

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА НА БАЗЕ**  
**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»**  
**Министерство науки и высшего образования России**  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**  
**КАНДИДАТА НАУК**  
Аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
Решение диссертационного совета от 15.12.2023 г. № 35

**О присуждении** Стручкову Андрею Викторовичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Повышение эффективности трехмерного численного моделирования сверхзвуковых течений при конечно-объемной дискретизации на неструктурированных сетках», по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы (физико-математические науки) принята к защите 06.10.2023, протокол № 33, диссертационным советом 24.2.345.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Министерство науки и высшего образования России, 603950 г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, приказ 714/н.к. от 02.11.2012 г.

**Соискатель** Стручков Андрей Викторович 1990 года рождения, в 2012 г. окончил НИЯУ «МИФИ» по специальности «Прикладная математика и информатика», решением Государственной аттестационной комиссии присвоена квалификация «математик, системный программист». С 01.10.2012 по 01.10.2015 г.г. проходил обучение в аспирантуре федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ) по специальности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Для сдачи кандидатского экзамена по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» Стручков А.В. был прикреплен к аспирантуре ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ФГБОУ ВО «НГТУ») в мае 2023 года. **Работает** старшим научным сотрудником в научно-исследовательской лаборатории Института Теоретической и Математической Физики (ИТМФ) РФЯЦ-ВНИИЭФ.

**Диссертация выполнена** в научно-исследовательском отделе Института Теоретической и Математической Физики (ИТМФ) РФЯЦ-ВНИИЭФ.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, Козелков Андрей Сергеевич, начальник научно-исследовательского отдела Института Теоретической и Математической Физики ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Официальные оппоненты:

1. **Гарбарук Андрей Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор Высшей Школы Прикладной Математики и Вычислительной Физики Физико-Механического Института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ), г. Санкт-Петербург;

2. **Лаптев Игорь Вячеславович**, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории, акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В.Келдыша» (АО ГНЦ «Центр Келдыша»), г. Москва

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** – Публичное акционерное общество «Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК») опытно-конструкторское бюро Сухого («ОКБ Сухого», г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном первым заместителем управляющего директора, директором ОКБ Сухого, Стрельцом Михаилом Юрьевичем, указал, что данная работа удовлетворяет всем критериям, установленным Положением «О присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 20.03.2021 г. № 426, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Стручков Андрей Викторович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Соискатель** имеет 8 печатных работ, включенных в издания, рекомендованные ВАК и/или входящие в международные базы цитирования WoS и Scopus, 9 статей в трудах всероссийских и международных конференций, 5 авторских свидетельств.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Жалнин Р.В., Веселова Е.А., Дерюгин Ю.Н., Зеленский Д.К., Козелков А.С., **Стручков А.В.** Пакет программ Логос. Методика повышенного порядка точности на блочно-структурированных сетках с использованием реконструкции типа WENO // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
2. Жалнин Р.В., Веселова Е.А., Дерюгин Ю.Н., Зеленский Д.К., Козелков А.С., **Стручков А.В.** Пакет программ ЛОГОС. Методики расчета течения вязкого сжимаемого газа на блочно-структурированных сетках // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 667.
3. **Стручков А.В.**, Козелков А.С., Жучков Р.Н., Уткина А.А., Саразов А.В. Численное моделирование задач аэродинамики со статической адаптацией сетки под особенности решения // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 2019. – Вып.2. – С. 55-67.
4. **Struchkov A.V.**, Kozelkov A.S., Volkov K., Kurkin A.A., Zhuchkov R.N., Sarazov A.V. Numerical simulation of aerodynamic problems based on adaptive mesh



refinement method. *Acta Astronaut.* 2020, 172, 7–15; DOI: 10.1016/j.actaastro.2020.03.019.

5. **Стручков А.В.** Применение метода геометрической многоуровневой инициализации для ускорения решения задач аэродинамики на произвольных неструктурированных сетках. *Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева.* 2021. № 4 (135). С. 32-42.
6. Kozelkov A.S., **Struchkov A.V.**, Strelets D.Y. Two Methods to Improve the Efficiency of Supersonic Flow Simulation on Unstructured Grids. *Fluids* 2022, 7, 136, DOI: 10.3390/fluids7040136.
7. **Struchkov A.**, Kozelkov A., Zhuchkov R. Volkov, K., Strelets D. Implementation of Flux Limiters in Simulation of External Aerodynamic Problem on Unstructured Meshes. *Fluids* 2023, 8(1), 31; DOI: 10.3390/fluids8010031.
8. **Стручков А.В.**, Козелков А.С. Применение САЕ-моделирования для исследования формирования ударно-волновой структуры при сверхзвуковом течении. *Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева.* 2023. № 2 (141).

На автореферат поступило 7 отзывов от:

1. к.ф.-м.н., начальника лаборатории Института Теоретической и Математической Физики (ИТМФ) РФЯЦ-ВНИИЭФ Курулина Вадима Викторовича;
2. д.ф.-м.н., заведующего лабораторией фундаментальных исследований Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации Исаева Сергея Александровича;
3. к.т.н., начальника научно-исследовательского отделения 101 ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) Стрельца Дмитрия Юрьевича;
4. к.ф.-м.н., декана факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВО МГУ им. Огарева Жалнина Руслана Викторовича;
5. к.ф.-м.н., заведующего ОВМ ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук Семенова Ильи Витальевича;
6. д.ф.-м.н., профессора РАН, заведующего лабораторией обратных задач естествознания ФГУБУН Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН Шишленина Максима Александровича;
7. к.т.н., главного специалиста отдела теплофизики АО «НИКИЭТ» Сергеенко Константина Михайловича.

**Все отзывы положительные**, отмечают актуальность, новизну полученных результатов. Во всех отзывах указывается, что автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости газа и плазмы». В качестве критических замечаний отмечается: отсутствие исследования применения схем расчета конвективных потоков; нет аргументации выбора модели Спаларта-Алмараса; не оценивается

влияние турбулентности; не полностью отражена структура алгоритма адаптации сетки (построение разбиения, перенос решения); нет сравнения ограничителя Venkatakrishnan (используется в работе) с другими ограничителями; нет полного описания алгоритма построения последовательности грубых сеток (выбор размера макро-ячейки, полное описание математической модели для алгоритма); нет привязки размера конструктивного элемента с шириной канала для задачи главы 3.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью и опытом работы в области решения задач вычислительной аэродинамики, а также публикациями по теме диссертационной работы.

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

**исследована** ударно-волновая структура течения при сверхзвуковом обтекании на произвольной неструктурированной сетке;

**исследованы** характеристики распределения газодинамических величин в зависимости от параметров течения в совокупности со случаями внедрения дополнительных механических элементов;

**разработана** модифицированная схема расчета ограничителя потока;

**проведена** калибровка константы, входящей в выражение, определяющего порог срабатывания ограничителя;

**исследована** точность значения градиента, полученного по методу Грина-Гаусса и методу наименьших квадратов на различных сетках;

**разработана** гибридная схема расчета градиента с использованием весовой функции, **разработана** весовая функция, учитывающая геометрические особенности расчетной ячейки;

**разработан** метод формирования начальных полей газодинамических величин на основе многосеточной инициализации применительно к неструктурированным расчетным сеткам;

**разработан** метод статической адаптации расчетной сетки к особенностям течения, обеспечивающий построение области локального измельчения сложной геометрической формы в автоматическом режиме в соответствии с заданным критерием.

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

**проведена** верификация разработанной схемы расчета ограничителя потока и калибровка константы порога его срабатывания на задаче сверхзвукового обтекания клина и трансзвукового обтекания профиля NASA0012;

**проведена** верификация разработанной гибридной схемы расчета градиента на задачах сверхзвукового обтекания цилиндра с иглой и пули;



с использованием алгоритмов начальной инициализации и статической адаптации **исследована** структура сверхзвукового обтекания осесимметричного тела и ударно-волновая структура потока при сверхзвуковом истечении из сопла;

для модели сверхзвукового летательного аппарата **получены** характеристики распределения газодинамических величин в зависимости от параметров течения, включая случаи внедрения дополнительных механических элементов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**теория** построена на основе метода конечных объемов при решении системы уравнений Навье-Стокса, осреднённых по Рейнольдсу, гипотезе Буссинеска, а также численных подходов для моделирования сверхзвуковых течений;

**установлено** качественное совпадение результатов диссертации с результатами, представленными в других работах по данной тематике, а также аналитическим решением и экспериментальными данными.

**Личный вклад** соискателя состоит в разработке и реализации модифицированной схемы расчета ограничителя потока, гибридной схемы вычисления градиента газодинамической величины, способа построения последовательности грубых сеток, а также математической модели для расчета на грубых сетках и метода статической адаптации расчетной сетки. Лично соискателем проведена калибровка и верификация схем расчета ограничителя потока и гибридной схемы вычисления градиента. Диссертантом исследованы свойства метода Грина-Гаусса и метода наименьших квадратов для разработки весовой функции гибридной схемы. Лично диссертантом проведен анализ структуры сверхзвукового течения в различных постановках для задач в рамках диссертационной работы.

**Диссертация охватывает** основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием непротиворечивой методологической платформы, концептуальностью и взаимосвязью выводов.

На заседании **15 декабря 2023 г. диссертационный совет** принял решение присудить Стручкову А.В. учёную степень кандидата физико-математических наук, так как диссертация Стручкова А.В. соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней: диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые схемы и разработаны методы, прежде всего направленные на определение аэродинамических характеристик летательных аппаратов и получение распределения газодинамических характеристик сверхзвукового потока при расчете на неструктурированных сетках, состоящих из многогранников произвольной формы, их верификация и внедрение для решения промышленно-ориентированных задач.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 17 докторов наук по специальности 1.1.9 – «Механика

жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

Петрухин Н.С.

Учёный секретарь диссертационного совета

Рувинская Е.А.

«15» декабря 2023 г.

