиртов и микроволнового излучения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием современного комплекса методов исследования резиновых смесей, вулканизаторов на сертифицированном оборудовании с высоким уровнем точности измерений; обработка результатов экспериментов выполнена с применением современных информационных и программных средств; достигнута воспроизводимость результатов в различных условиях;

теория построена на известных, воспроизводимых данных по аминолитической деструкции ПЭТ, согласующаяся с аналогичными опубликованными результатами по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики приготовления эластомерных композиций, известных литературных и собственных экспериментальных результатов по получению новых ингредиентов для эластомерных композиций; обобщении передового опыта в области получения новых ингредиентов из отходов термопластов;

использовано сравнение результатов изучения аминолитической деструкции ПЭТ, полученных соискателем, и опубликованных в другими авторами;

установлена согласованность авторских результатов аминолитической деструкции ПЭТ с работами, представленными в независимых источниках по исследуемой тематике;

использованы современные физико-химические методы анализа, методы изучения упруго-прочностных свойств эластомерных композиций и методы обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: анализе и обобщении научно-технических данных последних лет, вошедших в литературный обзор; обосновании выбора объектов исследования; постановке цели и задач исследования; проведении научных экспериментов; обработке экспериментальных результатов; проведении расчетов; анализе и обсуждении полученных результатов и выводов; выдаче рекомендаций; представлении полученных результатов на конференциях и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. С чем связано уменьшение количества технического углерода в рецептурах с добавлением новых вводимых компонентов?
2. Проводилась ли оценка влияния кислорода воздуха на процесс деструкции и на стабильность каждого из этих компонентов?
3. Возможно ли проведение процесса деструкции полиэтилентерефталата при разряженной атмосфере?
4. Почему в качестве объекта сравнения для резин на основе БНКС-40, содержащих БГЭТДА или олигоэфирамид, была выбрана серийная резиновая смесь 7-ИРП-1068-3С, в основе которой лежит БНКС-28, а для получения используется другая вулканизирующая система и другой наполнитель. В таком виде это сопоставление является некорректным.
5. Каким образом влияют полученные продукты на бутадиен-нитрильный каучук и полихлоропрен, которые существенно

отличаются по химическому строению и используемым методам вулканизации? Механизм действия полученных добавок одинаковы или есть определенная специфика, обусловленная разным химическим строением каучуков? На основании каких соображений были выбраны количества продуктов деструкции полиэтилентерефталата, вводимые в рецепты резиновых смесей

Соискатель Вохмянин М.А. **ответил** на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

Снижение количества технического углерода в рецептурах с новыми ингредиентами является некоторой недоработкой, ввиду того, что снижение количества технического углерода в эластомерных композициях приводит к изменению упруго-прочностных свойств вулканизатов. Однако, при введении новых ингредиентов в резиновые смеси на основе хлоропренового каучука установлено значительное улучшение упруго-прочностных свойств вулканизатов при введении нового олигоэфирамида, что не может быть обусловлено лишь снижением количества технического углерода. В таком случае значительный вклад в увеличение относительного удлинения при разрыве как раз вносит новый олигоэфирамид.

Проводилась оценка влияния кислорода воздуха на кинетику деструкции ПЭТ в изученных условиях и выявлено, что присутствие кислорода ускоряет процесс относительно инертной среды. Оценка влияния кислорода воздуха на изначальные компоненты не проводилась, т.к. основной целью являлось изучение самого процесса деструкции и факторов, влияющих на его скорость.

В таком случае придется снижать температуру реакции, потому что закипание аминоспиртов происходит при более низкой температуре и, чтобы избежать сильного испарения реакционной массы, процесс необходимо проводить при более низких температурах, что снизит скорость реакции. Однако, в рассматриваемом случае скорость реакции будет зависеть не только от температуры, но и от скорости диффузии аминоспиртов в частицы полиэтилентерефталата.

Замечание справедливо. Сравнение с указанной смесью не корректно, но в дальнейшем при работе на кафедре планируется исследование влияния новых ингредиентов на свойства указанной резиновой смеси, т.к. в настоящий момент есть заинтересованные предприятия в новых ингредиентах ввиду импортозамещения. Кроме этого, указанная смесь выбрана ввиду того, что в большей части эластомерных композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука используется смесь каучуков, например, БНКС-28 и БНКС-40.

Влияние полученных добавок на бутадиен-нитрильный каучук и полихлоропрен схожи, однако стоит учитывать совместимость компонентов. На основании рассчитанных параметров растворимости компоненты несовместимы, исходя из этого выбраны указанные дозировки, а также на основании предварительных опытов по приготовлению композиций. Экспериментально выявлено, что распределение в первую очередь олигоэфирамида в матрице бутадиен-нитрильного каучука лучше, нежели в полихлоропрене, где при больших дозировках наблюдались отдельные не промешанные частицы олигоэфирамида. Как в случае бутадиен-нитрильного каучука, так и в случае хлоропренового при добавлении олигоэфирамида наблюдался пластифицирующий эффект.

На заседании 9 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по созданию эластомерных композиций на основе полярных каучуков с добавлением продуктов аминолитической деструкции полиэтилентерефталата, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Вохмянину Михаилу Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.17.06,

