

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата физико-математических наук**

**Ашурова Дениса Абдулвагабовича**

**на тему: «Модальный и немодальный рост возмущений**

**в некоторых гидродинамических течениях»**

**по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы**

Теория устойчивости и турбуликации течений жидкости и газа при потере устойчивости – это основа расчетов и оптимизации летательных аппаратов. Наряду с естественным сценарием перехода к турбулентности, в котором переход осуществляется за счет развития и нелинейного взаимодействия ведущих мод, на практике, особенно при достаточно высокой степени турбулентности потока, возможен так называемый обходной сценарий, в котором переход осуществляется за счет развития оптимальных возмущений, приводящих к возникновению перегибных профилей основного течения, на которых развивается вторичная неустойчивость. Автор отзыва вместе со своими соавторами и другими исследователями на протяжении многих лет занимается исследованием и расчетом оптимальных возмущений для различных течений жидкости и газа. Однако эта тема продолжает оставаться актуальной и в ее рамках имеется масса нерешенных интересных задач.

Диссертация Ашурова Дениса Абдулвагабовича посвящена некоторым из таких задач для струйных течений. А именно, разработке для них эффективных численных методов расчета оптимальных возмущений и сопоставление расчетных характеристик оптимальных возмущений и картин течения с экспериментальными данными; разработке практических рекомендаций по управлению течениями, включая оценку возможности затягивания ламинарно-турбулентного перехода с использованием податливых покрытий.

Основными результатами диссертации являются разработка и реализация численных алгоритмов анализа устойчивости на основе спектрального метода коллокаций, алгоритмов расчёта оптимальных возмущений в пространственной постановке, алгоритмов расчёта оптимального отклика на внешнее распределённое воздействие на основе анализа нормы резольвенты, разработка критериев выделения физически реализуемых мод, распространяющихся вниз по потоку; апробация разработанной методики на тестовых задачах с известными аналитическими и численными решениями.

Анализ влияния монолитных вязкоупругих покрытий на устойчивость пограничного слоя для различных значений параметра Хартри; изучение немодального роста возмущений в круглых затопленных струях в зависимости от профиля скорости струи, числа Рейнольдса, частоты и азимутального волнового числа; анализ оптимального отклика круглой затопленной струи на внешнее распределенное воздействие в зависимости от формы и частоты внешнего возмущения; идентификацию и сравнительный анализ механизмов неустойчивости в струйных течениях и пограничных слоях. Получены количественные оценки эффективности монолитных вязкоупругих покрытий для затягивания ламинарно-турбулентного перехода в пограничных слоях с различными градиентами давления. На примере автотельного пограничного слоя над плоской податливой пластиной впервые показано, что стабилизирующий эффект, который могут оказывать податливые покрытия, заметно усиливается с увеличением продольного градиента давления.

Было выполнено сопоставление расчетных характеристик оптимальных возмущений и картин течения с экспериментальными данными для струйных течений, разработаны практические рекомендации по управлению течениями на основе полученных результатов, включая оценку возможности затягивания ламинарно-турбулентного перехода с использованием податливых покрытий. Теоретически предсказанный и экспериментально подтвержденный новый сценарий перехода к турбулентности, связанный с развитием лепестковых структур, расширяет фундаментальные представления о механизмах ламинарно-турбулентного перехода и открывает новые возможности для управления течениями в практических приложениях.

Теоретическое исследование отклика затопленной струи на гармоническое воздействие показало, что максимальный отклик достигается на частотах наименее устойчивых собственных мод. С уменьшением продольного волнового числа резонансные пики усиливаются, при этом во всех случаях доминируют истинные резонансы, а не псевдорезонансы, в отличие от ряда пристенных течений.

Перечисленные результаты вносят существенный вклад в теорию гидродинамической устойчивости. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Ашуров Денис Абдулвагабович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Нечепуренко Юрий Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, профессор кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике МФТИ Нечепуренко Юрий Михайлович

« \_\_\_\_\_ »

08 июня 20

Контактные данные:

тел.: \_\_\_\_\_, e-mail: [yu.nechepurenko@inm.ras.ru](mailto:yu.nechepurenko@inm.ras.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.01.07 – вычислительная математика

Адрес места работы: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8,

Тел. \_\_\_\_\_; e-mail: [yu.nechepurenko@inm.ras.ru](mailto:yu.nechepurenko@inm.ras.ru)

Подпись ведущего сотрудника ИВМ РАН Нечепуренко Юрия Михайловича.

удостоверяю:

Зам. директора по научной работе ИВМ РАН \_\_\_\_\_

В.В. Шашкин

08 июня 2026 г.

