

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 19.11.2025 № 1664

О присуждении Понькину Евгению Игоревичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Кумуляция энергии при безударном сжатии двумерной мишени для термоядерного синтеза» по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 03.09.2025, протокол № 159, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018.

**Соискатель** Понькин Евгений Игоревич 1977 г. рождения, в 2000 г. с отличием окончил ГОУ ВПО "Уральский государственный технический университет" по специальности «Ядерные реакторы и энергетические установки». В 2023 г. окончил аспирантуру очной формы обучения Снежинского физико-технического института – филиала ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»" (СФТИ НИЯУ МИФИ) по направлению 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника. В период с 10.04.2023 по 30.06.2023 прикреплялся к СФТИ НИЯУ МИФИ для сдачи кандидатского экзамена без освоения программы подготовки по научной специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы. Диссертация выполнена на кафедре высшей и прикладной математики СФТИ НИЯУ МИФИ. В настоящее время соискатель работает начальником группы в лаборатории физической технологии центральной заводской лаборатории ФГУП "Производственное объединение «Маяк»".

**Научный руководитель** – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры высшей и прикладной математики СФТИ НИЯУ МИФИ Баутин Сергей Петрович.

**Официальные оппоненты:**

1. Литвиненко Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук (1.1.9), старший научный сотрудник лаборатории аэрофизических исследований дозвуковых течений ФГБУН "Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук", г. Новосибирск;
  2. Просвиряков Евгений Юрьевич, доктор физико-математических наук (01.02.05), профессор кафедры информационных технологий и систем управления ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина", г. Екатеринбург;
- дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук", г. Москва, в своем положительном заключении, составленным главным научным сотрудником д.ф.-м.н., с.н.с. Змитренко Н.В., и утвержденном директором ИПМ им. М.В.Келдыша РАН д.ф.-м.н., профессором, членом-корреспондентом РАН Якобовским М.В., указала, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной соискателем самостоятельно и на достаточно высоком научном уровне и вносит существенный вклад в области получения и исследования аналитических решений уравнений газовой динамики, описывающих двумерные процессы истечения газа в вакуум с «косой» стенки и сверхвысокого безударного сжатия призматической конфигурации газовой мишени. Результаты исследований могут использоваться могут быть использованы в целом ряде научных организаций, имеющих касание к проблемам газодинамики ВНИИЭФ, ВНИИТФ, ВНИИА им. Н.Л. Духова, ИПМ РАН, ВЦ РАН, МИРЭА и других учебных и научно-исследовательских организациях. Выполненные аналитические исследования важны для развития раздела газовой динамики, описывающего теорию специальных проблем течения газа. Представленная диссертационная работа «Кумуляция энергии при безударном сжатии двумерной мишени для термоядерного синтеза» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Понькин Евгений Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

**Соискателем опубликовано 5 статей** в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Bautin S.P., **Ponkin E.I.** Self-similar solutions of the problem of polytropic gas flow along an oblique wall into vacuum // J. Appl. Mech. Tech. Phys. 2021. Vol. 62, №. 1. P. 27-37. (WoS, Scopus)

*В работе в пространстве автомодельных переменных построены двумерные течения истечения и сжатия политропного газа как решения соответствующих характеристических задач Коши стандартного типа в виде бесконечных рядов. Установлено, что в согласованном случае ряд обрывается и совпадает с известным аналитическим решение; показано, что при воздействии непроницаемым поршнем на призматическую мишень возможно ее неограниченное сжатие.*

2. **Понькин Е.И.** Математическое описание двух способов газодинамического воздействия на мишень с использованием решения Сучкова // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов. 2022. № 2. С. 27-39. (ВАК)

*В работе частное решение Сучкова использовано для моделирования двух способов газодинамического воздействия на мишень при ее сжатии. При сжатии мишени непроницаемым поршнем в окрестности точки примыкания поршня к косой стенке возникает область большой локальной кумуляции, чего не наблюдается при сжатии*

проницаемым поршнем. В обоих случаях исследованы значения газодинамических параметров и интегральные характеристики течений сжатия.

3. **Ponkin E.I.** The characteristic Cauchy problem of standard form for describing the outflow of a polytropic gas into vacuum from an oblique wall // Journal of Samara State Technical University. Ser. Physical and Mathematical Sciences. 2022. Vol. 26, №. 2. P. 322-338. (Scopus)

*В работе начально-краевая задача о разлете политропного газа в вакуум с косой стенки в пространстве автомодельных переменных  $\xi, \eta$ , приведена к характеристической задаче Коши стандартного вида в пространстве специальных переменных  $\theta, \zeta$ . Для новой задачи доказана теорема существования и единственности локально-аналитического решения в виде сходящегося ряда. Описан алгоритм построения коэффициентов ряда.*

4. **Ponkin E.I.** Construction of a self-similar solution to the system of gas dynamics equations describing the outflow of polytropic gas into vacuum from an inclined wall in the inconsistent case // Journal of Samara State Technical University. Ser. Physical and Mathematical Sciences. 2023. Vol. 27, №. 2. P. 336-356. (Scopus)

*В работе построено аналитическое решение начально-краевой задачи о разлете политропного газа в вакуум на косой стенке при  $t > 0$  в пространстве физических автомодельных переменных  $\xi, \eta$  в общем несогласованном случае. Полученное в явном виде решение для водорода применено к описанию сжатия мишени в виде правильного треугольника в сечении. Найдена особенность полученного решения в точке  $s_0(\xi_*) = 3,9564$ , в которой возникает градиентная катастрофа и формируется ударная волна.*

5. Баутин С.П., Николаев Ю.В., **Понькин Е.И.** Некоторые рекомендации по мишеням для лазерного термоядерного синтеза // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. 2022. Т. 11, № 1. С. 44-50. (БАК)

*В работе на примере рассмотрения мишеней для лазерного термоядерного синтеза, используемых на американской установке NIF, обсуждаются рекомендации по мишеням, основанным на анализе результатов математического моделирования газодинамических течений, возникающих при различных видах фокусировки сплошной среды в уменьшающийся объем.*

Публикации содержат в сумме 68 страниц и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:** от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Литвиненко Ю.А. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; отмечены новизна, научная и практическая значимость и достоверность полученных результатов. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- замечание по поводу использования модели идеального газа и рассмотрение изэнтропических течений при описании кумуляции газа в двумерной мишени для термоядерного синтеза. Необходимо дать оценку погрешности построенного решения на случай реального газа;
- вопрос о том, к чему приведет учет температуры сплошной среды при безударном сжатии;

- вопрос об оценке радиуса окрестности существования аналитического решения и как данный параметр соотносится с конфигурацией течения в двойной волне в квазисогласованном приближении;
- замечание об отсутствии ссылок на экспериментальные работы по безударному сильному сжатию мишеней для управляемого термоядерного синтеза.

2. Положительный отзыв официального оппонента Просвирякова Е.Ю. В отзыве отмечено, что диссертация является логически завершенным исследованием по математическому описанию кумуляции энергии при безударном сжатии двумерной мишени для термоядерного синтеза посредством построения локально-аналитического решения системы уравнений газовой динамики для двумерного течения в области разрежения при разлете политропного газа в вакуум с косой стенки или при сжатии в призматическом объеме, в пространстве автомодельных переменных. Оппонент отмечает следующие замечания:

- замечание относится к построению оценки радиуса сходимости функционального ряда по мажоранте при проведении численных расчетов (глава 2, пункт 2.12);
- вопрос о том, как проводилась оценка сходимости численных расчетов;
- вопрос о том, как какими известными или самостоятельно разработанными численными методами пользовался для построения решения системы уравнений газовой динамики;
- замечание относительно опечаток в автореферате и диссертации.

3. Положительный отзыв ведущей организации ФГУ ФИЦ ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. В отзыве отмечается, что диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, посвященную анализу математических моделей течения идеального газа в оригинальных двумерных конфигурациях и получению новых аналитических решений уравнений газовой динамики, содержащих элементы сверхвысокого сжатия. Полученные результаты имеют как фундаментальное значение, так и существенную практическую значимость. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- не проведены численные расчеты предложенных конфигураций мишеней с учетом всех необходимых для этого физических эффектов (теплопроводности, энерговыделения, учет физики взаимодействия излучения драйвера с материалом мишени);
- не приведена хотя бы одна мишень для инерциального термоядерного синтеза, которая была бы изучена с точки зрения термоядерного выхода.

**На автореферат поступило 6 отзывов:**

1. Положительный отзыв от Городничева Р.В., к.т.н., начальника группы ФГУП "Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. Е.И. Забабахина", г. Снежинск (3 замечания);
2. Положительный отзыв от Дерябина С.Л., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры естественно-научных дисциплин ФГБОУ ВО "Уральский государственный университет путей сообщения", г. Екатеринбург (2 замечания);
3. Положительный отзыв от Катасонова М.М., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника; Козлова В.В., д.ф.-м.н., профессора, заведующего лабораторией аэрофизических исследований дозвуковых течений ФГБУН "Институт теоретической и прикладной

механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук", г. Новосибирск (без замечаний);

4. Положительный отзыв от Крайко А.Н., д.ф.-м.н., профессора, научного руководителя по газовой динамике и теплофизике ГНЦ ФАУ "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова", г. Москва (1 замечание);
5. Положительный отзыв от Новаковского Н.С., к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника отделения теоретической физики и прикладной математики ФГУП "Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. Е.И. Забабахина", г. Снежинск (5 замечаний);
6. Положительный отзыв от Обухова А.Г., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры математики и прикладных информационных технологий ФГБОУ ВО "Тюменский индустриальный университет", г. Тюмень (2 замечания).

**В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:**

- замечания, связанные с отсутствием ссылок на ключевые работы по безударному сжатию, приведенные в литературном обзоре диссертации;
- замечание о «литературности» и внешней не связности друг с другом положений, выносимых на защиту, а также не точностью названия работы, из которой следует более широкий круг исследования, чем рассмотрен в диссертации;
- замечание об отсутствии пояснения параметров и величин, входящих в формулы, отсутствии графиков, упоминаемых в тексте;
- замечание об отсутствии описания алгоритма построения неизвестных коэффициентов ряда, основанного на доказанной теореме;
- замечание о том, что в работе никак не рассмотрены варианты использования полученного автомодельного решения при анализе течений для реального газа;
- замечание о том, что график функции энерговложения в мишень не является графиком монотонной функции;
- замечание о том, что безударное сильное сжатие не обеспечивает требуемого нагрева материала мишени до температуры зажигания термоядерной искры и достижении требуемых параметров сжатия.

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

**официальные оппоненты** являются одними из ведущих специалистов в области газовой динамики и гидродинамики рассматриваемых течений газа, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных работ; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

**ведущая организация** ФГУ ФИЦ "Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН", г. Москва, является одним из ведущих научных центров в области исследования космического пространства, развития атомной и термоядерной энергетики, на основе

создания и широкого использования вычислительной техники и программного обеспечения. Основные направления научной деятельности Института: математические проблемы механики сплошных сред; проблемы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов; работы по алгоритмическому и программному обеспечению для транспортных средств нового типа (роботов). По данным направлениям Институт проводит фундаментальные исследования и участвует в разработке научных основ современной техники и технологии. Институт является учредителем и издателем четырех журналов: "Астрономический вестник"; "Математическое моделирование" на русском и английском языках; "Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша"; "Mathematica Montisnigri", включенные в международные базы WoS и Scopus. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на заседании семинара «Математическое моделирование» под руководством В.Ф.Тишкина и А.А.Кулешова в Институте прикладной математики РАН, протокол № 13 от 21.10.2025 г. в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

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

**разработана** теория, описывающая двумерные изэнтропические течения, возникающие при разлете политропного газа в вакуум на косой стенке, и сжатия специального призматического объема (мишени) в рамках классической газовой динамики для различных значений угла наклона косой стенки и показателя адиабаты газа (управляющих параметров);

**предложено** использовать для описания сжатия двумерной мишени для термоядерного синтеза построенное локально-аналитическое решение задачи о разлете политропного газа в вакуум на косой стенке;

**доказано**, что в несогласованном случае в двойной волне режим безударного сильного сжатия ограничен критическим значением скорости звука, определяемой из наличия особенности построенного решения; показано, что при сжатии двумерной мишени непроницаемым поршнем в двойной волне Сучкова возникает область локальной кумуляции газа, где давление на порядок больше, чем в плоском течении;

**введен** критерий определения в пространстве управляющих параметров критического значения скорости звука, как условие возникновения в двумерном течении сжатия градиентной катастрофы.

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

**Доказано** влияние на эволюцию течений политропного газа в двойной волне значений показателя адиабаты газа и угла наклона косой стенки; определено, что степень локальной кумуляции газа или ее отсутствие в двойной волне Сучкова существенно зависит от способа и параметров внешнего воздействия на мишень.

**Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):**

**использованы** методы решения уравнений газовой динамики средствами теории нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных и методы численного моделирования безударного сжатия мишеней для термоядерного синтеза;

**изложены** результаты решения задач о разлете газа в вакуум на косой стенке и сжатия двумерной мишени в зависимости от значений управляющих параметров;

**раскрыт** механизм возникновения ударной волны в двумерном течении безударного сильного сжатия мишени по причине несогласованного перетекания газа из области двойной волны в область централизованной волны;

**изучено** влияние управляющих параметров на конфигурацию и структуру (переход от режима безударного сжатия к ударной волне) двумерных течений разрежения и сжатия политропного газа;

**проведена** модификация аналитических и численных методов исследования безударного сжатия двумерных мишеней для термоядерного синтеза.

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

**разработана и внедрена** методика определения координат точек поверхности частично или полностью проницаемого поршня, безударно сжимающего газ в двумерной мишени;

**определены** параметры кумуляции газа, соответствующие различным способам газодинамического воздействия на мишень; полученные результаты могут быть использованы в разработке мишеней для управляемого термоядерного синтеза;

**создана** программа для численного исследования нелинейных режимов безударного сильного сжатия двумерной мишени;

**представлены** рекомендации по конфигурации мишеней для управляемого термоядерного синтеза.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена на известных уравнениях газовой динамики политропного газа, описывающих одно- и двумерные изэнтропические течения разрежения и сжатия;

**идея базируется** на анализе и обобщении имеющегося опыта исследований безударных течений политропного газа;

**использовано** сравнение результатов аналитических и численных решений задачи с известными из литературы результатами по тематике безударного сжатия;

**установлено** качественное согласие аналитических решений и результатов численного моделирования с теоретическими данными, относящимися к исследованию безударных течений политропного газа;

**использованы** эффективные и проверенные аналитические и численные методы, и современное вычислительное оборудование.

**Личный вклад соискателя состоит в** построении локально-аналитического решения задачи о разлете газа в вакуум на косой стенке; разработке вычислительного кода и получении всех численных результатов задачи о безударном сжатии двумерной мишени; постановка задач, обсуждение и анализ результатов осуществлены совместно с научным руководителем С.П. Баутиным.

**Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.**

На заседании 19 ноября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Понькину Е.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета Д 004.036.01  
д.ф.-м.н., профессор  
Райхер Юрий Львович

\_\_\_\_\_/ Райхер Ю.Л

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 004.036.01  
д.ф.-м.н., доцент  
Зуев Андрей Леонидович



\_\_\_\_\_/ Зуев А.Л.

21 ноября 2025 г.