

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.045.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____.

решение диссертационного совета от 15.06.2016 № 30

о присуждении Ключневу Никите Викторовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Численное исследование устойчивости поперечно-периодических течений жидкости и газа» по специальности 01.01.07 – «Вычислительная математика» принята к защите 11 апреля 2016 г, протокол № 2, диссертационным советом Д 002.045.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН), по адресу 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8, приказ о создании диссертационного совета № 1074-в от 11 июля 2003 г.

Соискатель Ключнев Никита Викторович, 1989 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Соискатель в 2015 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук. В настоящее время Ключнев Н.В. работает в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вычислительной математики Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент **Нечепуренко Юрий Михайлович**, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук.

Официальные оппоненты

Амосов Андрей Авенирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ»,

Ермаков Михаил Константинович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации проектирования Российской академии наук (ИАП РАН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном **Семеновым Ильей Витальевичем**, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником отдела вычислительной математики и турбулентности ИАП РАН, указала, что работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – «Вычислительная математика», а её автор Ключнев Никита Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации:

- [1] Ключнев Н.В. Высокпроизводительный анализ устойчивости поперечно-периодических течений жидкости и газа // Математическое моделирование, 2013. Т.25, № 11. С. 111–120.
- [2] Григорьев О.А., Ключнев Н.В. Применение численно-аналитического метода конформного отображения для построения сетки в оребренном канале // Вычислительные методы и программирование, 2014. Т.15, С. 487–498.
- [3] Бойко А.В., Ключнев Н.В., Нечепуренко Ю.М. Об устойчивости течения Пуазейля в оребренном канале // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2014. № 89. 20 с.
- [4] Boiko A.V., Klyushnev N.V., Nechipurenko Y.M. On stability of Poiseuille flow in grooved channels // Europhysics Letters (EPL), 2015. V. 111, № 1, P. 14001.p1-14001. p6.
- [5] Бойко А.В., Ключнев Н.В., Нечепуренко Ю.М. Устойчивость течения жидкости над оребренной поверхностью. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016, 123 с.
- [6] Бойко А.В., Ключнев Н.В., Нечепуренко Ю.М. Технология численного анализа устойчивости поперечно-периодических течений / Тезисы докладов XX Всероссийской конференции и Молодежной школы-конференции «Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов решения задач математической физики», посвященной памяти К.И. Бабенко (Дюрсо, 15–20 сентября, 2014). – М: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2014. С. 30–31.
- [7] А.В. Бойко, Н.В. Ключнев, Ю.М. Нечепуренко. Влияние волнистого оребрения на устойчивость сдвиговых течений/ Тезисы докладов XX Всероссийской конференции и Молодежной школы-конференции «Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов решения задач математической физики», посвященной памяти К.И. Бабенко (Дюрсо, 15–20 сентября, 2014). – М: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2014. С. 35–36.
- [8] Nechipurenko Y. M., Boiko A. V., Klyushnev N. V. Effect of wavy grooves on stability of shear flows. Abstracts of 15th International Conference on the Methods of Aerophysical Research. Avtograf, 2014. Vol. 1. P.161–162.

[9] Бойко А.В., Ключнев Н.В., Нечепуренко Ю.М. Влияние волнистого оребрения на устойчивость сдвиговых течений // Материалы 13-й международной школы-семинара «Модели и методы аэродинамики» / под ред. И.И. Липатова. М.:МЦНМО, – 2013. С. 35–36.

[10] Ключнев Н.В. Высокопроизводительная реализация численного анализа устойчивости поперечно-периодических течений жидкостей и газов // Труды 55-й научной конференции МФТИ: Всероссийской научной конференции «Проблемы фундаментальных и прикладных естественных и технических наук в современном информационном обществе». М.: МФТИ, 2012. Т.78, С. 164.

[11] Ключнев Н.В. Влияние волнистого оребрения на устойчивость течения Пуазейля // Труды 56-й научной конференции МФТИ «Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе», Всероссийской молодежной научно-инновационной конференции «Физико-математические науки: актуальные проблемы и их решения». М.: МФТИ, 2013. Т.78, С. 134.

[12] Ключнев Н.В. Влияние периода оребрения на характеристики устойчивости течения Пуазейля // Труды 57-й научной конференции МФТИ: Всероссийской молодежной конференции с международным участием «Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе». Управление и прикладная математика. М: МФТИ, 2014. Т.1, С. 65,

в том числе 3 работы [1, 2, 4] опубликованы в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованных ВАК. В работах [1, 10] развита технология численного исследования устойчивости течений, предложенная А.В. Бойко и Ю.М. Нечепуренко, в частности – эта технология реализована для вычислительных кластеров, что позволило проводить подробные исследования влияния оребрения на характеристики устойчивости течений. В работах [3–9, 11, 12], совместно с А.В. Бойко и Ю.М. Нечепуренко, технология обоснована, а также получены, проанализированы и объяснены зависимости характеристик устойчивости (энергетического и линейного критических чисел Рейнольдса и

максимальной амплификации энергии возмущений) течения Пуазейля в оребренном канале от параметров оребрения в широких диапазонах их значений. Численно установлена справедливость аналога теоремы Сквайра для оребренного канала, показано, что линейная неустойчивость при больших периодах оребрения реализуется на ведущей моде, которой соответствует волна Сквайра плоского канала, а также показано, что параметры оребрения можно выбрать так, что по сравнению с плоским каналом увеличатся оба критических числа Рейнольдса и уменьшится максимальная амплификация энергии возмущений. В работе [2], совместно с О.А. Григорьевым, рассмотрена возможность распространения технологии на случай гребенчатого оребрения.

На автореферат поступил один отзыв.

Положительный отзыв от Григорьева Юрия Николаевича, профессора, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук. В отзыве отмечается, что «...тематика диссертации несомненно актуальна. При этом следует сказать, что в этом направлении работы диссертанта вместе с его руководителем Ю.М. Нечепуренко и А.В. Бойко носят пионерский характер».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематикой исследований, проведенных в диссертации. **Амосов Андрей Авенирович** является известным специалистом по вычислительной математике и математическому моделированию, а **Ермаков Михаил Константинович** – по математической физике и вычислительной гидродинамике. Тематика диссертации соответствует профилю ведущей организации (ИАП РАН).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **развита и обоснована** технология вычисления характеристик устойчивости для течений в оребренных каналах, **предложена и реализована** ее версия для вычислительных кластеров. **Получены** зависимости характеристик устойчивости течения Пуазейля от параметров оребрения в широком диапазоне этих параметров, эти зависимости **объяснены**. Численно **показана** справедливость аналога теоремы Сквайра в случае оребренном

канале. Впервые **показано**, что при больших периодах оребрения линейная неустойчивость достигается на ведущей моде, соответствующей волне Сквайра плоского канала. Также впервые **показано**, что параметры оребрения можно выбрать так, что увеличатся энергетическое и линейное критические числа Рейнольдса и уменьшится максимальная амплификация энергии возмущений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в работе **впервые показано**, что в оребренном канале возможны различные комбинации увеличения или уменьшения, по сравнению с плоским каналом, критических чисел Рейнольдса, в частности, параметры оребрения можно выбрать так, что увеличатся оба критических числа Рейнольдса. В работе **впервые показано**, что мода, соответствующая волне Сквайра плоского канала, становится неустойчивой при большом периоде оребрения. Для оребренного канала численно **установлено**, что наиболее неустойчивые моды имеют нулевое поперечное волновое число (аналог теоремы Сквайра), а также, что энергетическое критическое число Рейнольдса и максимальная амплификация энергии возмущений достигаются на возмущениях с нулевым продольным волновым числом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что продольное оребрение обтекаемой поверхности может отдалить как докритический, так и естественный ламинарно-турбулентные переходы, что, в частности, позволит прокачивать больше жидкости при сохранении ламинарного течения в широком диапазоне скоростей потока. В работе **создана** реализация для вычислительных кластеров технологии исследования устойчивости поперечно-периодических течений, которая может быть использована для суперкомпьютерного анализа влияния оребрения на устойчивость многих других течений, таких как течение в пограничном слое и течение Куэтта.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата, доказательством теоремы об элементарных возмущениях, обосновывающей исследование устойчивости

течений на их основе, а также исследованием сходимости результатов по шагу сетки, которое позволяет судить об их точности.

Личный вклад соискателя. Диссертационное исследование является самостоятельным законченным трудом соискателя. Соискателем были выполнены лично: реализация технологии исследования устойчивости течений для вычислительных кластеров, расчеты в широком диапазоне параметров оребрения характеристик устойчивости течения Пуазейля. Развитие и обоснование технологии, анализ и объяснение зависимостей характеристик устойчивости течения Пуазейля были выполнены соискателем совместно с А.В. Бойко и Ю.М. Нечепуренко. Случай гребенчатого оребрения был рассмотрен соискателем совместно с О.А. Григорьевым.

На заседании **15 июня 2016 г.** диссертационный совет принял решение присудить **Клюшневу Н.В.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.01.07–«Вычислительная математика», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

член-корреспондент РАН



Тыртышников Евгений Евгеньевич

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор физ.–мат. наук



Бочаров Геннадий Алексеевич

15.06.2016 г.

