

Заключение диссертационного совета МГУ.011.5  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «20» декабря 2024 г. № 26

О присуждении Гарееву Линару Рафаиловичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование механизмов нарастания возмущений в струйном течении» по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите диссертационным советом 11.10.2024 г., протокол № 26-П.

Соискатель Гареев Линар Рафаилович, 1996 года рождения, в 2024 году окончил очную аспирантуру отделения механики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Соискатель работает младшим научным сотрудником в лаборатории экспериментальной гидродинамики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре гидромеханики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Веденеев Василий Владимирович, профессор, заместитель директора по НИР НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Качанов Юрий Семёнович, доктор физико-математических наук, профессор, Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, главный научный сотрудник лаборатории №8 «Аэрофизических исследований дозвуковых течений»;

Судаков Виталий Георгиевич, доктор физико-математических наук, доцент, Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского,

заместитель начальника отделения по теоретическим и физическим исследованиям-начальник отдела №4;

Леманов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории физических основ энергетических технологий (7.4)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью данных ученых в области механики жидкости, газа и плазмы, имеющимися у них научными публикациями по теме диссертации и способностью определить научную и практическую значимость исследования.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук.

1. Гареев Л.Р., Иванов О.О., Веденеев В.В., Ашуоров Д.А. Влияние амплитуды вносимого стационарного возмущения на его немодальный рост в ламинарной затопленной струе // ПМТФ. — 2024. — Т. 65., № 1. — С. 70–74. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=54618963>. [Пятилетний импакт-фактор РИНЦ: 0,91]. (0,58 п.л. / авторский вклад 80%: 0,46 п.л.). Перевод:

Gareev, L.R., Ivanov, O.O., Vedeneev, V.V., Ashurov, D.A. Effect of the amplitude of a stationary perturbation on its non-modal growth in a laminar submerged jet // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. — 2024. — Vol. 65, no. 1. — P. 61–65. — DOI:10.1134/S0021894424010073. [Scopus SJR — 0.267].

2. Ivanov, O.O., Ashurov, D.A., Gareev, L.R., Vedeneev, V.V. Non-modal perturbation growth in a laminar jet: an experimental study // J. Fluid Mech. — 2023. — Vol. 963. — A8. — DOI: 10.1017/jfm.2023.286. [Scopus SJR — 1.565]. (3,7 п.л. / авторский вклад 35%: 1,3 п.л.).

3. Ашуоров Д.А., Веденеев В.В., Гареев Л.Р., Иванов О.О. Экспериментальное изучение немодального механизма роста возмущений в

ламинарной затопленной струе // Доклады РАН. Физика, технические науки. — 2023. — Т. 509. — С. 28–38. — DOI: 10.31857/S2686740023010029. [Пятилетний импакт-фактор РИНЦ: 1,12]. (1,27 п.л. / авторский вклад 35%: 0,44 п.л.).  
Перевод:

Ashurov, D.A., Vedeneev, V.V., Gareev, L.R., Ivanov, O.O. Experimental study of the nonmodal perturbation growth mechanism in a laminar submerged jet // Doklady Physics. — 2023. — Vol. 68, no. 3. — P. 77–86. — DOI: 10.1134/s1028335823020015. [Scopus SJR — 0.278].

4. Gareev, L.R., Zayko, J.S., Chicherina, A.D., Trifonov, V.V., Reshmin, A.I., Vedeneev, V.V. Experimental validation of inviscid linear stability theory applied to an axisymmetric jet // J. Fluid Mech. — 2022. — Vol. 934. — A3. — DOI: 10.1017/jfm.2021.1022. [Scopus SJR — 1.565]. (3,12 п.л. / авторский вклад 25%: 0,78 п.л.).

5. Зайко Ю.С., Гареев Л.Р., Чичерина А.Д., Трифонов В.В., Веденеев В.В., Решмин А.И. Экспериментальное обоснование применимости линейной теории устойчивости к затопленной струе // Доклады РАН. Физика, технические науки. — 2021. — Т. 497. — С. 44–48. — DOI: 10.31857/S2686740021020115. [Пятилетний импакт-фактор РИНЦ: 1,12]. (0,58 п.л. / авторский вклад 20%: 0,12 п.л.). Перевод:

Zayko, J.S., Gareev, L.R., Chicherina, A.D., Trifonov, V.V., Vedeneev, V.V., Reshmin, A.I. Experimental Validation of Linear-Stability Theory Applied to a Submerged Jet // Doklady Physics. — 2021. — Vol. 66, no. 4. — P. 106–109. — DOI: 10.1134/S1028335821040054. [Scopus SJR — 0.278].

На диссертацию и автореферат поступил 1 дополнительный отзыв – положительный.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научные результаты.

Проведены детальные экспериментальные исследования развития контролируемых возмущений в осесимметричном струйном течении воздуха с длинным ламинарным участком и диаметром 0.12 м при числе Рейнольдса равным 5400. В рассматриваемом струйном течении существует две осесимметричные растущие моды, которые изучались отдельно: поочередно вносились гармонические возмущения разной частоты посредством колебаний двух тонких металлических колец разных диаметров, соответствующих точкам перегиба профиля скорости. В результате проведенных соискателем экспериментов, при помощи визуализации потока лазерным ножом и измерений термоанемометром, было впервые показано, что длины волн и инкременты нарастания обеих растущих мод, а также радиальные распределения продольной компоненты пульсации скорости первой моды находятся в количественном соответствии с расчетами собственных мод. Кроме того, диапазон частот вносимых кольцом возмущений, приводящих к наибольшему сокращению длины ламинарного участка, соответствует диапазону частот наиболее быстро растущих собственных возмущений. Разработана методика внесения стационарных трехмерных возмущений в рассматриваемое струйное течение, которые развиваются согласно немодальному механизму. Возмущения вносились при помощи тонких пластиковых волнообразных конструкций с варьируемыми параметрами: азимутальным волновым числом деформации выходного сечения, амплитуды этой деформации и радиусом. Проведён цикл экспериментальных исследований развития стационарных возмущений в струе с использованием: визуализации лазерным ножом, термоанемометрических и PIV измерений, разработанных программных модулей обработки экспериментальных данных. Впервые выявлен немодальный механизм развития возмущений в струйном течении. Установлены особенности развития стационарных возмущений, указывающие на их немодальный рост, аналогичный «lift-up» механизму

роста возмущений в пристенных течениях. Переход к турбулентности при инициации немодально растущих возмущений происходит по «обходному» сценарию, при котором отсутствует рост волн Кельвина-Гельмгольца, но наблюдается искажение поперечного сечения струи и появление грибовидных структур поперечной скорости. Такой сценарий перехода к турбулентности наблюдается в струях впервые.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Линейная теория устойчивости количественно верно описывает начальное развитие малых возмущений в струйных течениях. Длины волн, инкременты роста и радиальные распределения пульсаций скорости растущих возмущений находятся в хорошем согласии с теоретическими значениями.

2. Тонкие пластиковые конструкции, разработанные и протестированные в рамках диссертации, создают возмущения, растущие в соответствии с немодальным механизмом. При этом имеется возможность широкой вариации заданных параметров, таких как азимутальное число вихрей поперечной скорости, амплитуда таких вихрей и диаметр их расположения.

3. В струйном течении существует немодальный механизм развития возмущений, что было экспериментально обнаружено впервые.

4. Переход к турбулентности при инициации немодально растущих возмущений происходит по «обходному» сценарию, при котором отсутствует рост волн Кельвина-Гельмгольца, но наблюдается искажение поперечного сечения струи и появление грибовидных структур поперечной скорости.

На заседании 20 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Гарееву Линару Рафаиловичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании.

Из 18 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета МГУ.011.5  
доктор физико-математических наук, профессор



Осипцов А.Н.

Ученый секретарь  
диссертационного совета МГУ.011.5  
кандидат физико-математических наук



Попеленская Н.В.

Подписи удостоверяю:  
декан механико-математического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук,  
профессор, член-корреспондент РАН



Шафаревич А.И.

20 декабря 2024 г.

Печать структурного подразделения МГУ