

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.308.03,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.04.2022 г. № 03

О присуждении Литвинову Степану Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Моделирование реологических процессов в полимерных и композиционных материалах при термосиловом воздействии» по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения принята к защите 11.01.2022 года, протокол № 01 диссертационным советом 24.2.308.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173, № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель – Литвинов Степан Викторович, 1982 года рождения, в 2005 году окончил ГОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет» по специальности «Промышленное и гражданское строительство». С 2005 по 2008 год обучался в очной аспирантуре Ростовского государственного строительного университета. В 2010 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Нелинейная ползучесть неоднородных многослойных цилиндров и сфер» в диссертационном совете при ГОУ ВПО «Московский государственный строительный университет». Работает в должности заведующего кафедрой «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ).

Диссертация выполнена на кафедре «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» Минобрнауки России.

Научный консультант – Языев Батыр Меретович, доктор технических наук (02.00.06), профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», кафедра «Сопротивление материалов», профессор.

Официальные оппоненты:

Дебердеев Тимур Рустамович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», заведующий кафедрой «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов».

Цобкалло Екатерина Сергеевна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», заведующий кафедрой инженерного материаловедения и метрологии.

Дербишер Вячеслав Евгеньевич, доктор химических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», профессор кафедры «Технология высокомолекулярных и волокнистых материалов».

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном Султановым Л.У., д.ф.-м.н., доц., зав. кафедрой технической механики КФУ и Бережным Д.В., д.ф.-м.н., доц., проф. кафедры теоретической механики КФУ, утвержденным ВРИО ректора ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», д.ф.-м.н., проф. Таюрским Д.А. 15.03.2022 года, указано, что представленная диссертационная работа соответствует п. 7 и п. 8 паспорта специальности «Высокомолекулярные соединения». Выводы по диссертации позволяют оценить научный уровень как современный и достаточно высокий.

Научная новизна, практическая и техническая реализация, внедрение и использование разработок, теоретическая и практическая ценность результатов диссертационного исследования позволяет утверждать, что представленная диссертационная работа «Моделирование реологических процессов в полимерных и композиционных материалах при термосиловом воздействии» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2021 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Литвинов Степан Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности: 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Отзыв на диссертацию и автореферат был обсужден и утвержден на заседании кафедры теоретической механики Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского КФУ (протокол № 8 от 4 марта 2022 г.).

Соискатель имеет 80 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 80 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 39 работ. Авторский вклад составляет 78,3 %. Общий объем научных изданий составил 26,3 п.л. Наиболее значимые из них:

1. Litvinov, S.V. Longitudinal bending of polymer rods with account taken of creep strains and initial imperfections / S.V. Litvinov, E.S. Klimenko, I.I. Kulinich, S.B. Yazyeva // International Polymer Science and Technology. – 2015. – Т. 42. – № 2. – С. 23-25.
2. Dudnik, A.E. Determining the rheological parameters of polyvinyl chloride, with change in temperature taken into account / A.E. Dudnik, A.S. Chepurnenko, S.V. Litvinov // International Polymer Science and Technology. – 2017. – V. 44 (1). – P. 30-33.
3. Литвинов, С. В. Исследование напряженно-деформированного состояния цилиндрического тела из модифицированного ПЭВП / С.В. Литвинов, Л.И. Труш, С.Б. Языев, И.М. Зотов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2019. – Т. 62. – № 7. – С. 118-122.
4. Литвинов, С.В. Теоретическое исследование модифицированных упругих и высокоэластических параметров полиэтилена высокой плотности на основе экспериментальных кривых релаксации / С.В. Литвинов, Л.И. Труш, А.А. Савченко,

С.Б. Языев // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2019. – Т. 62. – № 5. – С. 78-83.

5. Chepurnenko, A. Optimization of Thick-Walled Viscoelastic Hollow Polymer Cylinders by Artificial Heterogeneity Creation: Theoretical Aspects / A. Chepurnenko, S. Litvinov, B. Meskhi, A. Beskopylny // Polymers. – 2021. – V. 13. – P. 2408.
6. Chepurnenko, A.S. Combined use of contact layer and finite-element methods to predict the long-term strength of adhesive joints in normal separation / A.S. Chepurnenko, S.V. Litvinov, S.B. Yazyev // Mechanics of composite materials. – 2021. – V. 57. – № 3. – P. 501-516.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы от:

1. директора Института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, зав. кафедрой естественных наук и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», д.т.н., проф., член-корр. РААСН Румянцевой В.Е. Имеются замечания: 1) Автор не все физико-механические параметры приводит в системе СИ. Так, в формуле на странице 9 автореферата коэффициент начальной релаксационной вязкости имеет размерность МПа×мин, а в формуле на странице 11 - МПа×ч и т.д. 2) Автор использует метод Эйлера для нахождения высокоэластической деформации во времени. Есть более точные методы, к примеру, метод Рунге-Кутты.
2. проф. кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», д.т.н., доц. Малышевой Г.В. Имеются замечания: 1) В автореферате нет описания критерии выбора объектов исследования, в главах 2, 3 и 5 в качестве объектов рассматривается эпоксидная матрица, в 4 главе - полиэтилен в 6 главе автор рассматривает адгезионное соединение (ошибочно указав, что материал марки ЭДТ-10 является смолой, стр. 26). 2) На рис. 11 показана расчетная схема, которая с моей точки зрения применима только к термопластичным материалам, а не к термореактивным, для которых не применимы формулировки «материал остывает». 3) По тексту авторефера та встречаются неудачные формулировки, например, «выраженная реология полимеров» (стр. 3); «усовершенствованно научное направление» (стр. 34).
3. проф. кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Балаковского инженерно-технологического института (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», д.т.н., проф. Землянского А.А. Имеется замечание: 1) На протяжении всей работы автор использует только одно уравнение состояния - уравнение Maxwella-Gurevicha. При этом на практике для каждого материала предпочитают использовать своё, наиболее подходящее именно ему, уравнение физического состояния расчетной среды. Интересно было бы сопоставить результаты, полученные при помощи различных уравнений состояния с уравнением состояния Maxwella-Gurevicha.
4. проф. кафедры «Химия» ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», д.т.н., доц. Сапаева Х.Х. Имеются замечания: 1) Все задачи, приводимые автором, как нам показалось, не связаны между собой, хотя прослеживается уравнение связи Maxwella-Gurevicha во всех главах. Вопрос - как на практике можно использовать приводимое уравнение состояния для других классов полимеров? 2) В седьмой главе автор приводит модифицированный полимер ПЭВП (вводит гидроксиapatит (ГА)), облученный гамма частицами. Вопрос эффективности

ввода в полимер ПЭВП наполнители и последующее облучение вызывает вопросы. Как объяснить двухфакторное модифицирование полимера? 3) Не всегда трехмерное приведение графиков несет полное информирование процесса. Иногда лучше графики приводить в плоскости или в таблице.

5. зав. лабораторией вычислительной гидродинамики ФГБУН «Институт проблем химической физики» РАН, д.ф.-м.н. Султанова В.Г. Имеются замечания: 1) В уравнении Максвелла-Гуревича содержится параметр γ^* , однако автор нигде по тексту автореферата не приводит, чему равен данный параметр. 2) Автор мало уделяет внимание сходимости решения. Данный вопрос актуален, поскольку на больших диапазонах времени может не происходить сходимости в связи с использованием метода Эйлера для итераций.

6. проф. кафедры «Строительное материаловедение изделий и конструкций» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», д.т.н., проф. Загороднюк Л.Х. и доц. кафедры «Теоретической механики и со-противления материалов» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», к.т.н., доц. Клюева С.В. Имеются замечания: 1) Реологические характеристики, такие, как коэффициент вязкости, время релаксации в значительном временном интервале, при широком диапазоне силового воздействия всегда нелинейны. Для конкретных условий работы элементов конструкций из полимеров практически всегда можно, без существенных потерь точности, в реальных пределах ограничиться только линейными зависимостями. Этот факт желательно было бы отметить. 2) Учитывает ли метод конечных элементов реологические свойства материала? Поскольку все элементы имеют только упругие свойства.

7. начальника Управления организации научно-исследовательской и интеллектуальной деятельности ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», д.т.н., проф. Разговорова П.Б. Имеются замечания: 1) Диссертант, рассматривая задачу прочности адгезионного соединения, указывает на расхождение с ранним решением проф. Р.А. Турусова. Для обоснования авторской позиции необходимо привести экспериментальное подтверждение. 2) Автором приводится решение задачи для полимерного цилиндра, где внутреннее давление достигает 10 МПа. Необходимо указать, какие элементы будут работать под таким давлением.

8. зав. кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», д.т.н., проф., член-корр. РААСН Черкасова В.Д. и доц. кафедры строительных материалов и технологий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», к.т.н., доц. Богатова А.Д. Имеются замечания: 1) Автор проводит оценку достоверности полученных результатов сравнением решений, полученных при помощи нескольких методов. Однако не понятно, почему автор не использовал для этого существующие программные комплексы, хотя бы для некоторых частных случаев задач. 2) Для определения физико-механических параметров полимера автор обрабатывает только кривые релаксации. При этом ничего не говорится о резольвенте. Как использовать эти параметры для оценки процесса ползучести? Если же говорить про уравнение состояния Максвелла-Гуревича, то оно подробно приводится в трудах А. А. Аскадского. Рекомендую автору обратить внимание на использование современных

ядер релаксации, используемых в ИНЭОС РАН. 3) В работе проводится рассмотрение и решение задач только в осесимметричной постановке.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области высокомолекулярных соединений и, в частности, механики полимеров и композиционных материалов, наличием публикаций в ведущих рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны новые научно обоснованные технические концепции оптимизации моделирования полимеров конструкционного назначения на основе математических алгоритмов, включающих поисковую схему, типологию варьируемых параметров и их математическое описание;
- предложены новые подходы и методика определения физико-механических параметров полимерных материалов, входящих в нелинейное уравнение Максвелла-Гуревича, на основе кривых релаксации материала как функции от нескольких факторов, учитывающие реологические свойства, связанные с условиями их эксплуатации;
- доказана перспективность использования предложенных методов, вносящих вклад в расширение представлений об изучаемом явлении, а именно, расчёта полимерных изделий в науке и практике, позволяющая установить наличие новых зависимостей в уравнениях состояния, сказывающихся на поведении полимерных материалов в различных условиях эксплуатации;
- получены важные для технологических решений полимерной отрасли результаты моделирования длительной прочности адгезионного соединения при помощи разработанного и внедрённого нового конечного элемента, в том числе путем моделирования в нелинейной и линеаризованной постановках.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказана достоверность расчёта адгезионного соединения путём моделирования в нелинейной и линеаризованной постановках;
- применительно к проблематике механики полимеров в диссертации развиты численные методы, включая метод конечных элементов и метод конечных разностей;
- изложены результаты исследования равнопрочного состояния полимерных изделий, основанных на возникновении в них косвенной неоднородности, определяемой введением различных добавок или воздействиях физических полей различного генезиса;
- раскрыты существенные недостатки существующих методов определения напряжений и деформаций в полимерных изделиях с учётом наличия добавок в материале или воздействием физических полей;
- изучен генезис процесса развития напряжений в адгезионном соединении при температурном и механическом нагружениях на длительном периоде времени;
- проведена модернизация существующих математических моделей определения напряженно-деформированного состояния цилиндрических полимерных тел в различных условиях эксплуатации.

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

- результат реализован и внедрен в виде пакета прикладных программ для программного комплекса MatLab методика определения напряженно-деформированного состояния полимерного изделия с комплексным подходом по оптимизации математической модели (получение нового КЭ и вектора нагрузок, конечно-элементной сетки, переменного шага времени и т.д.);
- совместно с группой компаний АКСстрой внедрены результаты исследования, которые применяются при расчёте напряженно-деформированного состояния полимерных оболочек, используемых при изготовлении винтовых свай. Фактический экономический эффект, достигнутый за счёт оптимизации технологии изготавления полимерных опалубок, достиг 1,2 млн. руб. в год. Совместно с ООО «Научно-исследовательский центр «НИКА» внедрены результаты научной работы по исследованиям и разработке методов прогнозирования напряженно-деформированного состояния полимерных тел, в том числе адгезионных соединений, а также методы определения физико-механических параметров, внедрен пакет прикладных программ при выполнении работ по оценке длительной прочности стыковых соединений полимерных труб с экономическим эффектом до 2 млн. руб. в год.
- определены пределы и перспективы применения теории на практике использования разработанного программного обеспечения при проектировании и изготовлении полимерных изделий;
- создана и программно реализована математическая модель на основе предложенного конечного элемента, учитывающего температурное воздействие и реологию полимера, что подтверждено свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных методик проведения экспериментов и комплекса исследования физико-химических, механических, реологических, теплофизических характеристик;
- теория построена на известных соотношениях механики полимеров и согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации;
- идея базируется на общении передового опыта исследователей в области химической физики и механики полимеров;
- использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
- установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- показана воспроизводимость результатов при циклическом повторении экспериментов в различных условиях;
- использованы современные методики сбора и обработки исходной научно-технической информации, обоснован выбор объектов исследования.

Личный вклад соискателя состоит в:

- непосредственном участии на всех этапах процесса, включая постановку цели и задач исследования, определение и применение основных методов их решения, описание и интерпретацию представленных результатов, формулировку выводов;

- выполнении автором обработки данных экспериментальных исследований ползучести ряда полимерных материалов и композитов;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационная работа Литвинова Степана Викторовича «Моделирование реологических процессов в полимерных и композиционных материалах при термосиловом воздействии» на соискание учёной степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретическое положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области развития физики и механики полимеров с учётом реологических свойств, связанных с условиями их эксплуатации, что соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ «О порядке присуждения ученой степени» от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

На заседании 15 апреля 2022 года (протокол № 03) диссертационный совет принял решение присудить Литвинову Степану Викторовичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Хаширова Светлана Юрьевна

Ученый секретарь
диссертационного совета

Долбин Игорь Викторович

15 апреля 2022 года

