

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА В УЛИЧНОМ КАНЬОНЕ

@ А.В. Старченко, Е.А. Данилкин, Д.В. Лещинский
starch@math.tsu.ru, ugin@math.tsu.ru, 360flip182@gmail.com

УДК 519.6

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2021-10-06.93.

Представлены результаты численного моделирования качества атмосферного воздуха в уличном каньоне для различных условий солнечного нагрева ограничивающих турбулентный поток поверхностей, расположения источника выбросов и геометрических характеристик уличного каньона.

Ключевые слова: математическое моделирование, вычислительная гидродинамика, перенос примеси.

A numerical simulation of vehicle pollution distribution in a street canyon

The results of numerical modeling of the quality of atmospheric air in a street canyon for various solar heating conditions, limiting the turbulent flow of surfaces, the location of the emission source and the geometric characteristics of the street canyon are presented.

Keywords: mathematical modeling, computational fluid dynamics, impurity transport.

Рассматривается стационарное неизотермическое турбулентное движение воздуха над уличным каньоном, который представляет собой протяженный участок улицы с параллельно расположенными высокими зданиями с обеих ее сторон. По нижней границе уличного каньона интенсивно движется автотранспорт, выбрасывающий в атмосферу продукты сгорания углеводородного топлива. Высота зданий соизмерима с шириной улицы. Целью данного исследования является определение наиболее неблагоприятных условий (неравномерный солнечный нагрев стен зданий, расположение источника выбросов вблизи нижней границы каньона, соотношение высоты и ширины каньона), приводящих к ухудшению

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-02-2021-1392).

Старченко Александр Васильевич, д.ф.-м.н., профессор, ТГУ (Томск, Россия); Alexander Starchenko (Tomsk State University, Tomsk, Russia)

Данилкин Евгений Александрович, к.ф.-м.н., доцент, ТГУ (Томск, Россия); Evgeniy Danilkin (Tomsk State University, Tomsk, Russia)

Лещинский Дмитрий Викторович, ассистент, ТГУ (Томск, Россия); Dmitriy Leshchinskiy (Tomsk State University, Tomsk, Russia)

качества воздуха в зоне дыхания (до 2 метров от нижней границы каньона) и росту максимальной концентрации примеси в области исследования. Математическая модель рассматриваемого процесса включает в себя осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, неразрывности, энергии и переноса примеси [1]. Замыкание этой системы стационарных уравнений проводится с использованием градиентно-диффузионной гипотезы Буссинеска. Для вычисления турбулентной вязкости используется двухпараметрическая k - ϵ модель турбулентности, учитывающая влияние сил плавучести [2]. Для расчета значений скорости, турбулентных параметров, трения и теплового потока вблизи твердой поверхности используется метод пристеночных функций Лаундера-Сполдинга.

Дискретизация дифференциальной задачи выполнена методом конечного объема на структурированной декартовой сетке. Аппроксимация конвективных членов уравнений переноса выполняется с использованием противопотоковой схемы MLU Ван Лира. Аппроксимация диффузионных членов осуществляется с использованием центрально-разностной схемы второго порядка. Для согласования полей скорости и давления использовался метод Патанкара-Сполдинга SIMPLE. Разработана итерационная вычислительная процедура для согласования поля скорости и давления и последовательного решения систем сеточных уравнений – неявных дискретных аналогов адвективно-диффузионных уравнений нелинейной задачи на основе метода неполной факторизации Н.И. Булеева. Более подробное описание аппроксимации и численного метода решения на примере двумерной задачи представлено в работе [3].

Расчеты проводились при следующих значениях определяющих параметров: скорость горизонтального потока воздуха 1 м/с, температура – 20°C. Температура образующих уличного каньона принимала значения от 20 до 40°C. Высота зданий и ширина уличного каньона менялись в диапазоне от 10 до 40 м. Источник инертных выбросов автотранспорта располагался на высоте 0,3 м над нижней границей каньона в его середине, 1/4 и 3/4 от левой границы каньона.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее худшие условия для пешеходов образуются при нагреве наветренной стороны уличного каньона (максимальные концентрации в зоне дыхания увеличиваются с ростом перепада температур), в уличных каньонах, высота которого в несколько раз превышает его ширину, при смещении источника примеси к зданиям, образующим каньон (максимальные концентрации в зоне дыхания при размещении источника вблизи левой границы каньона).

Литература

1. *Старченко А.В., Нутерман Р.Б., Данилкин Е.А.* Численное моделирование турбулентных течений и переноса примеси в уличных каньонах — Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2015.
2. *Henkes R. A.W.M., Van Der Flugt F. F., Hoogendoorn C. J.* Natural Convection Flow in a Square Cavity Calculated with Low-Reynolds-Number Turbulence Models // *Int. J. Heat Mass Transfer*, **34** (1991), 1543-1557.
3. *Данилкин Е.А., Старченко А.В.* Моделирование распространения выбросов автомобильного транспорта в уличном каньоне // *Вычислительные технологии*, **25**:2 (2020), 4–21.