

УДК 656.13:57.026 (551.554:628.51)

Джайлаубеков Еркин Альмагамбетович – к.т.н., профессор, академик РАТ
(Алматы, КазАТК)

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКОЙ

Расчет валовых выбросов вредных загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу от автомобильного транспорта производится по методикам инвентаризации выбросов, основанным на нормах выбросов автомобилей на единицу пройденного пути (пробега), времени работы или расхода топлива. Нормативы выбросов устанавливаются различными эмпирическими методами, экспериментальным или расчетным путем [1,2]. На основании известных положений [3,4], автором разработана теоретическая модель расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспортной техники. Сущность разработанной теории расчета выбросов заключается в следующем.

Автомобильный двигатель в процессе городского движения работает в большом диапазоне режимов его работы.

Выброс i -го загрязняющего вещества в определенном режиме работы двигателя определяется формулой:

$$m_i = g_e \left(1 + \frac{1}{\alpha l_o} \right) \left(1 - \frac{1.85}{\alpha l_o} \right) \frac{g_i}{g_{ог.сух.}} K_i, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где m_i – выброс i -го загрязняющего вещества, г/кВт·ч; g_e – удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч; K_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах, объемная доля; g_i – удельная масса i -го загрязняющего вещества, г/м³; $g_{ог.сух.}$ – удельная масса сухих отработавших газов, г/ м³; α – коэффициент избытка воздуха; $\left(1 + \frac{1}{\alpha l_o} \right)$ – коэффициент, учитывающий расход воздуха на 1 кг топлива; $\left(1 - \frac{1.85}{\alpha l_o} \right)$ – коэффициент, учитывающий количество сухих отработавших газов.

В общем случае, удельный эффективный расход топлива, в зависимости от конструкции двигателя, является функцией от мощности и частоты вращения двигателя и определяется по формуле:

$$g_e = f_g(N_e, n_e), \quad (2)$$

где g_e – удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч; N_e – мощность двигателя, кВт; n_e – частота вращения двигателя мин⁻¹.

Коэффициент избытка воздуха α также является функцией мощности и частоты вращения двигателя и определяется по формуле:

$$\alpha = f_\alpha(N_e, n_e), \quad (3)$$

где α – коэффициент избытка воздуха; N_e – мощность двигателя, кВт; n_e – частота вращения двигателя, мин⁻¹.

Концентрации загрязняющих веществ в отработавших газах зависят от конструкции двигателя и режима его работы и определяются для конкретного двигателя как функция от мощности и частоты вращения двигателя по формуле:

$$K_i = f_{ki}(N_e, n_e) \quad (4)$$

Функции показателей двигателя: удельного расхода топлива g_e , концентрации вредных веществ K_i и других, составляются на основании характеристик двигателя. При этом возможно составление математических зависимостей путем аппроксимации данных по характеристикам двигателя, либо представление их значений в матричной форме.

Автотранспортное средство (автомобиль) совершает транспортную работу при городском движении. В общем случае, движение автомобиля можно представить в виде произвольного цикла. Для наглядности на рисунке 1 показан европейский ездовой цикл движения автомобиля.

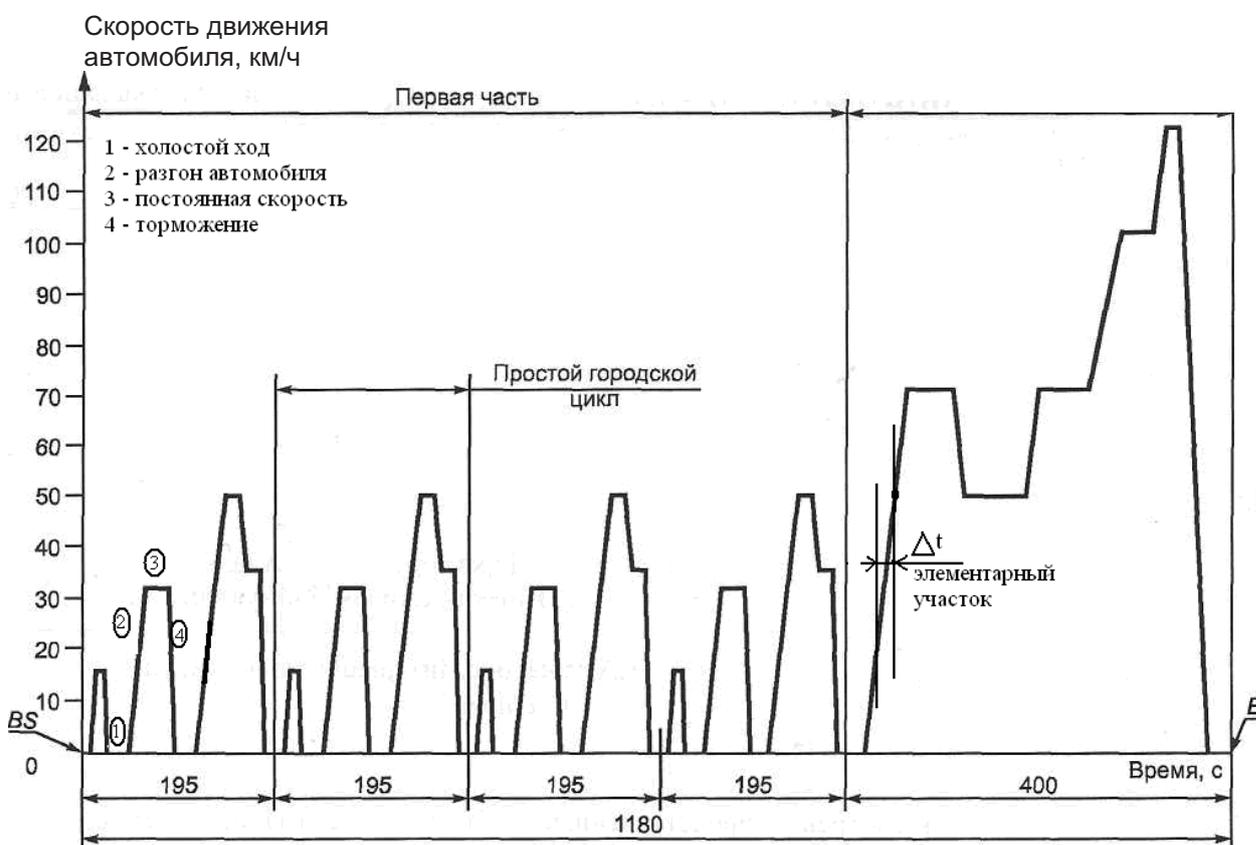


Рисунок 1 – Европейский ездовой цикл движения автомобиля

Здесь можно выделить следующие характерные участки движения автомобиля и, соответственно, режимы работы двигателя:

- работа двигателя на холостом ходу, перед началом движения автомобиля, при стоянке автомобиля на перекрестках;
- участок разгона автомобиля, движение с ускорением, соответствующий работе двигателя с переменной мощностью;
- участок движения с постоянной скоростью, соответствующий работе двигателя при постоянной мощности;
- участок торможения двигателем, соответствующий режиму работы двигателя на принудительном холостом ходу;

- участок торможения автомобиля или движение автомобиля накатом при выключенном сцеплении, что соответствует работе двигателя на холостом ходу.

Количество выбросов i - го вещества автомобиля при движении в городе за определённое время работы можно определить по формуле:

$$M_{i\Sigma} = \int_0^{\tau} f(g_e, k_i, \alpha, N_e, m_i) dt, \text{ г}, \quad (5)$$

где $f(m_i, N_e)$ – функции выбросов вредных веществ двигателя по формулам (2-4); m_i – выброс i - го вещества, г/кВт·ч; τ – время работы автомобиля, ч.

Мощность двигателя, затрачиваемая на движение автомобиля определяется по теории автомобиля [3] в зависимости от технической характеристики автомобиля, скорости движения, ускорения сопротивления дороги и других параметров.

Расчёт выброса автомобиля по формуле (5) представляет сложную задачу, так как трудно определить функции зависимости выбросов от множества параметров. Поэтому задача решена путем определения выброса на отдельных элементарных участках движения автомобиля и суммирования выбросов. Расчеты предлагается производить методом численного интегрирования. График движения разбивается на элементарные участки и на каждом участке движения автомобиля производится расчет выбросов.

Выброс i - го вещества на элементарных участках движения автомобиля за время его работы Δt определяется на основании формулы (1)

$$M_i = m_i \cdot \Delta t = g_e N_e \left(1 + \frac{1}{\alpha l_o} \right) \left(1 - \frac{1.85}{\alpha l_o} \right) \frac{q_i}{q_{оз.сух}} \cdot k_i \cdot \Delta t, \text{ г} \quad (6)$$

Общее количество выброса i - го вещества $M_{i\Sigma}$ все время движения определяется как сумма выбросов на элементарных участках:

$$M_{i\Sigma} = \sum_1^j M_i, \text{ г} \quad (7)$$

где j – количество элементарных участков.

Пройденный путь S за время τ определяется как сумма пройденных путей на элементарных участках S_j :

$$S = \sum_1^j S_i, \text{ км} \quad (8)$$

Тогда удельный выброс i - го вещества $q_{i,уд}$ на единицу пройденного пути определяется:

$$q_{i,уд} = \frac{M_{i\Sigma}}{S}, \text{ г/км} \quad (9)$$

Предлагаемая модель расчета выброса автомобиля позволяет установить и обосновать нормы выбросов загрязняющих веществ автотранспортного средства при его работе в городских условиях, населенных пунктах, загородном шоссе и других условиях. Например, нормы выбросов в условиях интенсивного движения транспортного средства в городе определяются циклом движения. Путем численного интегрирования вычисляются выбросы вредных веществ и пройденный путь автомобиля за городской цикл движения. Затем вычисляется удельный выброс загрязняющих веществ на 1 км пройденного пути. Это и является обоснованной нормой для расчетов выбросов автотранспортного средства.

Таким же путем можно установить нормы выбросов для других условий движения автотранспорта.

Предлагаемая модель использована в разработке методики расчета выбросов вредных загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух в Республике Казахстан.

Применение данной модели выброса автомобиля позволяет производить расчет количества выбросов загрязняющих веществ автотранспортным средством в испытательных циклах. Это дает возможность при отсутствии дорогостоящего оборудования, без стендовых испытаний, аналитическим путем определить выбросы автомобиля и сравнить их со стандартами ЕВРО.

Например, по графику движения автомобиля по европейскому ездовому циклу путем численного интегрирования производится вычисление количества выбросов загрязняющих веществ и пройденный путь автомобиля за цикл и определяются удельные выбросы веществ на 1 км пути.

Данная схема расчета использована автором при разработке методов расчета вредных загрязняющих веществ автотранспортных средств в испытательных циклах по Правилам ЕЭК ООН [5,6].

Выводы:

1. Разработана аналитическая модель расчета выбросов от автотранспорта.
2. Возможно применение разработанной теории выброса автомобиля:
 - в методике расчета выбросов вредных загрязняющих веществ и парниковых газов автомобильного транспорта в Республике Казахстан;
 - в методике расчета количества выбросов вредных загрязняющих веществ автотранспортных средств в испытательных циклах по Правилам ЕЭК ООН.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЕМЕП/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007. www.eea.europa.eu
2. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. – М.: Автополис-плюс, 2008. – 80 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. В 3^х книгах. Кн.1. Теория рабочих процессов. Учебник для вузов. Луканин В.Н., Морозов К.А. и др Под редакцией Луканина В.Н. Москва, Высшая школа, 2005, 479 с.
4. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пос. для высшей школы. – М.: Академический Проект, 2004. – 400 с.
5. Джайлаубеков Е.А. Расчет и анализ выбросов вредных загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух в Республике Казахстан. Монография. КазАТК, 2010. – 158 с.
6. Джайлаубеков Е.А. Разработка модели и расчет количества выбросов вредных веществ автотранспортных средств в испытательном цикле по правилам ЕЭК ООН Вестник КазАТК, № 4, 2009г.

УДК 628.46:579.6

Джамалова Гуля Абаевна – к.с.-х.н., доцент (Алматы, КазНТУ)
Айкынбаев Ануар Ермакович – аспирант (Алматы, КазНТУ)

**ВЫБРОСЫ СВАЛОЧНОГО ГАЗА НА ПОЛИГОНЕ
КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Количество выбросов загрязняющих веществ с Карасайского полигона коммунальных отходов (КО) г. Алматы зависит от значительного количества факторов: климатические условия; рабочая (активная) площадь полигона; сроки эксплуатации