

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ЗА ПЛОХООБТЕКАЕМЫМ ТЕЛОМ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

С.А. Вальгер^{1,2}, Н.Н. Федорова¹

¹ *Институт теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН, 630090 г. Новосибирск, Россия*
² *Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, Россия*

Изучение и анализ пространственных турбулентных структур в течениях, формирующихся при обтекании систем плохообтекаемых тел, является актуальным с точки зрения прикладных задач строительства, экологии и градостроительства. Описание режимов обтекания зданий и систем зданий позволяет расширить представление о роли архитектурно-планировочных решений в формировании локальных микроклиматических явлений, зон повышенных концентраций вредных эмиссий и запыленности, зон ветрового дискомфорта и т.д. Задачам изучения аэродинамики плохообтекаемых конфигураций, расположенных на подложке, посвящено большое количество экспериментальных [1-4] и численных [5-9] исследований. Следует отметить, что большая часть работ, посвященных изучению строительной аэродинамики конструкций, рассматривает изотермические режимы течений воздуха, что соответствует нейтральному состоянию атмосферного пограничного слоя. Тем не менее, с точки зрения решения задач экологии и переноса эмиссий и пылевых частиц в городской среде чрезвычайно важным является изучение состояний приземного слоя, отличных от нейтрального. В условиях вертикального градиента температур в потоке могут возникать дополнительные эффекты, приводящие к снижению или интенсификации массообмена, изменению структуры потока, формированию восходящих шлейфов в окрестности плохообтекаемых объектов и т.д.

В настоящей работе проведено численное моделирование течений воздуха в окрестности призмы квадратного сечения, расположенной на плоской подложке. Рассмотрены две тестовые конфигурации. В первом расчетном случае рассматривается постановка задачи в изотермических условиях, которая выбрана в соответствии с экспериментом [2]. Во втором случае рассматривается конфигурация, соответствующая эксперименту [10], для которой воссозданы режимы устойчивой и неустойчивой термической стратификации пограничного слоя (рис.1). Расчеты выполнены с использованием 3D осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных двухпараметрическими моделями турбулентности $k-\epsilon$ Realizable, $k-\omega$ SST, и с использованием гибридной модели DES.

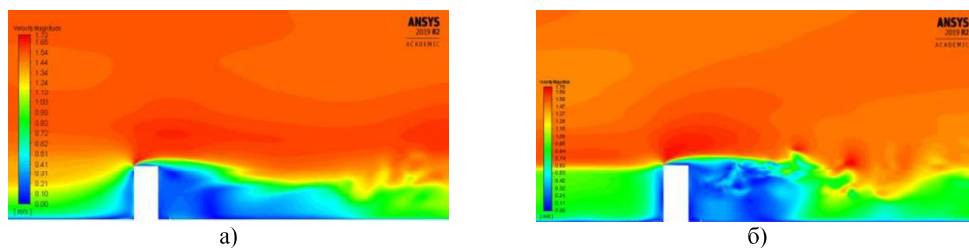


Рис. 1. Мгновенные поля скорости для режима устойчивой (а) и неустойчивой (б) стратификации, расчетная конфигурация 2

По результатам расчетов проведено сравнение с данными экспериментов [2,10], а также выполнен анализ и описание характерных структур турбулентного течения, формирующегося при обтекании препятствия, с учетом различных тепловых режимов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ, грант № 18-08-00755 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://www.aij.or.jp/jpn/publish/cfdguide/index_e.htm
2. **Mochida, A., Tominaga, Y., Murakami, S., Yoshie, R., Ishihara, T., Ooka, R.**, 2002. Comparison of various k- ϵ model and DSM applied to flow around a high-rise building - report on AIJ cooperative project for CFD prediction of wind environment -, *Wind & Structures* 5, No.2-4, 227-244.
3. **S.D. Salenko, A.D. Obukhovskii, Yu.A. Gosteev, and Yu.V. Telkova**, Flow structure investigation around two square cross-section beams under interference conditions, *Thermophysics and Aeromechanics*, 2010, Vol. 17, No. 2, P. 291–300.
4. **A.A. Koshin, S.V. Korobkov, A.I. Gnyrya, and V.I. Terekhov**, Modeling of the vortex structure and wind loads for nonlinear arrangement of two square prisms, In: Proc. All-Russia Conference “XXXI Siberian Thermophysical Seminar dedicated to the 100-th anniversary of Acad. S.S. Kutateladze”, Novosibirsk, Institute of Thermophysics SB RAS, 2014, P. 78–84.
5. **S.A. Valger, A.V. Fedorov, and N.N. Fedorova**, Structure of turbulent separated flow in the neighborhood of a plate-mounted prism of square section, *Thermophysics and Aeromechanics*, 2015, Vol. 22, No. 1, P. 29–41.
6. **Mochida, A., Tominaga, Y., Murakami, S., Yoshie, R., Ishihara, T., Ooka, R.**, 2002. Comparison of various k- ϵ model and DSM applied to flow around a high-rise building - report on AIJ cooperative project for CFD prediction of wind environment -, *Wind & Structures* 5, No.2-4, 227-244.
7. **Исаев, С. А., Судаков, А. Г., Харченко, В. Б., Усачов, А. Е.** Численное моделирование турбулентных отрывных течений в задачах внешней аэродинамики с помощью многоблочных вычислительных технологий. Модели и методы аэродинамики / С. А. Исаев, А. Г. Судаков, В. Б. Харченко, А. Е. Усачов // *Материалы Шестой Международной школы-семинара, Евпатория, 5–14 июня, 2006 г.* – М. : МЦНМО, 2006. – С. 110–111.
8. **Blocken B., Persoon J.** Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: CFD simulation, validation and application of the new Dutch wind nuisance standard // *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* – 2009. – № 97(5–6). – Pp. 255–270.
9. **Stathopoulos, T., Baskaran, A.** Computer simulation of wind environmental conditions around buildings. *Eng.Struct.* –1996. – № 18(11). – Pp. 876–885.
10. http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info_center/pollution/Non-Isothermal_Flow.html