

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ НАРАСТАНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В СТРУЙНОМ ТЕЧЕНИИ

Гареев Л.Р.

М.н.с. лаб. экспериментальной гидродинамики НИИ механики МГУ

[gareev@imec.msu.ru](mailto:gareev@imec.msu.ru)

Струйные течения жидкости и газа часто встречаются в природе и используются во многих технологических процессах: в горении, перемешивании, распылении и т.д. Устойчивость таких течений и условия, при которых осуществляется переход к турбулентности, определяют эффективность этих процессов. Однако начальная линейная стадия развития возмущений в струях, которая определяет дальнейшее нелинейное развитие и параметры ламинарно-турбулентного перехода, до сих пор недостаточно изучена.

В представленной работе экспериментально исследуются два линейных механизма роста контролируемых возмущений в струйном течении: модальный и немодальный. Рассматриваемое течение имеет две растущие собственные моды, амплитуды которых усиливались поочередно двумя колеблющимися металлическими кольцами разного диаметра. Впервые получено количественное согласие характеристик модального роста возмущений из экспериментов с предсказаниями линейной теории устойчивости.

Расчеты оптимальных возмущений в рамках немодального анализа струи показали, что существуют стационарные возмущения, рост кинетической энергии которых на порядки превышает рост энергии наиболее быстро растущей собственной моды. Была проведена серия экспериментов со стационарными тонкостенными волнообразными дефлекторами с целью инициации такого немодального роста. Показано, что разработанные дефлекторы создают поперечное движение внутри струи, приводящее к вихревому продольному движению. Таким образом, в струйном течении впервые удалось обнаружить аналог «lift-up» эффекта, известного в пристенных течениях. Кроме того, обнаружено, что переход к турбулентности в таком случае происходит по «обходному» сценарию, отличному от широко известного модального, при котором образуются и нарастают вихри Кельвина-Гельмгольца.

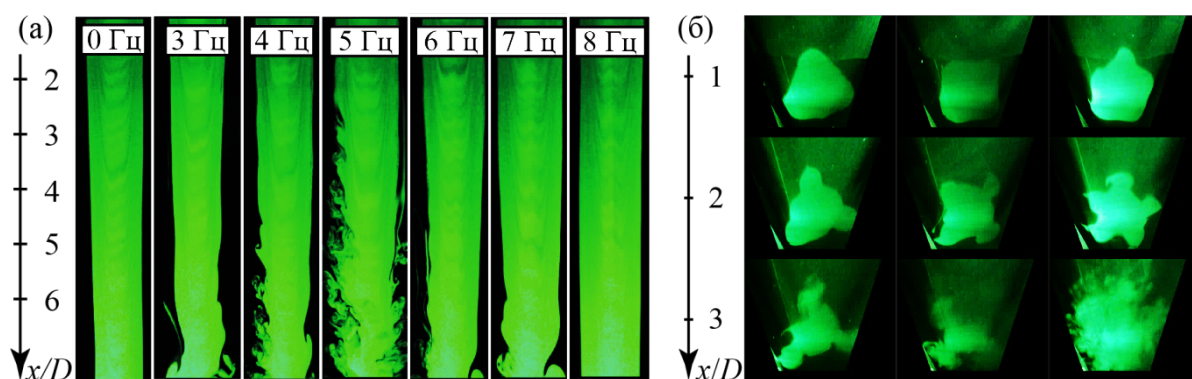


Рис. Кадры из видеозаписей визуализации: (а) продольных сечений струи при внесении кольцом гармонических возмущений разных частот и (б) поперечных сечений струи при внесении стационарных возмущений дефлекторами с азимутальными числами 3,4,5.

Список основных публикаций по теме диссертации:

- 1) Гареев Л.Р., Иванов О.О., Веденеев В.В., Ашууров Д.А. Влияние амплитуды вносимого стационарного возмущения на его немодальный рост в ламинарной затопленной струе // ПМТФ. — 2024. — Т. 65., № 1. — С. 70–74.
- 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.
- 3) Ашууров 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.
- 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.
- 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.