

Сведения о выполненных работах и
полученных научных результатах в 2024 году

по проекту **«Разработка микромасштабной математической модели и
вычислительных технологий для исследования и прогнозирования процессов
распространения выбросов автотранспорта в городских кварталах с
использованием суперкомпьютера»,**
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 23-21-00165

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Данилкин Евгений Александрович

Построенная вихреразрешающей модель турбулентного течения и переноса примеси применена для исследования влияния расположения и высоты деревьев в уличном каньоне на аэродинамику воздушного потока и процесс выветривания вредных выбросов автотранспорта, поступающих с середины проезжей части. Для исследования был выбран симметричный уличный каньон, образованный зданиями высотой 20 метров. Ширина и длина каньона составляли 20 и 50 метров соответственно. Течение в уличном каньоне формируется под влиянием основного потока воздуха над зданиями, скорость которого составляла 1 м/с, а направление было перпендикулярно уличному каньону. Проведена серия вычислительных экспериментов, в которой деревья располагались либо с подветренной стороны, либо с наветренной стороны. Высота деревьев варьировалась с шагом 2,5 метра, от 5,0 до 17,5 метров.

Собраны и проанализированы максимальная в каньоне, средняя в каньоне и средняя в зоне дыхания концентрации примеси для рассмотренных случаев. Результаты исследования показали, что в отсутствии учета осаждения примеси на листьях деревьев, добавление растительности приводит к замедлению скорости рециркуляционного движения в уличном каньоне и, как следствие, увеличению максимальной и средней концентрации примеси в уличном каньоне. В то же время наличие растительности с подветренной стороны приводит к изменению механизма циркуляции воздуха в зоне дыхания и уменьшению средней концентрации вредных выбросов в зоне дыхания.

Рассмотрено распределение концентрации примеси на высоте 1,75 метра от нижней границы уличного каньона для каньона без растительности и каньона с деревьями. Получено, что наличие растительности незначительно повышает концентрацию у наветренной стороны и приводит к увеличению концентрации в зоне движения автомобилей. Добавление деревьев с подветренной стороны приводит к уменьшению концентрации у подветренной стороны.

Выполнено исследование влияния метеорологических условий и глубины каньона на структуру течения и характер распространения примеси в уличном каньоне с растительностью. Исследование показало, что вне зависимости от расположения растительности в каньоне увеличение скорости ветра приводит к уменьшению концентрации вредных выбросов. Увеличение глубины каньона при

постоянной ширине приводит к увеличению максимальных и средних в зоне дыхания концентраций, что является следствием замедления средней скорости рециркуляции воздуха в каньоне. Средняя концентрация в зоне дыхания оказывается выше при расположении деревьев с наветренной стороны.

Таким образом, расчеты исследования показали, что доминирующее влияние на значения концентрации примеси оказывает геометрия уличного каньона и скорость движения основного потока воздуха над уличным каньоном. При этом полученные зависимости изменения максимальной и средних концентраций в зависимости от расположения деревьев с наветренной или подветренной стороны сохраняются при изменении глубины уличного каньона или изменении скорости основного потока воздуха.

В рамках проекта на примере реального участка городской застройки выполнено исследование влияния растительности на воздушные потоки и распределение концентрации примеси в области исследования. Область исследования представляла собой участок размером 800 на 800 метров и высотой 120 метров. В качестве источника вредных выбросов рассматривался проспект с интенсивным движением автотранспорта. Выполнена серия расчетов с учетом растительности и без нее. В расчетах относительная скорость ветра принималась равной 3 м/с. Расчеты проводились на структурированной декартовой сетке размером $240 \times 269 \times 54$, со средним размером ячейки в области исследования 2 м и более грубой сеткой по периметру и на высоте более 50 метров. Общее количество узлов составило примерно 3,5 миллиона.

Для анализа полученных данных были построены поля скорости и концентрации примеси на высоте 1,5 метра (зона дыхания). Результаты расчетов показывают, что деревья и кустарники, выступая в роли проницаемой преграды, снижают приземную скорость ветра и интенсивность переноса примеси. В отсутствии растительности течение формируется под влиянием зданий и сооружений, которые существенно изменяют приземные воздушные потоки. Растительность значительно замедляет скорость движения воздушного потока и препятствует распространению выбросов автотранспорта по территории, тем самым создавая комфортные условия пребывания на свежем воздухе.