

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.08

Сопоскатель: Сизых Григорий Борисович

Тема диссертации: «Свойства пространственных вихревых течений идеального газа»

Специальности: 1.1.9. - «Механика жидкости, газа и плазмы»

Решение диссертационного совета по результатам защиты: на заседании 11 октября 2024 года, протокол № 5, диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней», и принял решение присудить Сизых Григорию Борисовичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Красильников П.С. – председатель, Гидаспов В.Ю. – ученый секретарь, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Буров А.А., Колесник С.А., Маркеев А.П., Никитченко Ю.А., Овчинников М.Ю., Ревизников Д.Л., Формалев В.Ф., Черепанов В.В., Шамолин М.В.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.08, д.ф.-м.н., проф.

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.08, д.ф.-м.н., с.н.с.

Гидаспов
Владимир Юрьевич



Черепанов В.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11 октября 2024 г. № 5

О присуждении Сизых Григорию Борисовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Свойства пространственных вихревых течений идеального газа», выполненная в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ, Физтех) на кафедре высшей математики, представленная к защите по специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы, принята к защите 11.06.2024 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.2.327.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, приказ Минобрнауки РФ о создании совета – № 1192/НК от 12.10.2022.

Соискатель Сизых Григорий Борисович, 7 декабря 1961 года рождения, в 1985 году окончил Московский физико-технический институт по

специальности «Летательные аппараты» с присуждением квалификации «Инженер-физик» (диплом МВ № 366611 от 30 июня 1985 г.). Завершив обучение в очной аспирантуре (с отрывом от производства) Института прикладной математики ДВО АН СССР, в 1992 году он защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» на тему «Численное моделирование движения и горения пылегазовой смеси» в диссертационном совете на базе Института математического моделирования РАН (диплом КД № 074834 от 12 марта 1993 г.).

В настоящее время Сизых Г. Б. работает доцентом на кафедре высшей математики ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Диссертация выполнена без научного консультанта.

Официальные оппоненты:

1. Марчевский Илья Константинович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Прикладная математика» Научно-учебного комплекса «Фундаментальные науки» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва.
2. Бутов Владимир Григорьевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом математической физики НИИ ПММ ТГУ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (НИТГУ), г. Томск.
3. Ильичев Андрей Теймуразович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный

сотрудник отдела механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Математический институт имени В.А. Стеклова Российской академии наук», г. Москва.

Все оппоненты дали положительное заключение о диссертации.

Ведущая организация Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ») (140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д. 1) представила положительный отзыв, подписанный начальником НИО-8 ФАУ «ЦАГИ», доктором физико-математических наук Дроздовым Сергеем Михайловичем, ведущим научным сотрудником НИО-8 ФАУ «ЦАГИ», доктором физико-математических наук, Сычевым Виктором Владимировичем и утвержденный заместителем Генерального директора ФАУ «ЦАГИ» – начальником центра аэрогидродинамики, доктором физико-математических наук Ляпуновым Сергеем Владимировичем.

В отзыве ведущей организации указано, что диссертация Сизых Григория Борисовича «Свойства пространственных вихревых течений идеального газа» обладает внутренним единством, является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне. Получены новые фундаментальные результаты о вихревых течениях идеального газа. Совокупность решенных задач можно квалифицировать как крупное научное достижение. Тема диссертации соответствует паспорту указанной специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы.

Ведущая организация заключает, что диссертация Сизых Г. Б. «Свойства пространственных вихревых течений идеального газа» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым, согласно Постановлению Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней», к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Сизых Григорий Борисович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-

математических наук по специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы.

Замечания по диссертации.

1. Места текста, в которых вводятся в рассмотрение различные области, поверхности и кривые линии, снабжены недостаточным количеством поясняющих рисунков.
2. На стр. 51 в последнем абзаце отсутствует упоминание о равенстве нулю завихренности в лидирующей точке сразу за отошедшей ударной волной.
3. На стр. 82 перед формулировкой результата отсутствует пояснение о том, что равенство нулю градиента энтропийной функции на линии торможения следует из равенства нулю завихренности и из уравнения (1.1).
4. Для облегчения понимания текста раздела 3.3 формулу (A3) и рисунок A.8 следовало бы привести не в приложении, а в разделе 3.3 после формулы (3.16).

В отзыве отмечается, что в тексте на стр. 22, 111 и 190 обнаружены опечатки, которые, как и все сделанные замечания, не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение принято на заседании научно-технического совета НИО-8 ФАУ «ЦАГИ» 15 августа 2024 г. Решение было поддержано всеми участниками, задействованными в обсуждении. Протокол заседания № 8.

Соискатель опубликовал 54 научные статьи по специальности 1.1.9., в рецензируемых изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК при Минобрнауки России.

Наиболее значимые работы из Перечня ВАК по теме диссертации (из них 19 статей – в изданиях, индексируемых в библиографических базах Scopus и WoS) следующие.

1. Сизых Г.Б. О значении Q -параметра в точке минимума давления на плоскости симметрии небаротропного течения // ПММ. 2022. Т. 86, Вып. 6. С. 917–925.
2. Сизых Г.Б. Угол примыкания звуковой линии к обтекаемой поверхности // ПММ. 2021. Т. 85, Вып. 6. С. 734–741.
3. Сизых Г.Б. Интегральный инвариант течений идеального газа за отошедшим скачком уплотнения // ПММ. 2021. Т. 85, Вып. 6. С. 742–747.
4. Сизых Г.Б. Система ортогональных криволинейных координат на изоэнтропийной поверхности за отошедшим скачком уплотнения // ПММ. 2020. Т. 84, Вып. 3. С. 304–310.
5. Сизых Г.Б. Значение энтропии на поверхности несимметричной выпуклой головной части при сверхзвуковом обтекании // ПММ. 2019. Т. 83, Вып. 3. С. 377–383.
6. Golubkin V.N., Sizykh G.B. On the vorticity behind 3-D detached bow shock wave // Advances in Aerodynamics (Сингапур, Q2). 2019. V. 1, No. 15. P. 1–6.
7. Левин В.А., Марков В.В., Сизых Г.Б. О завихренности на поверхности осесимметричного тела за отошедшим скачком уплотнения // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483, № 6. С. 625–627.
8. Сизых Г.Б. Метод добавления завихренности // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2016. № 3. С. 26–31.
9. Марков В.В., Сизых Г.Б. Эволюция завихренности в жидкости и газе // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2015. № 2. С. 8–15.
10. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б. О некоторых общих свойствах плоскопараллельных течений вязкой жидкости // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. 1987. № 3. С. 176–178.
11. Голубкин В.Н., Марков В.В., Сизых Г.Б. Интегральный инвариант уравнений движения вязкого газа // ПММ. 2015. Т. 79, Вып. 6. С. 808–816.
12. Вышинский В.В., Сизых Г.Б. О верификации расчетов стационарных дозвуковых течений и о форме представления результатов // Математическое моделирование (ИПМ им. М. В. Келдыша). 2018. Т. 30, № 6. С. 21–38.

13. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б. Обобщение инварианта Крокко для 3D течений газа за отошедшим головным скачком // Известия вузов. Математика (Казанский университет). 2019. № 12. С. 52–56.
14. Сизых Г.Б. Новый лагранжев взгляд на эволюцию завихренности в двухмерных течениях жидкости и газа // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2022. (Саратовский университет). Т. 30, Вып. 1. С. 30–36.
15. Марков В. В., Сизых Г. Б. Критерий существования решения уравнений движения идеального газа для заданной винтовой скорости // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. (Саратовский университет). 2020. Т.28, вып. 6. С. 643-652.
16. Беспорточный А.И., Бурмистров А.Н., Сизых Г.Б. Вариант теоремы Хопфа // Труды МФТИ. 2016. Т. 8, № 1. С. 115–122.
17. Сизых Г.Б. Решение задачи Дородницына // Труды МФТИ. 2022. Т. 14, № 4. С. 95–107.
18. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б. О влиянии неоднородности сверхзвукового набегающего потока на течение в окрестности передней критической точки // Учёные записки ЦАГИ. 2020. Т. 51, № 4. С. 26–35.
19. Сизых Г.Б. Эволюция завихренности в закрученных осесимметричных течениях вязкой несжимаемой жидкости // Учёные записки ЦАГИ. 2015. Т. 46, № 3. С. 14–20.
20. Сизых Г.Б. Решение задачи Дородницына – Ладыженского // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». 2022. Т. 26, № 4. С. 764–776.
21. Сизых Г.Б. О линии торможения за отошедшим скачком уплотнения в плоских течениях // Труды МФТИ. 2022. Т. 14, № 4. С. 84–94.
22. Сизых Г.Б. К вопросу об эволюции завихренности в жидкости и газе // Труды МФТИ. 2022. Т. 14, № 1. С. 27–34.
23. Sizykh G.B. Closed vortex lines in fluid and gas // Journal of Samara State Technical University, Ser. Physical and Mathematical Sciences. 2019. V. 23, No. 3. P. 407–416.
24. Сизых Г.Б. О верификации численных расчетов вихревых течений методом проверки сохранения циркуляции // Труды МФТИ. 2016. Т. 8, № 2. С. 153–159.
25. Сизых Г.Б. О коллинеарности завихренности и скорости за отошедшим скачком уплотнения // Труды МФТИ. 2021. Т. 13, № 3. С. 144–147.

26. Сизых Г.Б. Второе интегральное обобщение инварианта Крокко для 3D-течений за отошедшим головным скачком // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». 2021. Т. 25, № 3. С. 588–595.
27. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б. О некоторых свойствах газовых течений с осевой симметрией // Труды МФТИ. 2017. Т. 9, № 1. С. 64–70.
28. Сизых Г.Б. Признак наличия точки торможения в плоском безвихревом течении идеального газа // Труды МФТИ. 2015. Т. 7, № 2 (26). С. 108–112.
29. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б. Экстремальные свойства давления в плоских дозвуковых течениях // Труды МФТИ. 2016. Т. 8, № 4. С. 149–154.
30. Голубкин В.Н., Сизых Г.Б., Чернов С.В. Экстремальные свойства давления в осесимметричных вихревых течениях газа // Учёные записки ЦАГИ. 2018. Т. 49, № 5. С. 26–33.
31. Сизых Г.Б. Дозвуковой принцип максимума для неизоэнтропийных течений // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20, № 2. С. 74–82.
32. Марков В.В., Сизых Г.Б. Небаротропный вариант принципа максимума Трусделла // Труды МФТИ. 2023. Т. 15, № 1. С. 33–40.
33. Сизых Г.Б. Общий принцип максимума давления в стационарных течениях невязкого газа // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». 2022. Т. 26, № 3. С. 544–555.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук Марчевского Ильи Константиновича, заверенный ведущим специалистом по персоналу управления кадрового сопровождения и администрирования ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» О. В. Назаровой. Отзыв положительный, содержит замечание и вопрос.

- I. Замечание. Во введении упоминается интегральный инвариант, известный задолго до начала работы соискателя над диссертацией –

«обобщенная циркуляция скорости». Этот инвариант можно рассматривать в течениях за отошедшей ударной волной. Поэтому в разделе 4.5 диссертации, где сравниваются три новых (полученных в диссертации) интегральных инварианта течений за отошедшей ударной волной, следовало бы сравнить не три, а четыре инварианта, включая «обобщенную циркуляцию скорости».

2. Вопрос. Дозвуковой принцип максимума давления (ДПМД) имеет в своих условиях только первые производные компонент скорости, а в условия общего принципа максимума давления (ОПМД) входят еще и вторые производные компонент скорости, но нет ограничения на число Маха (в этом его преимущество). Развитие вычислительной техники и численных методов в будущем, как представляется, «сгладит» разницу в сложности вычисления первых и вторых производных. При этом преимущество ОПМД, состоящее в отсутствии ограничения на число Маха, останется. Исходя из этого, складывается впечатление, что с точки зрения верификации ОПМД имеет большую ценность, поэтому не вполне ясно, из каких соображений соискатель вынес на защиту именно ДПМД, а не более общий ОПМД.

В отзыве отмечается, что в тексте диссертации имеется незначительное количество несущественных погрешностей: в последнем предложении на стр. 111 диссертации слово «энтальпии» надо заменить на слово «энтропии», а в формулировке трехмерного варианта Предположения 1 на стр. 190 слово «круг» надо заменить словом «шар». В автореферате в конце предпоследнего абзаца на стр. 20 слова «имеет место» надо заменить на слова «не имеет места». Во всех случаях эти замены очевидны из контекста и их можно отнести к разряду опечаток, не влияющих на общее восприятие работы.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук Бутова Владимира Григорьевича, заверенный ведущим документоведом ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский

государственный университет» (НИТГУ) И. В. Андриенко. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. Опечатка на стр. 22, строка 7 сверху: «Сверхзвуковое течение (число Маха >0)». Должно быть « $M>1$ ». Некоторые выражения в тексте диссертации носят двусмысленный характер, например следующие слова: «...только точные математические методы исследования...»; «с созданием виртуальной экспериментальной установки – программного комплекса для численного моделирования течений, исследуемых в реальных экспериментальных установках разного назначения...» и др. А что есть неточные математические методы? Разве может быть экспериментальная установка виртуальной?
2. Стр. 38, строка 3 сверху: «...имеет искривлённую выпуклую форму (обе главные кривизны отличны от нуля)». Не точное выражение. Должно быть или «произведение главных кривизн положительно», или «обе главные кривизны отличны от нуля и имеют одинаковый знак».
3. Стр. 40, строка 10 сверху: «Завихренность $\Omega = \text{rot}V$ всюду равна 2». Ротор – это не скаляр, а вектор. В данном случае он имеет компоненты (0,0,2).
4. Для решения задач исследования вихревого течения между телом и отошедшей ударной волной следовало бы указать границы применимости полученных результатов по значению числа Маха набегающего потока. Дело в том, что когда завихренность в слое невязкого газа, возникшая за скачком уплотнения, будет иметь тот же порядок, что и осреднённая по толщине пограничного слоя завихренность, вызываемая касательным напряжением, выводы диссертанта могут быть неверными. В то же время результаты расчётов О.М. Белоцерковского обтекания идеальным газом тел с отошедшей УВ хорошо совпадают с экспериментальными данными, проведёнными Г.М. Рябинковым до чисел $M=4$. По-видимому, это и есть граница применимости результатов, полученных диссертантом.

5. Диссертанту следовало бы упомянуть работы, в которых с помощью методов группового анализа дифференциальных уравнений механики сплошной среды строятся подмодели (т.е. системы уравнений с меньшим числом независимых переменных) для получения точных решений. Каково мнение диссертанта, могут ли методы группового анализа, применённые к задачам, решаемым в диссертации (особенно рассмотренные в четвёртой главе), быть альтернативой развитым им подходам?
6. В примере 1 приложения А в задаче обтекания затупленного тела, имея рассчитанное поле параметров течения и координат узлов сетки, можно построить линию торможения и линии тока рядом с ней, посмотреть их изменение в зависимости от угла атаки и числа Маха набегающего потока и увидеть картину растекания. Такая работа, конечно, является трудоёмкой, но была бы интересна и для верификации.

В отзыве отмечается, что сделанные замечания несколько снижают впечатление от работы, не влияя на общую положительную оценку полученных в ней научных, практически значимых результатов.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук Ильичева Андрея Теймуразовича, заверенный учёным секретарём ФГБУН «Математический институт им. В.А. Стеклова РАН» С. А. Поликарповым. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. На стр. 190 в десятой снизу строке вместо слова «шар» написано «круг».
2. Некоторые обозначения имеют разный смысл в разных местах диссертации. Например, латинская буква F имеет разный смысл в разделах 2.6 и 3.3, а греческая буква γ имеет разный смысл в главе 4 и в разделе 5.4. Это же относится к греческой букве σ , которая в одних главах означает энтропийную функцию, в других – поверхность.

3. При доказательстве существования скорости Фридмана для большей наглядности изложения материала, на мой взгляд, следовало бы добавить поясняющие рисунки.

В отзыве отмечается, что указанные замечания относятся к техническому оформлению диссертации и поэтому не меняют результатов и, конечно, никак не влияют на высокую оценку диссертации в целом.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов. Все поступившие отзывы положительные. В поступивших отзывах проводится краткий анализ содержания работы, отмечается актуальность и научная новизна диссертационного исследования, достоверность и практическая значимость полученных в работе результатов.

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского». Отзыв подписан: старший научный сотрудник отделения теоретических исследований ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского», доктор физико-математических наук Жаров Владимир Алексеевич и заверен: учёный секретарь диссертационного совета ЦАГИ 403.004.01, доктор физико-математических наук М. А. Брутян. Отзыв положительный, в отзыве представлены следующие замечания.

1. Во введении не упомянуты статистические методы решения уравнений вязкого газа.
2. Работа, на наш взгляд несколько перегружена результатами теоретических исследований, что затрудняет её целостное восприятие. В качестве рекомендации можно посоветовать автору издать монографию, содержащую все результаты автора.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Отзыв подписан: профессор кафедры информационных технологий и систем управления Института

радиоэлектроники и информационных технологий – РтФ ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктор физико-математических наук Просвиряков Евгений Юрьевич и заверен: учёный секретарь ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» В. А. Морозова. Отзыв положительный, замечаний нет.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук» (ИТПМ СО РАН). Отзыв подписан: ведущий научный сотрудник ИТПМ СО РАН, доктор физико-математических наук Хмель Татьяна Алексеевна и заверен: заведующий канцелярией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук Столяр Т.А. Отзыв положительный, в отзыве представлены следующие замечания.

1. Для облегчения понимания содержания раздела 2.4 следовало бы использовать рисунки 2.3 и 2.4 из диссертации.
2. На странице 20 в конце предпоследнего абзаца предложение в скобках по правилам русского языка относится к словосочетанию «будет выше минимального», хотя из контекста понятно, что оно при правильной передаче смысла должно относиться к слову «минимальному». Эта ошибка является исключением, поскольку весь остальной текст написан грамотным русским языком.

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИСМ»). Отзыв подписан: старший научный сотрудник проектно-конструкторского отделения №10 АО «ЦНИИСМ», доктор технических наук Склезнев Андрей Анатольевич и утвержден: Первый заместитель генерального директора – главный инженер АО «ЦНИИСМ» А.Н. Пичугин. Отзыв положительный, замечаний нет.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Отзыв подписан: профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета, заместитель директора НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, доктор физико-математических наук, Веденеев Василий Владимирович и заверен: заведующий канцелярией НИИ механики МГУ Корсунская Л.Н. Отзыв положительный, замечаний нет.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Отзыв подписан: профессор кафедры «Аэрокосмические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», доктор технических наук Щеглов Георгий Александрович и заверен: ведущий специалист по персоналу управления кадрового сопровождения и администрирования ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Назарова О.В. Отзыв положительный, в отзыве имеется одно замечание.

1. Соискатель доказал, что при обтекании тела с гладкой выпуклой носовой частью однородным сверхзвуковым набегающим потоком линия торможения совпадает с лидирующей линией тока (решена задача Дородницына). Однако, как следует из описания раздела 2.6, соискатель также показал, что даже при слабой неоднородности набегающего потока линия торможения может не совпадать с лидирующей линией тока. Не обесценивает ли это практическую значимость решения задачи Дородницына? Ведь, по крайней мере, слабые возмущения очень часто имеют место в практических задачах.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Сизых Григория Борисовича, что подтверждается наличием у них многочисленных публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет.

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

1. Строго доказано совпадение лидирующей линии тока и линии торможения для течений за отошедшей ударной волной (УВ) при сверхзвуковом обтекании однородным потоком идеального газа тела с гладкой выпуклой носовой частью в общем пространственном случае (решена задача Дородницына).
2. Установлено, что в общем пространственном случае величина завихренности на линии торможения в течениях за отошедшей УВ равна нулю.
3. Установлен факт замкнутости вихревых линий в течениях за отошедшей УВ в общем пространственном случае.
4. Установлен факт замкнутости векторных линий векторного произведения скорости и градиента энтропийной функции в течениях за отошедшей УВ в общем пространственном случае.
5. Доказано существование скорости Фридмана (предложена нелокальная формула для ее вычисления) в общем пространственном случае для вихревых течений однородных жидкостей.
6. Найдены локальные выражения для скоростей Фридмана для меридиональной и окружной составляющих завихренности в закрученных осесимметричных течениях.
7. Для течений за отошедшей УВ в общем пространственном случае найдены три интегральных инварианта тока, представляющие собой интегралы первого рода от некоторых функций параметров течения по (замкнутым) вихревым линиям и по (замкнутым) линиям векторного произведения скорости и градиента энтропийной функции.

8. Строго доказан принцип максимума Никольского.

9. Получен дозвуковой принцип максимума давления для течений идеального газа, в условия которого, в отличие от известного принципа максимума Трусделла, входит только знак Q -параметра и не входит требование баротропности.

Теоретическая значимость состоит в строгом обосновании совпадения лидирующей линии тока и линии торможения (решение задачи Дородницына) и в обнаружении таких неизвестных ранее свойств, как замкнутость вихревых линий, замкнутость линий векторного произведения скорости и градиента энтропии и равенство нулю завихренности на линии торможения, а также в обнаружении трех неизвестных ранее интегральных инвариантов. Некоторые из обнаруженных закономерностей, например дозвуковой принцип максимума давления, выполняются в значительно более широком классе течений идеального газа, чем течения за отошедшей УВ, а именно в течениях, в которых не только поле энтропии, но и поле полной энтальпии могут быть неоднородными. Также важным теоретическим результатом является доказательство существования скорости Фридмана в вихревом течении любой однородной жидкости (от идеальной несжимаемой жидкости до вязкого газа). В частности, это относится и к пространственным вихревым течениям идеального газа, которые изучаются в диссертации.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности проводить верификацию программного обеспечения вычислительных моделей и конкретных численных расчетов путем проверки выполнения обнаруженных закономерностей, а также создавать новые вычислительные методы решения многомерных задач.

Методы исследования. В диссертации используются строгие математические методы исследования. Один из основных методов состоит в представлении о движении воображаемой жидкости, состоящей из воображаемых частиц, «переносящих» т.е. или иные векторные линии реального течения. Такой метод выявления свойств течения используется

впервые. Задача Дородницына и некоторые другие задачи диссертационной работы решены именно этим методом. Поле скорости воображаемых частиц определяется критерием Зоравского, который позволяет найти скорости «переноса» различных векторных линий. Метод получения принципов максимума состоит в преобразовании уравнений движения идеального газа к виду, позволяющему применить теорему Хопфа или вариант этой теоремы для случая неограниченных коэффициентов.

Личный вклад соискателя. Все результаты диссертации получены лично соискателем. Из совместных публикаций в результаты (и в положения, выносимые на защиту) включен лишь тот материал, который полностью принадлежит соискателю. В приложении к диссертации, где приведены примеры использования в вычислительной аэрогидромеханике положений, выносимых на защиту, представлены материалы работ, выполненных без участия соискателя, о чем прямо указывается в тексте приложения, и результаты этих работ не включены в результаты диссертации.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Диссертационная работа Сизых Григория Борисовича полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней», представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, состоящее в обобщении классических свойств вихревых течений идеального газа (которые относятся к двумерным баротропным и небаротропным течениям, а также к пространственным баротропным течениям) на общий (пространственный небаротропный) случай.

На заседании 11 октября 2024 года, протокол № 5, диссертационный совет принял решение присудить Сизых Григорию Борисовичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании; из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.08,
доктор физико-математических наук,
профессор

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.08,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Гидаспов
Владимир Юрьевич

11 октября 2024 г.



Tyshchikov V.V.