

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ВЫБРОСОВ ВБЛИЗИ АВТОДОРОГИ

Работа посвящена моделированию распространения атмосферных загрязнений в приземном слое автомобильной дороги общего назначения.

Постановка задачи. В данной работе на основе уравнений Навье-Стокса, уравнений переноса примеси, осредненных по Рейнольдсу, и моделей турбулентности [3] в приближении слабо сжимаемой среды развивается численная модель реального участка двухполосной автомобильной дороги и исследуется распространение в приземном слое атмосферы следа линейного источника примеси, вследствие стационарного выделения окиси углерода (СО) вдоль осевой линии автодороги. Для моделирования турбулентных эффектов переноса используется двухпараметрическая дифференциальная модель турбулентности $k-\varepsilon$ с пристенными функциями. Константы и подробное описание модели можно найти, например, в [3]. Влияние растительности учитывается с помощью источниковых членов в правых частях уравнений импульса в виде степенной зависимости $F_i = -C_0 |u|^{(C_1-1)} u_i$. В соответствии с экспериментальными данными [6] для плотной летней листвы константы модели выбраны $C_0 = 1$, $C_1 = 1$. Согласно рекомендациям [2] в уравнение переноса кинетической энергии турбулентности k внедрялся источниковый член типа $F_k = u_i F_i$, в уравнение переноса ε - источниковый член типа $F_\varepsilon = C_k \varepsilon / k F_k$. Данная модель интерпретирует влияние растительности как однородное изотропное сопротивление объема, добавочные члены в уравнениях модели турбулентности увеличивают производство турбулентности. Исследование проведено с использованием программного комплекса $MTFS^{\text{®}}$ [4] методом установления. Течение вне

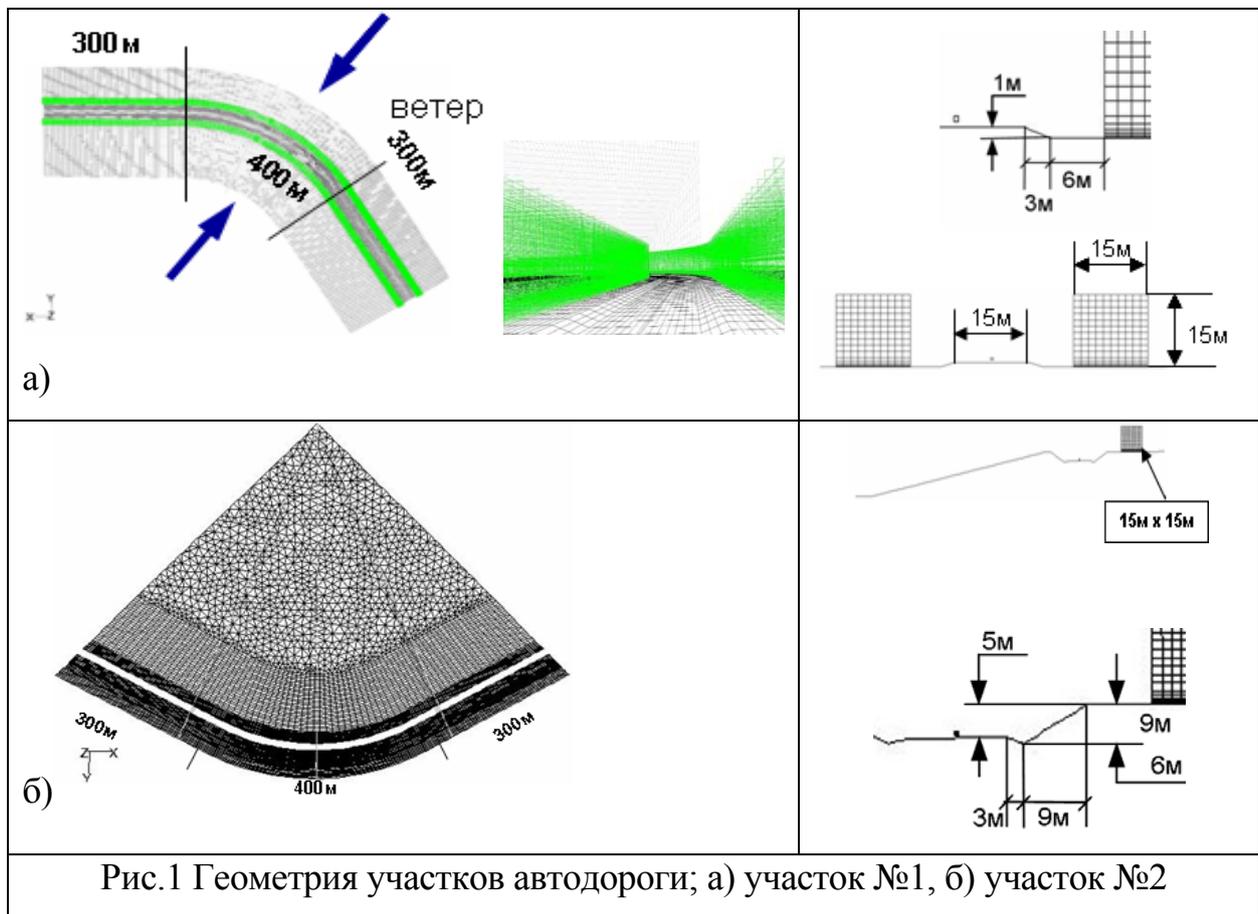
расчетной области предполагается полностью турбулентным. Входной профиль скорости ветра использовался с учетом погранслоя. Вдоль осевой линии автодороги предполагался линейный источник с выделением постоянного расхода примеси во времени и вдоль дороги на высоте около 0.5 метра с температурой, равной температуре набегающего потока. На основе анализа транспортного потока и зависимостей [1] задавался постоянный расход CO около $5e-6$ кг/сек на погонный метр осевой линии. Исследования проведены на криволинейных участках дороги с неизменным придорожным рельефом местности и насаждений (рис.1). Свойства воздуха и CO взяты из [5], приняты летние среднесуточные параметры атмосферы.

Обсуждение результатов. Интенсивность крупномасштабной завихренности до насаждений, между насаждениями и за насаждениями незначительна при их низкой плотности, что соответствует переносу примеси в нижнем слое насаждений [6]. При высокой плотности листвы основная часть ветрового потока огибает насаждения, за которыми возникает вихревое течение в противоположном направлении, аналогичное обтеканию уступа с противотоком. Обратные токи за насаждениями подсасывают примесь, которая поднимается с восходящими потоками воздуха и уносится над насаждениями (рис. 2, 3).

Обнаружено, что скос линий тока по отношению к осевой линии автодороги способствует сносу примеси вдоль автодороги. Характеризуется углом скоса между вектором скорости набегающего потока и направлением осевой линии автодороги. При направлении ветра в плоскости симметрии с выпуклой стороны примесь разносится от плоскости симметрии в стороны за счет острого угла скоса потока по отношению к осевой линии (рис. 2).

Воздействие ветра с выпуклой стороны и с вогнутой стороны на конфигурацию участка №2 принципиально различны вследствие, несимметричности придорожного рельефа, отсутствия насаждений с вогнутой стороны участка автодороги, асимметрии скоса дороги по отношению к

направлению ветра в плоскости симметрии. При воздействии ветра для участка №2 тенденции, отмеченные при обтекании участка №1, сохраняются. Именно, при разреженных насаждениях концентрация примеси вблизи дорожного полотна заметно ниже, чем при густых насаждениях. При воздействии ветра с выпуклой стороны участка линии тока в трехмерной модели отклоняются от плоскости симметрии из-за скоса, улучшают вентиляцию изгиба дорожного полотна, и максимальные значения концентрации примеси достигаются вне плоскости симметрии. Структура течения при плотной листве напоминает структуру в городских уличных каньонах [2].



Выводы. На изгибе дороги сопротивление пропорционально углу скоса, т.е. уменьшается при появлении скоса осевой линии. Сопротивление

ветровой нагрузке дополнительно уменьшается за счет увеличения эффективного расстояния между насаждениями вследствие скоса. Двумерная модель непригодна для моделирования распространения примеси в плоскости симметрии участков типа 1,2.

Работа финансировалась МОН Украины.

Литература

1. Говорущенко Н.Я. Проблемы и методы оценки экологического и энергетического качества автомобильных дорог/ Н.Я.Говорущенко, В.В.Филиппов, Г.В.Величко / Автоматизированные технологии CREDO'2000. - С.45-51
2. Flow and transport with complex Obstructions/ Applications to Cities. Vegetative Canopies and Industry/ Editors Ye. Gayev, Julian Hunt. Springer Publ. - 2007. - 414p.
3. Солодов В.Г. Моделирование турбулентных течений. Расчет больших вихрей. Харків, вид-во ХНАДУ, 2011. - 167с
4. Солодов В.Г. Научно-прикладной программный комплекс *MTFS*[®] для расчета трехмерных вязких турбулентных течений жидкостей и газов в областях произвольной формы. / В.Г.Солодов, Ю.В.Стародубцев / Сертификат гос. регистр. авт. прав, УГААСП, №5921, 07.16.2002
5. Варгафтик В.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. -720с.
6. Солодов В.Г. Математичне моделювання забруднення атмосферного повітря придорожного простору / В.Г.Солодов, В.В.Філіппов, В.К.Жданюк, И.В.Кияшко / Автошляховик України/ - 2009. №3. С.42-47

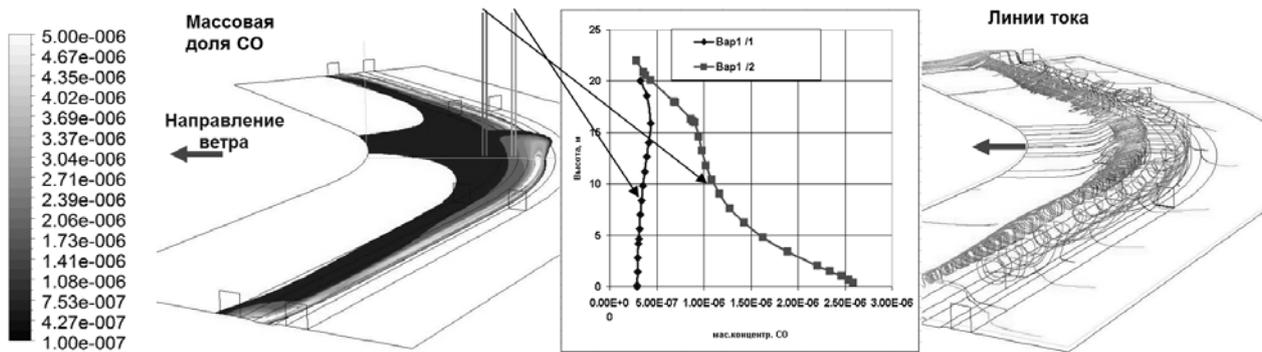


Рис. 2 Массовая доля CO на обочинах в плоскости симметрии на участке №1

Научный консультант: Солодов В.Г., зав. каф. теоретической механики и гидравлики