

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 12 октября 2018 года публичной защиты диссертации Кузнецова Александра Евгеньевича «Влияние реологических характеристик полимерного расплава на структуру вихревого течения в сходящемся канале с прямоугольным сечением» по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

На заседании присутствовали 20 из 26 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Пикушак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Бубенчиков Алексей Михайлович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
5.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
6.	Ворожцов Александр Борисович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
7.	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
8.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
10.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
11.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
12.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
13.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
14.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
15.	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
16.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
17.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
18.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
19.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
20.	Якутенко Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

**Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А.Е. Кузнецову учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13  
на базе федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования**

**«Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12.10.2018, № 345

О присуждении **Кузнецову Александру Евгеньевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Влияние реологических характеристик полимерного расплава на структуру вихревого течения в сходящемся канале с прямоугольным сечением»** по специальности **01.02.05** – Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 05.07.2018, протокол № 339, диссертационным советом **Д 212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Кузнецов Александр Евгеньевич**, 1990 года рождения.

В 2013 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайская государственная педагогическая академия».

В 2016 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова».

Работает в должности старшего преподавателя на кафедре теоретических основ информатики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Алтайский государственный педагогический университет», по совместительству – в должности лаборанта в отделе сопровождения

научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Алтайский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена в федеральном государственном учреждении высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» и в федеральном государственном учреждении высшего образования «Алтайский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Пышноград Григорий Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет», факультет математики и информационных технологий, декан.

Официальные оппоненты:

**Блохин Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория «Вычислительные проблемы задач математической физики», заведующий лабораторией,

**Минаков Андрей Викторович**, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра теплофизики, доцент  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном **Андреевым Виктором Константиновичем** (доктор физико-математических наук, профессор, отдел дифференциальных уравнений механики ИВМ СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, заведующий отделом), указала, что полимерные

материалы часто имеют уникальные физико-химические и механические свойства. С их помощью конструируют высокопрочные анизотропные волокна и плёнки. В расплавленном состоянии они ведут себя как неньютоновские жидкости со сложной реологией, способные к большим и длительно развивающимся обратимым деформациям. В высокоэластическом состоянии они могут набухать перед растворением, демонстрировать высокую вязкость. Эти особенности полимеров связаны с их строением в виде цепей и большой молекулярной массой, наиболее ярко они проявляются у линейных полимеров. Актуальность темы исследования А.Е. Кузнецова обусловлена тем, что для количественного описания течений полимерных расплавов и растворов необходимо знать их реологию, а наиболее подходящей для такого рода течений является реологическая модель Виноградова-Покровского, основанная на микроструктурном подходе. Более точно, используется модифицированная модель, учитывающая немонотонный характер градиентной зависимости вязкости при растяжении и наличие остаточной вязкости с ньютоновским законом поведения. Поэтому верификация этой модели на конкретной задаче трёхмерного течения полимерного расплава в сходящемся канале является актуальной проблемой. А. Е. Кузнецовым разработаны и реализованы математическая модель и оригинальный алгоритм моделирования и расчёта течений расплавов полимеров в каналах с внезапным сужением на основе модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского; изучено влияние вязкости полимера и его времени релаксации на гидродинамическую структуру течения в области входа в щелевой канал; обнаружен немонотонный характер зависимости размеров вихревой зоны и дано его объяснение; выявлен винтовой характер трёхмерного потока, заключающийся в увеличении интенсивности вихревых течений при удалении от оси канала; показано, что максимум скорости достигается в непосредственной близости от входа в узкую часть канала, при этом профиль скорости в щелевой части устанавливается на значительном расстоянии от входа в канал. Все результаты иллюстрированы хорошо выполненными рисунками. Результаты исследования позволяют сделать вывод о пригодности модифицированной реологической модели

Виноградова-Покровского для описания реальных течений расплавов полимеров в различных узлах технологического оборудования. Это и теплообменники, подшипники скольжения, центрифуги, определённые виды миксеров, буровые колонны и т. д.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 14, из них опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5, статей в издании, индексируемом Web of Science – 1, свидетельства о регистрации программы для ЭВМ – 2, публикаций в сборниках материалов международной и всероссийских научной, научно-практической конференций и школ-конференций – 6. Общий объем публикаций – 7,67 а.л., авторский вклад – 3,9 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Кошелев К. Б. Зависимость гидродинамических характеристик течения полимерного расплава в сходящемся канале от температуры / К. Б. Кошелев, Г. В. Пышнограй, А. Е. Кузнецов, М. Ю. Толстых // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 175–191. – 1,98 / 1 а.л.

2. Пышнограй Г. В. Влияние первого инварианта тензора дополнительных напряжений на характеристики процесса формования полимерных пленок / Г. В. Пышнограй, А. Е. Кузнецов, Д. А. Мерзликина, Ю. Б. Трегубова // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 153–158. – 0,7 / 0,35 а.л.

3. Кузнецов А. Е. Влияние числа Вайсенберга на структуру течений полимерных расплавов в каналах с внезапным сужением / А. Е. Кузнецов, Г. В. Пышнограй, Н. А. Черпакова // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2017. – Т. 14, № 3. – С. 332–336. – 0,58 / 0,3 а.л.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **О. И. Скульский**, д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник лаборатории вычислительной гидродинамики ИМСС УрО РАН, г. Пермь, *без замечаний*.
2. **С. А. Саженов**, д-р физ.-мат. наук, проф., старший научный сотрудник лаборатории математического моделирования фазовых переходов ИГиЛ СО РАН, доцент кафедры теоретической механики Новосибирского государственного университета, г. Новосибирск, *без замечаний*.
3. **Н. М. Труфанова**, д-р техн. наук, проф., заведующая кафедрой конструирования и технологий в электротехнике ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, *без замечаний*.
4. **О. Б. Кудряшова**, д-р физ.-мат. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов Института проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, *с замечанием*: не ясно, кем получены экспериментальные результаты, приведенные на рисунке 14 и 15 и какова погрешность измерений (не приведены доверительные интервалы).
5. **Д. С. Сандитов**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры общей и теоретической физики Бурятского государственного университета, г. Улан-Удэ, *без замечаний*.

В отзывах отмечается, что актуальность диссертационного исследования А. Е. Кузнецова определяется тем, что, несмотря на широкое применение полимерных материалов, до сих пор не создана общепризнанная реологическая модель, которая описывала бы течение полимерных материалов. Поэтому необходимо изучать как существующие модели описывают сложные течения полимерных материалов, чтобы определить границы их применимости. В частности, изучение адекватности использования модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского для описания таких течений, несомненно, является актуальной научной задачей. А. Е. Кузнецовым было исследовано влияние реологических характеристик, таких как время релаксации и начальная вязкость полимерного материала, на структуру течения полимерного расплава в области входа в щелевой канал; показан немонотонный характер зависимости размеров вихревой зоны от температуры; предложено объяснение

такого характера зависимости размеров вихревых зон от температуры, которое заключается в совместном влиянии параметров реологического определяющего соотношения на характер вторичных течений; обнаружен винтовой характер трехмерного потока, заключающийся в увеличении интенсивности вихревых течений при удалении от оси канала; сделан вывод о пригодности модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского для описания течений полимерных расплавов в областях со сложной геометрией.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **А. М. Блохин** является известным специалистом, область научных интересов которого включает изучение устойчивости сильных разрывов в различных моделях механики сплошной среды и физики полупроводников, а также конструирование вычислительных алгоритмов для нахождения приближённых стационарных решений различных математических моделей механики сплошной среды и физики полупроводников с использованием метода установления.; **А. В. Минаков** является известным специалистом в области гидроаэродинамики и процессов теплообмена, специалистом в области численного моделирования теплофизических процессов в науке и технике; **Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»** известен своими достижениями в области исследования течений нелинейных вязкоупругих сред.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработана* модель, которая объясняет обнаруженный в экспериментах немонотонный характер зависимости размеров вихревой зоны в углу проточного канала от температуры – с ростом температуры размер вихревых зон проходит через максимум;

*предложено* объяснение немонотонного характера зависимости размеров вихревых зон от температуры, заключающееся в комплексном влиянии параметров реологического определяющего соотношения на характер вторичных течений;

*показано*, что максимальное значение скорости достигается в

непосредственной близости от входа в узкую часть канала, при этом профиль скорости в щелевой части канала устанавливается на значительном расстоянии от входа в канал;

*установлено*, что в области входа в щелевой канал течение носит трёхмерный характер – существует винтовой поток, заключающийся в увеличении интенсивности вихревых течений при удалении от оси канала;

*продемонстрировано*, что модифицированная реологическая модель Виноградова-Покровского может применяться для качественного описания реальных течений расплавов полимеров в областях со сложной геометрией.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

*полученные* результаты исследований служат информационным источником для дальнейших исследований в области моделирования сложных течений полимерных материалов;

*полученные* результаты исследований служат основой для верификации модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:**

*разработан* программный комплекс, позволяющий моделировать течения расплавов полимеров в каналах с внезапным сужением на основе модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Полученные результаты говорят о пригодности модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского для описания реальных течений расплавов полимеров и могут найти применение в исследованиях по механике сплошных сред, проводимых в различных научных и учебных заведениях: Институт нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН (г. Москва), Институт прикладной механики РАН (г. Москва), Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (г. Москва), Институт механики сплошных сред УрО РАН (г. Пермь), Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Институт теоретической и прикладной механики

им. С.А. Христиановича СО РАН (г. Новосибирск), Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН (г. Новосибирск), Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН (г. Новосибирск), Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский федеральный университет (г. Красноярск), Алтайский государственный университет (г. Барнаул), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), Бурятский государственный университет (г. Улан-Удэ) и в других организациях, занимающихся исследованиями течений полимерных материалов в областях со сложной геометрией, а также использоваться при подготовке высококвалифицированных специалистов в области механики сплошных сред.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Результаты численных экспериментов получены на основе апробированных численных методов механики жидкости и газа и обладают высокой степенью воспроизводимости;

*проведено* сравнение результатов численных экспериментов с имеющимися экспериментальными данными других исследователей в мировой литературе, которое показало качественное соответствие обнаруженных зависимостей.

**Научная новизна** результатов диссертационного исследования заключается в том, что на основе модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского было проведено моделирование трёхмерных течений расплавов полимеров, исследовано влияние реологических характеристик, таких как вязкость полимерного материала и его время релаксации, на гидродинамическую структуру течения полимерного расплава в области входа в щелевой канал.

**Личный вклад соискателя состоит в:** получении основных результатов, выносимых на защиту; разработке алгоритмов моделирования и расчёта течений расплавов полимеров в каналах с внезапным сужением на основе модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского; обработке и анализе всех полученных данных; осуществлении совместно с научным руководителем постановки всех задач диссертации, обсуждении результатов исследования,

формулировке выводов и заключений по материалам исследований и подготовке основных публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по исследованию влияния реологических характеристик полимерного расплава на структуру вихревого течения в сходящемся канале с прямоугольным сечением, имеющей значение для развития механики жидкости, газа и плазмы.

На заседании 12.10.2018 диссертационный совет принял решение присудить **Кузнецову А. Е.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Ю. Ф. Христенко

Е. В. Пикущак

12.10.2018