

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ГОРОДОВ

Семененко М.В., кандидат технических наук

Предложен практичный подход количественной оценки влияния автотранспортных средств, движущихся по улицам городов, на окружающую среду с целью управления природоохранной деятельностью.

Practical approach of quantitative estimation of influence of motor transport facilities, that move on the streets of cities is offered, on an environment with the purpose of management by nature protection activity.

Количественная оценка влияния автотранспортных средств (АТС) на окружающую среду необходима для определения значимости отдельных факторов, выявления соответствующих закономерностей и разработки эффективных механизмов управления природоохранной деятельностью в городе.

Для расчетной оценки концентраций выбросов АТС в окружающую среду можно использовать подход, основанный на оценке:

— удельных выбросов и расхода топлива при разных скоростях движения и в ездовых циклах одиночных АТС, составляющих транспортный поток;

— выбросов и расхода топлива транспортным потоком на отдельных участках дорожной сети (на перегонах и перекрестках);

— концентрации компонентов автомобильных выбросов в приземном слое атмосферы на рассматриваемом участке автомагистрали или улично-дорожной сети в целом.

Удельные выбросы одиночных АТС разных марок, составляющих транспортный поток, а также выбросы транспортными потоками на перегонах и перекрестках можно оценить с использованием как известных методик, [1-4] так и по предложенной ниже методике.

Основной транспортный поток, движущийся по городским улицам состоит из легковых автомобилей ($N_{l.a}$), грузовых автомобилей ($N_{z.a}$), автобусов (N_a).

Часть АТС задерживается перед светофором (β), а часть $(1-\beta)$ проезжает перекресток без остановки с разрешенной правилами дорожного движения скоростью (V_p), м/с.

Для грузовых автомобилей и автобусов, которые проезжают перекресток без остановки, энергия, которая необходима для их движения по дороге, длиною в 1м равна (1м АТС проезжают за $1/V_p$), м/с:

$$E = \sum_{i=1}^n N_{i(z.a)} Ne_{s(z.a)} \frac{1}{V_p} (1-\beta) + \sum_{i=1}^n N_{i(a)} Ne_{i(a)} \frac{1}{V_p} (1-\beta), \quad (\text{Дж/м}) \quad (1)$$

где $N_{i(z.a)}$, $N_{i(a)}$ - количество грузовых автомобилей или автобусов i -й группы;

$Ne_{i(z.a)}$, $Ne_{i(a)}$ - мощность двигателя i -й группы для движения автомобиля или автобуса со скоростью V_p .

Нормы выбросов (г/кВт·ч) определяются согласно Правил ЕЭК ООН №49.

Для легковых автомобилей выбросы рассчитываются для каждой группы автомобилей по математической модели, разработанной на кафедре «Двигатели и теплотехника», в процессе разгона и торможения, движения АТС с постоянной скоростью, с учетом Правил ЕЭК ООН №83

Для автомобилей, которые задержались перед светофором, определяются выбросы в режиме холостого хода, исходя из среднего времени задержки.

В процессе разгона для каждой группы грузовых автомобилей и автобусов определяется среднее ускорение, исходя из условий работы двигателя по внешней характеристике, согласно ГОСТа 20306-90.

Для легковых автомобилей берётся ускорение, с учетом Европейского ездового цикла. Исходя из ускорений для каждой группы автомобилей, определяется время и путь разгона. Зная время разгона и мощность двигателя, рассчитывается удельная пробеговая энергия, а следовательно и выбросы в процессе разгона.

Далее не представляет труда, используя соответствующие соотношения, рассчитанные ранее, определить выбросы в процессе разгона, торможения и движения с постоянной скоростью отдельных групп легковых автомобилей.

Для оценки концентраций компонентов транспортных выбросов в атмосфере используются модели расчета турбулентной диффузии различной степени сложности [5, 6, 7]:

а) упрощенная модель расчета концентраций выбросов с постоянными коэффициентами поглощения различными подстилающими поверхностями;

б) модель средней сложности с переменными коэффициентами диффузии и поглощения;

в) модель, учитывающая влияние на рассеивание загрязнений различных природно-климатических факторов, рельефа местности, застройки территории, характеристик подстилающих поверхностей, процессов, происходящих в атмосфере.

При оценке выбросов транспортными потоками можно использовать два подхода: без учета влияния транспортных средств друг на друга при движении в потоке и с учетом такого влияния.

В первом случае выбросы отдельных АТС, движущихся в потоке на участке дороги, просто суммируются [1], во втором — учитывается логика действий отдельных водителей, совершающих маневрирование в транспортном потоке, т.е. отслеживается движение не совокупности машин, а отдельных автомобилей в этой совокупности.

Известно достаточно много моделей движения транспортного потока. Все они имеют определенную степень достоверности. Интересным представляется подход, предложенный учеными России [6].

В имитационной модели транспортный поток представлен в виде пяти подсистем, каждая из которых описывается схемой кусочно-непрерывного агрегата в виде условного Марковского процесса с кусочно-непрерывными траекториями и переменной размерностью.

В процессе моделирования осуществляется генерация АТС методом Монте-Карло на участок дороги и интервалами появления АТС в виде случайной величины с экспоненциальным распределением. Характеристики транспортного потока устанавливаются на основании определения количества выходов траектории системы (участка дороги с движущимися автомобилями) на границу и времени нахождения траектории системы в заданных подмножествах пространства состояний. В имитационной модели транспортный поток представлен в виде пяти подсистем. Каждая из которых описывается схемой кусочно-непрерывного агрегата в виде условного Марковского процесса с кусочно-непрерывными траекториями и переменной размерностью. Модель [6] можно расширить, включив элементы искусственного интеллекта на основании принятия гипотезы о том, что водитель может изменить свое мнение или траекторию движения АТС только при наступлении определенных ситуаций — «особых состояний». Чем больше состояний будет заложено в модель, тем ее достоверность увеличится. Следует отметить, какую бы из известных моделей мы не рассматривали, достоверность оценки погонных расходов топлив и выбросов вредных веществ транспортными потоками на всей дорожной сети зависит от надежности результатов измерений характеристик транспортных потоков на участках УДС города в разное время суток, дни недели, сезоны года, при образовании экстремальных ситуаций (заторов, пробок).

Это возможно сделать либо методом фотографирования из космоса (большие финансовые затраты), либо с использованием имитационных моделей.

Для корректировки текущих расчетных значений параметров транспортных потоков, современные модели должны использоваться совместно с системой дистанционного контроля характеристик транспортных потоков на улично-дорожной сети (УДС) с помощью индукционных датчиков, встраиваемых в дорожное полотно или других датчиков, измеряющих текущую интенсивность и состав транспортного потока на контрольных участках сети. Получаемая таким путем информация, является необходимой для координированного управления светофорными объектами одновременно на всей сети города при реализации экологически приемлемых алгоритмов управления движением транспортных потоков, оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами АТС. На пути создания достоверных методик этого типа стоят не только методические, но и технические сложности, связанные с большой размерностью задачи, когда необходимо одновременно отслеживать поведение на дорожной сети тысячи единиц подвижного состава. И делать это необходимо в режиме реального времени. Для оценки концентрации вредных веществ в атмосфере города широко используются известные в прикладной математике уравнения, описывающие различные состояния транспортного потока [7]. Процессы распространения вредных выбросов в атмосфере, как диффузии частиц в среде, описываются следующим уравнением:

$$p(x)p(x)\frac{dc}{dt} = \text{div}(D(x)\text{grad } C) - g(x)C + F(t, x)\frac{dc}{dt} = \text{div}(D(x)\text{grad } C) - g(x)C + F(t, x), \quad (2)$$

где $C(t, x)$ – в точке $x=(x_1, x_2, x_3)$ в момент времени t ;

$p(x)$ – коэффициент пористости среды;

$(D(x))$ – вектор коэффициентов диффузии;

$g(x)$ – коэффициент поглощения;

$F(t, x)$ – интенсивность источников.

Уравнение (2) является математической формализацией физического закона Нернста: масса газа, протекающая через сечение x за промежуток времени $(t, t+\Delta t)$, пропорциональна площади сечения, коэффициенту диффузии $C\frac{dc}{dx}$ (разности концентрации – поток от мест более высокой концентрации в места с меньшей концентрацией).

Для уравнения (2) точные решения известны лишь в очень небольшом числе случаев.

Рассмотрим упрощенную модель расчета концентраций выбросов с постоянными коэффициентами поглощения различными подстилающими поверхностями

Решаются стационарные и нестационарные двумерные уравнения диффузии с поглощением при принятии соответствующих допущений, что размеры источников выбросов значительно меньше размеров площади территории, на которой моделируется процесс распространения загрязнений. Источник загрязнения рассматривается как точечный или линейный. Учет химического взаимодействия компонентов вредных выбросов между собой и с элементами атмосферы осуществляется по формуле:

$$C = c_v \exp(-\lambda l / u_v), \quad (3)$$

где c_v – концентрация вещества в воздухе без учета химических реакций;

λ – скорость полураспада (полувыведения) загрязняющего вещества в атмосфере;

l – пройденное расстояние;

u_v – скорость ветра.

Время полураспада рассматриваемых примесей составляет от нескольких часов до нескольких суток,

Стационарное двумерное уравнение диффузии с поглощением имеет вид:

$$D\Delta c(\bar{r}) - \beta_n c(\bar{r}) = -\sum_{i=1}^n I_i \delta_1(r-r_i), \quad (4)$$

где D – коэффициент турбулентной диффузии;

Δ – оператор Лапласа;

$c(r)$ – концентрация вредного вещества;

r – координаты точки на плоскости;

β_n – коэффициент поглощения;

I_i – мощность i -го источника выделения вредного вещества, имеющего координаты r_i ;

$\delta_1(r-r_i)$ – функция Дирака.

В качестве исходных данных используется матрица с геометрическими координатами линейных и точечных источников излучения вредных веществ и их интенсивность по времени.

Такой подход может быть использован как в случае большой размерности задачи (в рамках региона, города и т.д) так и при оценке транспортных выбросов на локальных участках дорожной сети. Также предложенный подход может использоваться для интегральных оценок транспортного загрязнения УДС города в задачах средне- и долгосрочного прогнозирования, например, при обосновании строительства транспортных развязок, объездов, дублеров оживленных автомагистралей, организации одностороннего движения на кольцевых дорогах, обоснования рациональной плотности дорожной сети на урбанизированной территории или предельного уровня ее моторизации и др.

Примером использования отдельных позиций вышеназванного подхода явились дипломные работы, выполненные под руководством автора в 2009-2011гг на кафедре «Городского строительства» в Киевском национальном университете строительства и архитектуры.

Полученный результат в близком приближении совпал с данными, замеренными на стационарных постах и говорит о чрезмерной антропогенной нагрузке транспорта на окружающую среду в отдельных районах г.Киева, чему подтверждение локальное снижение концентрации кислорода и рост концентрации CO₂ вблизи основных автомагистралей, превышающее в десятки раз предельно допустимую норму. Наиболее высокое загрязнение воздуха в Киеве наблюдается в местах, прилегающих к автомагистралям и их перекресткам - на Ленинградской, Бессарабской, Московской, Харьковской площадях, улицах Телиги, Набережно-Крещатицкой, проспекте Воссоединения, бульварах Дружбы Народов, Леси Украинки.

В результате укрупненных расчетов, с использованием в простейшем варианте предложенной выше схемы оценки воздействия АТС на окружающую среду были предложены ряд мер по снижению экологической нагрузки.

Таким образом, с помощью предложенного выше алгоритма оценки распространения выбросов вредных веществ АТС рассчитывается концентрация вредных веществ, выделяемых совокупностью линейных и точечных источников (перегоны и узлы УДС), в атмосферном воздухе города. Для наглядности целесообразно строить карты территории с изолиниями концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы, которые могут быть использованы в различных аспектах жизнедеятельности городов, таких, например, как Киев, где по разным источникам от 80 до 90% вредных выбросов приходится на автотранспорт.

Литература

1. Михно М.В. Снижение расхода топлива и вредных выбросов подвижным составом автомобильного транспорта рациональным выбором эксплуатационных факторов: Дис... канд. техн. наук: 05.22.10. // М.В.Михно - К., 1998. – 193с.
2. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами. Затверджена Держкомстатом України. Вип. ВАТ «УкрНТЕК», м.Донецьк, 1999.-107с.
3. Луканин В.Н. и др. Оценка влияния транспорта на загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах.-РАН. Транспорт: наука, техника, управление, 1997.-№6. С2-5
4. Abgas-Emissionsfaktoren von Pkw in der Bundesrepublik Deutschland. Abgasemissionen von Fahrzeugen der Baujahre 1986 bis 1990/ D. Hassel, P. Jost, F.J.Weber, F.Dursbeck, K.S. Sonnborn, D. Plettau // TUV Rheinland Sicherheit and Umweltschutz GmbH, VFO PLAN 10405152 und 10405509. – Berlin: Erich Schmidt, 1994.
5. Михно М.В. До оцінки закономірностей розсіювання шкідливих речовин у атмосфері // Вісник Північного наукового центру транспортної академії України. Науковий журнал. - 2006, Випуск 9 травень 2006. - С. 35-37.
6. Луканин В.Н.и др. Автотранспортные потоки и окружающая среда / под. ред. В.Н.Луканина – М.: ИНФА-М, 1998.-409с.
7. Семененко М.В. К вопросу описания рабочих состояний транспортного потока // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник.-2011, Випуск №41.-С.408-410.