

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НАБЕГАЮЩЕГО ПОТОКА С ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ ПРЯМОГО И СКОЛЬЗЯЩЕГО КРЫЛА

М.М. Катасонов, В.В. Козлов, А.М. Павленко, И.А. Садовский

*Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,
630090, Россия, Новосибирск, Институтская 4/1*

Ламинарно-турбулентный переход в пограничном слое при умеренном или повышенном уровне турбулентности набегающего потока связан с возмущениями, создаваемыми внешней турбулентностью. Воздействие возмущений набегающего потока на пограничный слой приводит к образованию продольных локализованных структур или стриков, которые представляют собой участки с избытком и дефицитом продольной скорости [1, 2]. Продольные структуры обеспечивают основные условия для развития высокочастотных волновых возмущений, таких как вторичная неустойчивость и волновые пакеты [3]. При благоприятных условиях волновые возмущения превращаются в турбулентные пятна. Согласно недавним экспериментальным исследованиям [4-6] локализованное воздействие на пограничный слой может привести к возникновению волновых пакетов вместе с полосчатыми структурами.

В данной работе в условиях модельного эксперимента исследуется возникновение и пространственное развитие возмущений пограничного слоя - волновых пакетов (предвестников) и продольных полосчатых структур. Волновые пакеты формируются за счет резкого локального изменения продольной скорости потока внутри пограничного слоя, наблюдаемого вблизи фронтов продольных локализованных структур. Локализованные возмущения создавались искусственно при локальном воздействии источника на пограничный слой при низком уровне турбулентности набегающего потока. Источник возмущений располагался в набегающем потоке недалеко от модели. Использование метода введения контролируемых возмущений делает возможным детальное исследование характеристик возмущений пограничного слоя. Он также обеспечивает сохранение фазовой информации и позволяет отслеживать динамику развития возмущений на всех этапах их развития. Исследования проводились в дозвуковой малотурбулентной аэродинамической трубе МТ-324 Объединенного центра доступа «Механика» ИТПМ СО РАН. Скорость набегающего потока составляла $U_\infty = 6,8$ м/с. Уровень турбулентности набегающего потока Tu составлял $0,18\% U_\infty$. Возмущения в набегающем потоке и пограничном слое регистрировались с помощью термоанемометра.

Обнаружено, что продольные локализованные возмущения возникали во всех рассмотренных случаях. Эти возмущения были классифицированы как полосчатые структуры, по своим характеристикам идентичные возмущениям, возникающим в пограничном слое под влиянием повышенной степени турбулентности набегающего потока. Было отмечено, что интенсивность полосчатых структур уменьшается в направлении вниз по течению. Высокочастотные волновые пакеты появляются в начале и конце взаимодействия возмущения внешнего потока с пограничным слоем, быстро нарастают в присутствии неблагоприятного градиента давления и в зоне отрыва потока. При взаимодействии возмущений набегающего потока с тонким пограничным слоем в районе носика модели происходит расширение возмущения в трансверсальном направлении, см. рис. 1. Наличие вторичного течения на скользящем крыле, в особенности вблизи носика модели сильно влияет на структуру, как продольных

локализованных возмущений, так и волновых пакетов. Продольные структуры закручиваются в направлении потока. Фронты волновых пакетов ориентируются перпендикулярно потоку внутри пограничного слоя.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 16-19-10330.

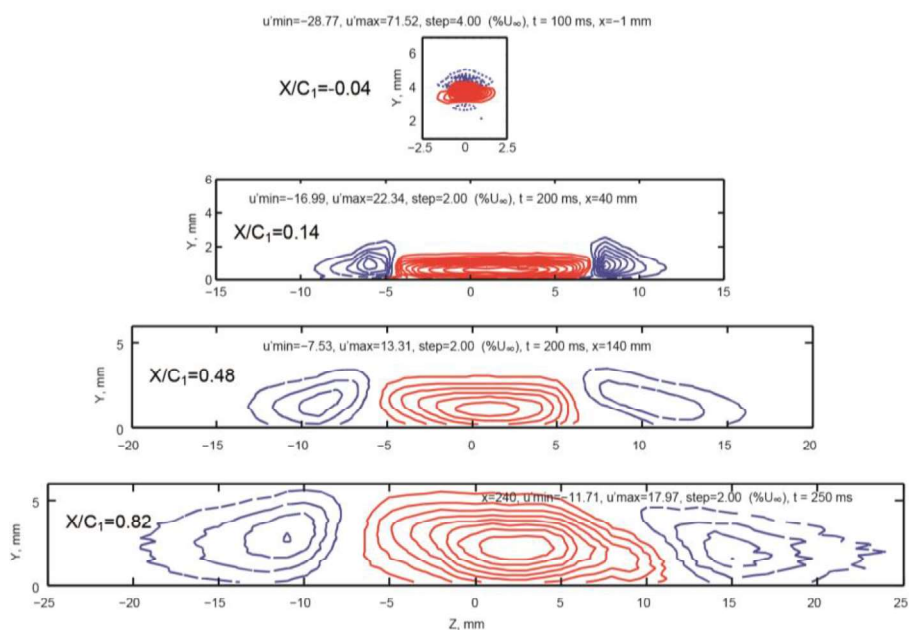


Рис. 1. Изоконтурные пульсации продольной компоненты скорости в разных положениях вдоль хорды C_1 прямого крыла в плоскости y - z в области середины продольного локализованного возмущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Morkovin M.V.** Bypass Transition to Turbulence and Research Desiderata, Transition in Turbines // NASA-CP-2386. 1984.
2. **Westin K.J.A., Bakchinov A.A., Kozlov V.V., Alfredsson P.H.** Experiments on localized disturbances in a flat plate boundary layer. Part I: The receptivity and evolution of a localized free stream disturbances // Eur J Mech-B/Fluids 17. 1998. P. 823–846.
3. **Boiko A.V., Grek G.R., Dovgal A.V., Kozlov V.V.** The origination of turbulence in near-wall flows Springer Berlin Heidelberg New York, 2002.
4. **Gorev V.N., Katasonov M.M.** Origination and development of precursors on the fronts of streaky structures in the boundary layer on a nonswept wing // Thermophysics and Aeromechanics, 2004. Vol. 11, No 3, P. 391–403
5. **Chernorai V.G., Spiridonov A.N., Katasonov M.M., Kozlov V.V.** Generation of perturbations by a localized vibrator in the boundary layer of a nonswept wing // J. Appl. Mech. Tech. Phys., 2001. Vol. 42, No 5. P.765–772.
6. **Matsubara M., Takaichi K., Kenchi T.** Experimental study of boundary layer transition subjected to weak free stream turbulence // IUTAM Symp Laminar-Turbulent Transition Ed Schlatter P, Henningson DS Sweden: Springer-Verlag, 2009. P. 277-282.