

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Засько Григория Владимировича
«Численный анализ немодовой устойчивости турбулентных течений»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ»

Диссертация посвящена немодальному механизму роста возмущений в турбулентных течениях. Для ламинарных пристенных течений этот механизм роста (точнее, два немодальных механизма – механизм Орра и lift-up механизм) детально изучены, однако для турбулентных течений подобных работ мало, и в этом смысле представленная диссертация находится на переднем крае мировой науки. Немодальный рост объясняет генерацию крупномасштабных когерентных структур («стриков») в турбулентных течениях, которые играют принципиальную роль в механизме самоподдержания турбулентности. Актуальность и практическая значимость их изучения связана с развитием в будущем методов управления турбулентностью и снижения турбулентного трения за счёт воздействия на когерентные структуры.

В первой главе аналитически получены новые оценки сверху глобального оптимального роста возмущений в линейной системе общего вида. Обсуждаются вычислительные затраты разных оценок и даются рекомендации по их эффективному вычислению. Кроме того, предложен алгоритм эффективного вычисления оптимального внешнего стохастического воздействия, максимизирующего отклик линейной системы.

Вторая глава посвящена постановке задачи об оптимальных возмущениях турбулентного течения Куэтта со стратификацией, выводу соответствующих линеаризованных уравнений и методу их анализа.

В третьей главе проводится параметрический анализ оптимальных возмущений в турбулентном стратифицированном течении Куэтта. Показано, что в зависимости от чисел Рейнольдса и Ричардсона оптимальное возмущение соответствует либо продольным, либо наклонным вихревым структурам. В то время как первый случай соответствует стандартному поведению оптимальных возмущений в течениях без стратификации, достижение оптимума на наклонных возмущениях является принципиально новым результатом. Кроме того, обнаружено, что помимо глобального максимума энергии, имеется другой локальный, менее выраженный, максимум энергии, соответствующий пристенным вихрям. Проведён анализ нелинейной модели и подтверждено, что линейный анализ правильно описывает развитие возмущений и в нелинейной модели.

К работе имеются два замечания.

1. Как следует из автореферата (стр. 14), при линеаризации уравнений движения турбулентная вязкость не возмущалась, т.е. определялась невозмущённым течением. В то же время, в работах (Pickering et al., Lift-up, Kelvin-Helmholtz and Orr mechanisms in turbulent jets, JFM, 2020; Pickering et al., Optimal eddy viscosity

for resolvent-based models of coherent structures in turbulent jets, JFM, 2021) показано, что учёт возмущения турбулентной вязкости в линейаризованном операторе даёт существенно лучшее соответствие экспериментам и DNS расчётам. Вероятно, что аналогичное улучшение удастся получить и в задаче, рассматриваемой в диссертации.

2. Структуры оптимальных возмущений на рис. 3 напоминают стандартное развитие механизма Орра в виде структур, изначально направленных против направления сдвига, максимум энергии которых достигается после их переориентации в направлении сдвига (см., например, рис. 9 в вышеупомянутой статье Pickering et al., 2020). Однако, в работе не анализируется физический механизм развития оптимального возмущения. Было бы целесообразно провести такой анализ, поскольку в случае подтверждения механизма Орра это был бы неожиданный результат, т.к. в течениях без стратификации этот механизм обычно слаб.

Однако, эти замечания не снижают высокую оценку работы и призваны стимулировать дальнейшие исследования оптимальных возмущений в турбулентных течениях.

В целом, судя по автореферату, можно заключить, что диссертация отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Автор диссертации, Засько Григорий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Я, Веденеев Василий Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Веденеев Василий Владимирович
доктор физико-математических наук, профессор
профессор кафедры гидромеханики
механико-математического факультета,
заместитель директора НИИ механики
МГУ имени М.В. Ломоносова



«3» июля 2024 г.

Адрес организации: 119192, Россия, г. Москва, Мичуринский проспект, д. 1

Контактные данные:

тел.: 7(495) 939-52-83, e-mail: vasily.vedeneev@mail.ru

Подпись Веденева В.В. удостоверяю:

И.о. директора
НИИ механики МГУ



Георгиевский Д.В.