

## 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 11 декабря 2015 года публичной защиты диссертации Фролова Олега Юрьевича «Влияние вязкой диссипации на характеристики течения жидкости при заполнении емкостей» по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Время начала заседания: 16.00

Время окончания заседания: 17.30

На заседании присутствовали 24 из 26 членов диссертационного совета, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

1	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
2	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
3	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6	Бубенчиков Алексей Михайлович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
8	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
10	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
12	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
13	Кульков Сергей Николаевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
14	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
15	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
16	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
17	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
18	Смоляков Виктор Кузьмич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
19	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
20	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
21	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
22	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
23	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
24	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 – 24, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить О.Ю. Фролову 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 11.12.2015 г., № 243

О присуждении **Фролову Олегу Юрьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Влияние вязкой диссипации на характеристики течения жидкости при заполнении емкостей»** по специальности **01.02.05** – Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 02.10.2015 г., протокол № 225, 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 № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Фролов Олег Юрьевич**, 1987 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2015 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности ассистента кафедры прикладной газовой динамики и горения в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной газовой динамики и горения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Шрагер Геннадий Рафаилович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра прикладной газовой динамики и горения, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Алтухов Юрий Александрович**, доктор физико-математических наук, федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», кафедра «Математика и информатика» Барнаульского филиала, профессор

**Ткаченко Алексей Степанович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный педагогический университет», кафедра прикладной механики и информатики, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук**, г. Пермь, в своем положительном заключении, подписанном **Березиным Игорем Константиновичем** (доктор технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидродинамической устойчивости, ведущий научный сотрудник), указала, что актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью оптимизации существующих и разработки новых технологических режимов переработки полимерных композиций в связи с их сложным реологическим поведением, неизотермичностью и наличием свободной поверхности, а также разработки эффективных численных алгоритмов с

привлечением технологий параллельных вычислений при реализации на супер-ЭВМ. Новыми являются результаты, касающиеся модернизации существующей вычислительной технологии расчета осесимметричных течений вязкой жидкости со свободной поверхностью, выводы о влиянии вязкой диссипации на кинематические и динамические характеристики течений, формирование тепловых полей, деформацию и ориентацию элементов жидкой среды в процессе заполнения плоского канала и круглой трубы. Полученные в диссертационной работе результаты расчетов, вычислительные методики и программный комплекс могут использоваться при выборе технологического регламента и конструировании соответствующего оборудования в научно-исследовательских организациях и предприятиях, где реализуется переработка жидких сред методом литья.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 11 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4 (из них 2 статьи в российских журналах, переводные версии которых индексируются в Web of Science), свидетельство о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин – 1, публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-практических конференций – 6. Общий объем работ – 3.35 п.л., авторский вклад – 1.37 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук:

1. Борзенко Е. И. Фонтанирующее неизотермическое течение вязкой жидкости при заполнении круглой трубы / Е. И. Борзенко, **О. Ю. Фролов**, Г. Р. Шрагер // Теоретические основы химической технологии. – 2014. – Т. 48, № 6. – С. 677–684. – 0,97 / 0,4 п.л.

*в переводной версии журнала:*

Borzenko E. I. Fountain Nonisothermal Flow of a Viscous Liquid during the Filling of a Circular Tube / E. I. Borzenko, **O. Yu. Frolov**, G. R. Shrager // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2014. – V. 48, № 6. – P. 824–831.

2. Борзенко Е. И. Фонтанирующее течение вязкой жидкости при заполнении канала с учетом диссипативного разогрева / Е. И. Борзенко, **О. Ю. Фролов**, Г. Р. Шрагер // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2014. – № 1. – С. 44–53. – 0.81 / 0.29 п.л.

*в переводной версии журнала:*

Borzenko E. I. Fountain viscous fluid flow during filling a channel when taking dissipative warming into account / E. I. Borzenko, **O. Yu. Frolov**, G. R. Shragher // Fluid Dynamics. – 2014. – V. 49, № 1. – P. 37–35.

3. Борзенко Е. И. Численное моделирование течений вязкой жидкости со свободной поверхностью / Е. И. Борзенко, Д. Р. Масалимов, **О. Ю. Фролов**, Г. Р. Шрагер // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 6/3. – С. 95–98. – 0.35 / 0.08 п.л.

4. Борзенко Е. И. Граничные условия в окрестности движущейся линии трехфазного контакта / Е. И. Борзенко, **О. Ю. Фролов**, Г. Р. Шрагер // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 6/3. – С. 98–101. – 0.35 / 0.11 п.л.

На автореферат поступили 8 положительных отзывов. Отзывы прислали:

1. **К.А. Чехонин**, д-р физ.-мат. наук, проф., ведущий научный сотрудник лаборатории численных методов математической физики Вычислительного центра ДВО РАН, г. Хабаровск, *с замечанием*: не приведен алгоритм численного решения неизотермической связанной задачи; *и с вопросом*: при каких условиях алгоритм приводит к сходящимся и устойчивым решениям?
2. **Г.В. Пышноград**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой математического анализа и прикладной математики Алтайского государственного педагогического университета, г. Барнаул, *с замечаниями*: в уравнении для переноса температуры на странице 8 не конкретизирован вид источникового слагаемого  $S_2$ , судя по смыслу, это слагаемое и отвечает за диссипацию энергии; в автореферате не обоснован выбор температурной зависимости для коэффициента вязкости в уравнениях на странице 9: возможно, лучше было бы использовать Аррениусовскую зависимость?
3. **Б.А. Снигерев**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования технологических процессов Института механики и

машиностроения Казанского научного центра РАН, *с замечаниями*: в автореферате отмечено, что для литья под давлением используются полимерные композиции, являющиеся термопластичными или терморезистивными материалами, для которых характерна сильная зависимость реологических параметров от температуры, однако работа бы выиграла, если бы были заложены в численную методику модели, рассматривающие неньютоновские жидкости; предложенный численный метод для расчета заполнения емкостей апробирован лишь для воды.

4. **В.И. Попов**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологических проблем теплоэнергетики Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, *с замечаниями*: в автореферате (введении) нет четких приоритетных акцентов автора относительно исследования неньютоновских жидкостей (полимеров), которые наряду с влиянием температурных и диссипативных факторов требуют специфических подходов; из автореферата не ясно, какой геометрический канал рассматривает автор – щель или плоский канал, для последнего необходимо дать отношение высоты к ширине и оценку влияния вторичных (угловых) течений на формирование поля скоростей.

5. **А.Н. Шарифулин**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры прикладной физики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *без замечаний*. 6. **И.Г. Русяк**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Математическое обеспечение информационных систем» Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова, *с замечаниями*: в практических расчетах не уточняется вид рассматриваемой жидкости и не проводится сравнение результатов для различных видов жидкости; представленный автореферат занимает 19 страниц машинописного текста, что несколько превышает требуемый объем изложения на 16 страницах; отсутствуют самостоятельные публикации автора; было бы уместным выделить исследования, соответствующие паспорту рассматриваемой специальности. 7. **С.В. Карязов**, канд. техн. наук, ведущий инженер-технолог – начальник группы лаборатории 181 Федерального центра двойных технологий «Союз», г. Дзержинский, *с замечанием*: вся информация о полученных автором численных результатах содержится в автореферате исключительно в обобщенном безразмерном виде, хотя работа

только выиграла бы, если бы автор привел ряд примеров практического применения своих результатов для конкретных технологических процессов переработки полимеров. **8. В.К. Булгаков**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры «Прикладная математика» Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, *без замечаний*.

В отзывах отмечается, что совершенствование численных методов решения краевых задач гидродинамики со свободными границами при неизотермических условиях заполнения в настоящее время является чрезвычайно актуальной задачей, поскольку описание пространственного распределения свойств материала в образце способствует отработке технологических режимов методом литья под давлением. Автором сформулирована корректная математическая модель, выполнены обширные вычислительные эксперименты по исследованию влияния определяющих безразмерных критериев на эволюцию свободной поверхности и кинематику потока в условиях неустойчивости реологических свойств заполняемой среды, показано влияние вязкой диссипации в формировании термомеханической истории жидких элементов при заполнении емкостей, что позволяет прогнозировать морфологию формируемых изделий в неизотермических условиях. В подобной постановке указанные задачи сформулированы и решены впервые. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию процессов физико-химической гидродинамики. Разработанные численные методики и программный комплекс могут использоваться на предприятиях при конструировании оборудования для производства изделий методом литья.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **Ю. А. Алтухова** входят математическое моделирование течений полимерных жидкостей в различных узлах технологического оборудования, верификация реологических моделей растворов и расплавов полимерных сред на основе численного эксперимента, соответствующие тематике диссертации; в сферу интересов **А. С. Ткаченко** входят динамика многофазных сред, взаимодействие частиц с потоком вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса, численное моделирование процессов аэрогидродинамики, соответствующие тематике диссертации; **Институт механики сплошных сред УрО РАН** является одной из

ведущих организаций в области механики жидкости, газа и плазмы, в котором исследуются соответствующие диссертации направления, а именно процессы физико-химической гидродинамики, математическое моделирование в механике жидкостей, численные методы решения задач сплошной среды.

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

*сформулирована* математическая постановка задачи о плоском и осесимметричном неизотермическом течении вязкой несжимаемой жидкости с учетом диссипативного разогрева, зависимости вязкости от температуры и наличия свободной поверхности, реализуемого при заполнении емкостей;

*разработан* алгоритм расчета рассматриваемого гидродинамического процесса на основе модифицированного конечно-разностного метода расчета течений вязкой жидкости со свободной поверхностью;

*установлены* закономерности влияния вязкой диссипации на кинематические и динамические характеристики течений, формирование тепловых полей, деформацию и ориентацию элементов жидкой среды в процессе заполнения плоского канала и круглой трубы.

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

при решении рассматриваемой проблемы созданы средства математического моделирования, а именно сформулирована математическая модель, разработаны алгоритмы расчета и созданы программы их реализации на ЭВМ для неизотермического заполнения емкостей жидкостью с учетом вязкой диссипации, зависимости вязкости от температуры и наличия свободной поверхности, получены новые знания, способствующие более глубокому пониманию исследуемых процессов.

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

предложенная математическая модель, разработанная вычисленная методика, пакет прикладных программ и полученные результаты расчетов могут использоваться в целях прогнозирования и организации технологического регламента переработки жидких сред методом литья;



результаты диссертации получены при выполнении ряда научно-исследовательских проектов, включая 3 гранта РФФИ, 2 государственных задания, 1 федерально-целевую программу, 3 хоздоговорных работы, отмечены дипломом I степени на 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015 (г. Новосибирск).

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в научно-исследовательских предприятиях и организациях, таких как Федеральный научно-производственный центр «Алтай» (г. Бийск), Федеральный центр двойных технологий «Союз» (г. Дзержинский, Московская обл.), Научно-исследовательский институт полимерных материалов (г. Пермь) и в других.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*использована* корректная математическая постановка задачи, адекватно описывающая физическое содержание рассматриваемого процесса;

*проведена* тестовая проверка разработанных алгоритмов расчета;

*установлено* качественное и количественное согласование результатов исследования с данными вычислительного и физического экспериментов других авторов.

**Научная новизна результатов диссертационного исследования** заключается в том, что в рамках исследования влияния вязкой диссипации на характеристики течения жидкости при заполнении емкостей разработаны средства математического моделирования и получены новые знания для рассматриваемого процесса физико-химической гидродинамики.

**Личный вклад автора** заключается в непосредственном участии в выполнении, обработке и анализе всех расчетов, проведенных в работе. Постановка задач кандидатской диссертации и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем. Автор принимал личное участие в апробации результатов исследования. При активном участии автора подготовлены основные публикации по теме диссертации.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по исследованию неизотермических течений вязкой жидкости со свободной поверхностью в плоской и осесимметричной постановках с учетом диссипации механической энергии потока, имеющей значение для развития физико-химической гидродинамики и тепломассопереноса в жидкостях.

На заседании 11.12.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить **Фролову О.Ю.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 24, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Христенко Юрий Федорович

Пикушак Елизавета Владимировна

11 декабря 2015 г.