

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 01.07.22 г. № 4

О присуждении Бусловичу Дмитрию Геннадьевичу, гражданство Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка экструдированных износостойких СВМПЭ композитов для переработки методом шнековой экструзии» по специальности 2.6.17. - Материаловедение принята к защите 22 апреля 2022 г., протокол № 8 диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, Приказ 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Буслович Дмитрий Геннадьевич 26 ноября 1993 года рождения. В 2017 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». В июне 2021 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории нанобиоинженерии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории механики полимерных композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского

отделения Российской академии наук и в отделении материаловедения инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Панин Сергей Викторович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория механики полимерных композиционных материалов, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

Соколова Марина Дмитриевна, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» обособленное подразделение «Институт проблем нефти и газа Сибирское отделение Российской академии наук», Директор института, ведущий научный сотрудник лаборатории материаловедения;

Мелентьев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра прикладной механики и материаловедения, доцент.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», в своем положительном отзыве, подписанном **Кузнецовым Вячеславом Викторовичем**, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой механизации переработки сельскохозяйственной продукции, **Водяковым Владимиром Николаевичем**, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции и утвержденным **Сениным Петром Васильевичем**, доктором технических наук, профессором, первым проректором МГУ им. Огарёва указала, что диссертация Д.Г. Бусловича является законченной

научно-квалификационной работой и соответствует требованиям, предъявляемых п.9. «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.) к кандидатским диссертациям. В диссертации представлен комплексный подход к решению важной практической задачи – разработке экструдированных волокнонаполненных композитов СВМПЭ, обладающих улучшенными механическими и трибологическими свойствами за счёт компаундирования в двухшнековом экструдере и последующей переработке фидстока одношнековой экструзией. Работа выполнена на высоком научном уровне, её результаты имеют широкое прикладное значение и могут быть использованы в различных отраслях, требующих применение материалов с высокой износостойкостью и прочностью. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 8. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде патента. Общий объем опубликованных работ – 9,75 п.л., авторский вклад – 6,5 п.л. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Наиболее значимые результаты по теме диссертации представлены в следующих публикациях, входящих в перечень ВАК:

1. Панин, С.В. Экструдированные полимер-полимерные композиты на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) / С. В. Панин, Л. А. Корниенко, В. О. Алексенко, Д. Г. Буслович, Ю. В. Донцов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2018. – Т. 19 (1). – С. 16–23.

2. Панин, С.В. Компьютерный дизайн состава экструдированных полимер-полимерных СВМПЭ композитов с заданными антифрикционными и механическими свойствами / С. В. Панин, С. А. Бочкарева, Д. Г. Буслович, Л. А. Корниенко, Б.А. Люкшин, И. Л. Панов, С.В. Шилько // Трение и износ. – 2019. – Т. 40 (6). – С. 661–672.

3. Панин, С.В. Двухкомпонентные полимер-полимерные композиции на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) для аддитивных

производственных технологий / С.В. Панин, Д.Г. Буслович, Л.А. Корниенко, Ю.В. Донцов, Л.Р. Иванова, // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2019. – Т. 16 (3). – С. 377–386.

4. Бочкарева, С.А. Разработка износостойкого экструдированного композитного материала на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена с заранее заданными свойствами / С.А. Бочкарева, Н.Ю. Гришаева, Д.Г. Буслович, Л.А. Корниенко, Б.А. Люкшин, С.В. Панин, И.Л. Панов, Ю.В. Донцов // *Механика композитных материалов*. – 2020. – Т. 56 (1). – С. 27–43.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все они положительные: отзыв временно исполняющего обязанности директора института «Хабаровский Федеральный исследовательский центр Институт Материаловедения» Дальневосточного отделения Российской академии наук, д.т.н. **Николенко С.В.** (замечание об отсутствии формулировки гипотезы научной работы и описания методологии научной работы); отзыв заведующего кафедрой «Химия и химические технологии» Комсомольского-на-Амуре государственного университета, д.х.н., доцента, **Шакировой О.Г.** (замечание об отсутствии обоснования выбора количества вводимых добавок для повышения ПТР смесей); отзыв заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, д.ф.-м.н., профессора **Громова В.Е.** и доцента кафедры, к.т.н., доцента **Невского С.А.** (замечание об отсутствии чёткого пояснения, что происходит со стекловолокнами в процессе получения фидстока); отзыв ведущего научного сотрудника лаборатории механики композитов и биополимеров Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, к.т.н., доцента **Черноуса Д.А.** (замечание об экономической оценке целесообразности введения дополнительной переработки, об описании способа определения суммарного коэффициента, об упоминании аббревиатур до их определения, о стилистических и терминологических дефектах); отзыв профессора кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика» Тольяттинского государственного университета д.т.н., профессора **Клевцова Г.В.** (замечание о переносе: третьего вывода Научной новизны работы в раздел «Практическая значимость работы»); отзыв доцента кафедры технологии металлов Национального исследовательского университета

«МЭИ», к.т.н. **Марченкова А.Ю.** и профессора кафедры технологии металлов, д.т.н., профессора **Матюнина В.М.** (замечание об отсутствии параметров испытаний исследуемых материалов растяжением); отзыв заведующего кафедрой физики Омского государственного технического университета, д.т.н., доцента **Кропотина О.В.** и декана Машиностроительного института, заведующего кафедрой «Машиностроение и материаловедение», д.т.н., профессора **Еремина Е.Н.** (замечание о термине прочность при растяжении, о применении впервые рассматриваемой методики; о сравнении с иными полимерами и композитами, об оценке экономической эффективности предлагаемых автором материаловедческих и технологических решений); отзыв доцента кафедры сварочного, литейного производства и материаловедения Пензенского государственного университета, к.т.н. **Крюкова Д.Б.** (замечание об отсутствии доверительных интервалов на графических зависимостях на рисунке 5 и 10; о масштабе изображения на рисунке 2); отзыв директора Бийского технологического института (филиала) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова», д.х.н., доцента **Ленского М.А.** и доцента кафедры Химической технологии энергонасыщенных материалов и изделий, к.т.н. **Ожогина А.В.** (замечание о терминологии; о достижении равномерности распределения частиц); отзыв заведующего кафедрой «Технологические машины и оборудование» Уфимского государственного нефтяного технического университета, д.т.н., профессора **Кузеева И.Р.** и доцента кафедры «Технологические машины и оборудование», к.т.н., **Гафаровой В.А.** (замечание о не использовании в качестве добавок дисперсной фазы nano размеров).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследований, которым посвящена диссертация, и публикации по данной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые составы и методика получения экструдированных высокопрочных износостойких композитов на основе мелкодисперсного порошка СВМПЭ с пластифицирующими и армирующими наполнителями;

предложены технические решения, позволяющие получать рациональные составы СВМПЭ-композитов для их применения в различных отраслях;

доказана эффективность способа получения фидстока с последующим изготовлением экструдированного износостойкого композита на основе СВМПЭ – ПП, в котором дисперсное упрочнение мелкими частицами ПП обеспечивает повышение как прочностных свойств по сравнению с чистым СВМПЭ, так и сопротивления изнашиванию в условиях сухого трения и граничной смазки;

введены – новые понятия, и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения диссертации, расширяющие представления материаловедения полимеров в области закономерностей формирования структуры СВМПЭ-композитов при компаундировании компонентов с различными температурами кристаллизации;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих методов экспериментальных исследований, анализа структурных исследований и измерения показателя текучести расплава, а также триботехнических и механических характеристик полимерных композитов;

изложены доказательства важной роли компаундирования порошковых смесей в двухшнековом экструдере и последующей переработке фидстока одношнековой экструзией, в обеспечении однородного распределения частиц пластифицирующего компонента в виде включений размером до 10 мкм вследствие развития интенсивных сдвиговых деформаций и различия температур плавления полимеров;

раскрыто влияние типа и содержания наполнителей на экструдированность, структуру и свойства полимерных композитов на основе СВМПЭ;

изучено влияние характера трибонагружения на трибологические характеристики разработанных композитов на основе СВМПЭ в условиях сухого трения и граничной смазки;

модернизация существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов не проводилась.

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

разработан рациональный состав экструдруемого фидстока для получения износостойких композитов «СВМПЭ + 17 вес.% ПЭВП-прив-ВТМС + 12 вес. % ПП + 5 вес.% МСВ», определенный методом линейной интерполяции, позволяющий при переработке одношнековой экструзией обеспечить повышенные механические свойства за счёт преимущественной ориентации стекловолокон и компатибилизации компонентов вследствие наличия в ПЭВП привитых силановых групп; результаты исследований **внедрены** в учебный процесс при подготовке магистров по направлению 22.04.01 -«Материаловедение и технологии материалов» в ТПУ; результаты диссертационной работы **апробированы и внедрены** в ООО «НИОСТ» (Научный центр по химическим технологиям компании СИБУР) при выполнении НИР по теме «Исследования по определению механических свойств при растяжении, ударной вязкости по Шарпи и абразивной износостойкости СВМПЭ»;

определены перспективы практического применения результатов экспериментальных исследований для повышения экструдруемости, механических и трибологических характеристик композитов на основе СВМПЭ, для изготовления методами шнековой экструзии направляющих для роликовых и пластинчатых цепей, конвейеров, узлов трения, а также производства труб для перекачки агрессивных жидкостей;

создана совокупность практических рекомендаций по выбору технологических режимов изготовления композитов на основе СВМПЭ, а также составам композитов, для повышения экструдруемости, механических и трибологических характеристик за счет введения пластифицирующих и армирующих наполнителей; **представлены** рекомендации по количеству наполнителей, которые должны содержаться в композите на основе СВМПЭ для обеспечения необходимого уровня экструдруемости, при сохранении физико-механических и трибологических характеристик на уровне ненаполненного СВМПЭ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием сертифицированного аналитического и испытательного оборудования.

теория построена на проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея повышения технологичности (перерабатываемости) СВМПЭ базируется на анализе литературных источников и оригинальных экспериментальных результатов, обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в исследовании экструдруемых композитов на основе СВМПЭ;

использованы экспериментальные данные по изучению экструдруемости, структуры и свойств композитов на основе СВМПЭ, полученных методом одношнековой экструзии фидстоков, сформированных двухшнековым компаундированием, а также литературные данные по экструдруемым композитам на основе СВМПЭ, в том числе оценка их механических и трибологических характеристик.

установлено качественное совпадение авторских результатов, полученных при исследовании экструдруемости, структуры и свойств композитов на основе СВМПЭ, сформированных методом одношнековой экструзии фидстоков, с результатами, представленными в независимых литературных источниках по проблеме повышения экструдруемости композитов на основе СВМПЭ;

использовано программное обеспечение Olympus Stream Basic 2.3 для выполнения расчёта среднего размера частиц полимеров после изготовления образцов; программный пакет OriginPro 9.1 для статистической обработки результатов механических и трибологических испытаний.

Личный вклад соискателя состоит в: подготовке литературного обзора по тематике диссертации, постановке задач исследования, проведении структурных исследований (совместно с к.т.н. Алексенко В.О. и к.ф-м.н. Корниенко Л.А.), ИК-спектроскопии (совместно с Донцовым Ю.В. и Бочкарёвой С.А.), а также механических и трибологических испытаний, статистической обработке полученных результатов, обобщении экспериментальных данных и сопоставлении их с известными литературными данными, формулировании выводов по результатам исследований и положений, выносимых на защиту.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- известно, что показатель текучести расплава СВМПЭ практически равен нулю. Для повышения данного параметра вводятся пластификаторы, однако в работе нет описания механизма повышения ПТР при введении полипропилена и привитого полиэтилена. Автору следовало бы уделить данному вопросу больше внимания;

- в работе при проведении триботехнических испытаний использованы лишь определенные диапазоны нагрузочно-скоростных параметров. Однако в трибосопряжениях изделий машиностроения, где, в частности, планируется применять разработанные композиты, условия могут значительно отличаться. Следовало бы указать такие количественные значения, и обсудить, насколько в этих условиях будут воспроизводимы и справедливы выявленные в работе закономерности.

Соискатель Буслович Д.Г. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- с замечанием согласен. Поскольку при плавлении СВМПЭ не переходит в вязкотекучее состояние (по причине высокой вязкости расплава, то для улучшения реологических свойств, а именно повышения ПТР, требуется совмещение и гомогенизация в двухшнековом экструдере смеси с полимерами, которые обладают низкой вязкостью расплава и по химическому строению близки к СВМПЭ. При введении наполнителя, и исключении его агломерирования, уже при малых степенях наполнения резко снижалась вязкость расплава и повышалась перерабатываемость композитов на основе СВМПЭ.

- с замечанием согласен. В работе выбор диапазонов нагрузочно-скоростных параметров трибоиспытаний проводился по аналогии с литературными данными. В тексте диссертации в главе 6, разделе 6.6 был проведен краткий обзор количественных показателей, которые различные производители приводят в качестве паспортных данных трибологических свойств для направляющих узлов трения композитов на основе СВМПЭ. На основе данных показателей и было произведено сопоставительное сравнение свойств композитов.

На заседании 01 июля 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технологические решения получения экструдированных волокнонаполненных композитов на основе СВМПЭ, обладающие улучшенными

механическими и трибологическими свойствами, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны в сфере материалов машиностроительного назначения присудить Бусловичу Д.Г. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

говой Николай
Васильевич

Ученый секретарь диссертационного совета

Гюрин Андрей
Геннадиевич

«01» июля 2022 г.