

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 20 сентября 2019 года публичной защиты диссертации Байгуловой Анастасии Ивановны «Математическое моделирование структуры закрученного течения, смешения газов, химического реагирования и горения в цилиндрических каналах с пористыми вставками» 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 7 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

- | | |
|--|----------|
| 1. Шрагер Г. Р., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 2. Васенин И. М., доктор физико-математических наук, профессор,
заместитель председателя диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 3. Христенко Ю. Ф., доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заместитель председателя диссертационного совета, | 01.02.04 |
| 4. Пикущак Е. В., кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 5. Архипов В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 6. Биматов В. И., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.02.05 |
| 7. Бубенчиков А. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 8. Бутов В. Г., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 9. Глазунов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 10. Глазырин В. П., доктор физико-математических наук, | 01.02.04 |

- | | |
|---|----------|
| 11. Зелепугин С. А., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 12. Кульков С. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 13. Лапшин О. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.14 |
| 14. Люкшин Б. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 15. Макаров П. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 16. Миньков Л. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 17. Пономарев С. В., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 18. Скрипняк В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 19. Тимченко С. В., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.05 |
| 20. Якутенок В. А., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.05 |

Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Шрагер Геннадий Рафаилович.

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

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета от 20.09.2019 № 378

О присуждении **Байгуловой Анастасии Ивановне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Математическое моделирование структуры закрученного течения, смешения газов, химического реагирования и горения в цилиндрических каналах с пористыми вставками»** по специальности **01.02.05 –** Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 26.04.2019 (протокол заседания № 368) диссертационным советом Д **212.267.13**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Байгулова Анастасия Ивановна**, 1988 года рождения.

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

В 2017 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

Работает в должности заместителя начальника ремонтно-строительного цеха в Открытом акционерном обществе «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической механики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Матвиенко Олег Викторович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра теоретической механики, профессор.

Официальные оппоненты:

Перминов Валерий Афанасьевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение контроля и диагностики, профессор

Пахомов Максим Александрович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория термогазодинамики, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)**» (г. Новосибирск) в своем положительном отзыве, подписанном **Рудяком Валерием Яковлевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, кафедра теоретической механики, профессор) указала, что оптимизация работы существующего оборудования в химических и теплотехнических технологиях требует повышения эффективности теплообмена и горения. С этой целью используются различные методы, в частности, применяются пористые вставки и покрытия. Сложность возникающих течений требует их систематического

изучения. В связи с этим тема диссертации А. И. Байгуловой, направленной на исследование влияния характеристик пористого каркаса или пористых вставок на структуру течения, смещение различных находящихся в канале компонентов, а также возникающего при этом их химического реагирования и горения, является актуальной. А. И. Байгуловой изучено влияние закрутки на структуру течения в каналах с пористыми вставками; установлен механизм влияния параметров пористого каркаса на процессы турбулизации и ламинаризации закрученного потока; определено влияние закрутки на процессы смешения газов в каналах с пористыми вставками; определены условия, обеспечивающие наилучшее качество смешения в пористом инжекторе; выявлены условия, обеспечивающие высокую степень каталитического окисления метана в каналах с пористой вставкой. Теоретическая значимость исследования связана с получением фундаментальных знаний, необходимых для изучения течений в технологических системах химической промышленности, и созданием необходимого для проведения численного моделирования инструментария.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (из них в зарубежном научном журнале, входящем в Scopus, опубликована 1 работа, в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Web of Science, опубликовано 2 работы, в российском научном журнале, переводная версия которых входит в Scopus, опубликована 1 работа), в сборниках материалов международных научных и университетской научно-технической конференций опубликовано 6 работ (из них 1 опубликована также на английском языке); свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ получено 1. Общий объем публикаций – 3,8 а.л., авторский вклад – 1,62 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. Матвиенко О. В. Исследование процесса модификации битума в инжекторном смесителе / О. В. Матвиенко, В. П. Базуев, Н. Г. Туркасова, **А. И. Байгулова** // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 3. – С. 202–213.

2. Матвиенко О. В. Математическое моделирование каталитического окисления метана в канале с пористой вставкой / О. В. Матвиенко, А. И. Байгулова, А. М. Бубенчиков // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87, № 6. – С. 1245–1260. – 1,0 / 0,33 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Scopus:

Matvienko O. V. Mathematical Modeling of Catalytic Oxidation of Methane in a Channel with a Porous Insert / O. V. Matvienko, A. I. Baigulova, A. M. Bubenichikov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2014. – Vol. 87, № 6. – P. 1298–1312. – DOI: 10.1007/s10891-014-1133-y.

3. Матвиенко О. В. Численное исследование влияния кольцевой пористой вставки на структуру закрученного потока / О. В. Матвиенко, А. И. Байгулова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 3. – С. 11–17. – 0,4 / 0,2 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Matvienko O. V. Numerical Study of the Influence of a Porous Ring Insert on the Structure of a Swirling Flow / O. V. Matvienko, A. I. Baigulova // Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 58, № 3. – P. 297–303. – DOI: 10.1007/s11182-015-0498-5.

4. Матвиенко О. В. Исследование влияния приосевой пористой вставки на горение закрученного потока метановоздушной смеси / О. В. Матвиенко, А. И. Байгулова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 3. – С. 18–23. – 0,3 / 0,15 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Matvienko O. V. Study of the Influence of a Paraxial Porous Insert on Combustion of a Swirling Flow of a Mixture of Methane and Air / O. V. Matvienko, A. I. Baigulova //

Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 58, № 3. – P. 304–310. – DOI: 10.1007/s11182-015-0499-4.

На автореферат поступило 4 положительных отзыва. Отзывы представили:

1. **О. Ю. Семенов**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики Сургутского государственного университета, *без замечаний*.
2. **А. В. Перминов**, д-р физ.-мат. наук, доц., профессор кафедры «Общая физика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, *с замечаниями*: в автореферате не достаточно полно описан используемый численный метод; нет четкого определения границы применимости аррениусовской кинетики, необходимо указать, при каких условиях скорость горения необходимо определять турбулентным перемешиванием.
3. **Ю. В. Гриняев**, д-р физ.-мат. наук, проф., ведущий научный сотрудник лаборатории компьютерного моделирования материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, *с замечаниями*: в автореферате не конкретизируются понятия сильная, слабая и умеренная закрутка; при описании горения газов в четвертой главе не приводится информация о составе горючей смеси.
4. **В. В. Рейно**, старший научный сотрудник лаборатории распространения волн Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН, г. Томск, *с замечаниями*: в автореферате практически отсутствует описание применяемого численного метода; на рис. 9 не подписаны изотермы, что затрудняет анализ результатов.

В отзывах отмечается, что актуальность темы диссертации обусловлена использованием высокопористых вставок в технологических устройствах с целью интенсификации теплообмена и смешения, а также необходимостью создания более эффективных технологических устройств для интенсификации смешения и химического реагирования. А. И. Байгуловой определено влияние закрутки на процессы смешения газов в каналах с пористыми вставками; установлены условия, обеспечивающие наилучшее качество смешения в пористом инжекторе; проанализировано влияние пористости каркаса на стабилизацию пламени при наличии местной закрутки потока; установлено, что с уменьшением пористости возрастает роль кондуктивного теплообмена в каркасе, что приводит

к стабилизации горения и уменьшению длины предпламенной зоны. Полученные результаты могут быть использованы для создания инновационного оборудования и организации технологических процессов в химической промышленности, энергетике и задачах охраны окружающей среды, а также для оптимизации работы энергетического и химического оборудования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В. А. Перминов** – известный специалист в области численного исследования аэродинамики и горения при пожарах в лесных массивах, моделируемых с учетом их пористости; **М. А. Пахомов** – известный специалист в области исследования влияния закрутки потока на структуру течения, турбулизацию и теплообмен потоков; **Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)** известен достижениями в области механики жидкости, газа и плазмы, математического моделирования структуры течения и теплообмена в микроканалах, включая течения в пористых средах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана физико-математическая модель течения, смешения, химического реагирования и горения закрученных потоков в каналах с пористыми вставками на основе численного решения уравнений математической физики;

предложены эффективная процедура решения и программный комплекс для исследования процессов течения и смешения в каналах с пористыми вставками;

на основе разработанных методов и подходов *установлены* основные закономерности течения, процессов массопереноса и химического реагирования;

получены распределения характеристик течения и смешения в инжекторном смесителе; *определены* условия, обеспечивающие наилучшее качество смешения в пористом инжекторе;

показано, что вытеснение газа из пористого каркаса происходит интенсивнее при уменьшении пористости и размеров частиц, из которых состоит пористый каркас; закрутка потока способствует интенсификации процесса смешения в каналах с пористыми вставками и формированию более однородных распределений

концентраций. Роль кондуктивного теплообмена в пористом каркасе с уменьшением пористости становится более значимой, что приводит к уменьшению длины предпламенной зоны; высокая теплопроводность пористого каркаса обеспечивает устойчивое горение в непосредственной близости к входному сечению. Для улучшения характеристик химического превращения в каталитическом реакторе необходимо обеспечить равномерное радиальное распределение осевой скорости;

продемонстрировано влияние закрутки на структуру течения, смешение и горение потоков в каналах с пористыми вставками; *показано*, что закрутка потока способствует интенсификации процесса смешения в каналах с пористыми вставками и формированию более однородных распределений концентраций.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены результаты моделирования и *изучены* особенности течения, смешения и химического реагирования закрученных потоков в каналах с пористыми вставками, способствующие углубленному пониманию механизмов формирования структуры течения, концентрационных и температурных полей температур в рассматриваемых областях, а также расширяющие теоретические знания в области механики жидкости и газа;

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

разработаны программный комплекс и методики исследования, позволяющие провести оценку эффективности теплообменных и горелочных устройств, оптимизировать процесс проектирования технологических устройств для теплоэнергетики и химической промышленности.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут использоваться в научных организациях и учебных заведениях, занимающихся исследованием структур течения в каналах с пористыми вставками, в том числе при подготовке высококвалифицированных специалистов в области механики жидкости и газа, таких как Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (г. Новосибирск), Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН

(г. Новосибирск), Томский научный центр СО РАН, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Тольяттинский государственный университет, Сургутский государственный университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томский государственный архитектурно-строительный университет и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность научных результатов исследования подтверждается использованием математической модели, построенной на основе фундаментальных законов сохранения в механике жидкости и газа с использованием общепринятых уравнений; применением тестированных численных технологий; удовлетворительным согласованием результатов решения тестовых задач с экспериментальными и расчетными данными других авторов, а также полученными аналитическими решениями.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в том, что впервые с использованием оригинальной численной методики определены основные закономерности процессов течения, смешения, химического реагирования и горения закрученных потоков в каналах с пористыми вставками; установлен механизм влияния параметров пористого каркаса на процессы турбулизации и ламинаризации закрученного потока; определены условия, обеспечивающие наилучшее качество смешения в пористом инжекторе и высокую степень каталитического окисления метана в каналах с пористой вставкой; определено влияние теплофизических свойств пористого каркаса на стабилизацию горения и длину предпламенной зоны.

Личный вклад соискателя состоит в: осуществлении совместно с научным руководителем постановки цели и задач диссертации, обсуждении результатов исследования; самостоятельном получении основных результатов, выносимых на защиту, формулировке выводов и заключений по материалам исследования, подготовке 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 структуры течения, массообмена, химического реагирования и горения закрученных потоков в каналах с пористыми вставками, имеющей значение для развития механики жидкости и газа.

На заседании 20.09.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Байгуловой А. И.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 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, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Шрагер Геннадий Рафаилович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пикущак Елизавета Владимировна

20.09.2019