

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА АВТОТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ

Себко Дмитрий Павлович, ст. гр. Ам-54-18

Автомобильный транспорт выбрасывает в окружающую среду более 200 компонентов, большая часть из которых представляет угрозу окружающей среде. Наиболее массовые и опасные концентрации вредных веществ приходятся на выбросы оксида углерода и углеводорода, оксида азота, альдегидов и формальдегидов, оксида серы и сероводорода, бенз(а)пирена.

Для решения экологических проблем необходимо широко использовать системный подход, который построен на интеграции физических и химических процессов с математическим и компьютерным моделированием. Детерминированные методы математического моделирования позволяют оценить нормативный уровень выбросов вредных веществ технически исправного транспортного средства и определить режимы движения машин, соответствующему минимальному воздействию автомобиля на окружающую среду.

Выброс вредных веществ в отработавших газах автомобиля можно определить по следующей формуле [1]:

$$Q'_{\text{вв}} = 0,0548 \cdot M_{\text{вв}} \cdot \rho_T \cdot Q_a \cdot \alpha \cdot X_{\text{вв}} \quad \text{г/км}, \quad (1)$$

где $M_{\text{вв}}$ - молекулярная масса вредного вещества, г/моль;

ρ_m - плотность топлива, г/см³;

Q - расход топлива, л/100 км;

α - коэффициент избытка воздуха;

$X_{\text{вв}}$ - концентрация вредного вещества в отработавших газах, %.

Для основных компонентов молекулярная масса вредных веществ можно в расчетах принимать следующие значения:

- для оксида углерода – 28 г/моль;
- для углеводородов – 86 г/моль;
- для оксидов азота – 30 г/моль.

Плотность топлива ρ_m зависит от вида (бензин, дизтопливо), марки и качества топлива. В расчетах можно принимать:

- для бензинового двигателя - $\rho_T = 0,76$ г/см³
- для дизельного двигателя - $\rho_T = 0,84$ г/см³.

Коэффициент избытка воздуха, входящий в формулу (1), для бензинового двигателя связан с индикаторным коэффициентом полезного действия соотношением $\eta_i = 0,32 \cdot \alpha$. Тогда $\alpha = 3,2 \cdot \eta_i$.

Концентрация вредного вещества в отработавших газах $X_{\text{вв}}$ зависит от типа двигателя, нагрузочного и скоростного режима работы автомобиля. Приближенно концентрацию вредного вещества можно рассчитать по эмпирической формуле

$$X_{\text{вв}} = A_2 + B_2 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_1^2 \quad \%, \quad (2)$$

где A_2, B_2, C_2 - постоянные коэффициенты;

N_1 - процент использования мощности, %.

Значение коэффициентов A_2, B_2, C_2 зависит от вида вредных компонентов и типы топливной системы, которая установлена на автомобиле. Для бензинового двигателя можно принять следующие значения:

- для оксида углерода - $A_2 = 1,63, B_2 = -0,056, C_2 = 0,000477$;
- для углеводородов - $A_2 = 0,041, B_2 = -0,00084, C_2 = 0,0000069$;
- для оксидов азота - $A_2 = 0,309, B_2 = 0,00269, C_2 = -0,000035$.

Процент мощности определяется как отношение мощности двигателя на эксплуатационном нагрузочном режиме, к максимальной мощности двигателя:

$$N_1 = \frac{100 \cdot N_e}{N_{e_{\text{max}}}} = \frac{100 \cdot N_d}{N_{e_{\text{max}}} \cdot \eta_{\text{мп}} \cdot \eta_k} = \frac{0.028 \cdot V_a \cdot (G_a \cdot i + 0.077 \cdot kF \cdot V_a + 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot \dot{V}_a)}{N_{e_{\text{max}}} \cdot \eta_{\text{мп}} \cdot \eta_k}, \quad \%. \quad (3)$$

С учетом формулы [2, 3] шума ускорений $K_{\text{ш}}$ зависимость процента использования мощности (3) примет следующий вид

$$N_1 = \frac{0.03 \cdot M_a \cdot K_{\text{ш}} \cdot V_a}{N_{e_{\text{max}}} \cdot \eta_{\text{мп}} \cdot \eta_k} \quad \%. \quad (4)$$

Формула выбросов вредных веществ (1) с учетом зависимостей (4) окончательно

$$Q'_{\text{вв}} = 17.54 \cdot M_{\text{вв}} \cdot \eta_i \cdot (A_2 + B_2 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_1^2) \cdot \frac{K_{\text{ш}} \cdot M_a}{H_u \cdot \eta_a} \quad \text{г/км}. \quad (5)$$

Приведенная методика расчета величины выбросов вредных веществ в отработавших газах, базирующаяся на четырех частных КПД и показателе шума ускорения. По данной методике была составлена компьютерная модель в среде MatLab и получены результаты моделирования. Графические зависимости результатов расчета выбросов вредных веществ в отработавших газах для автомобиля ЗИЛ-431410 приведены на рис. 1.

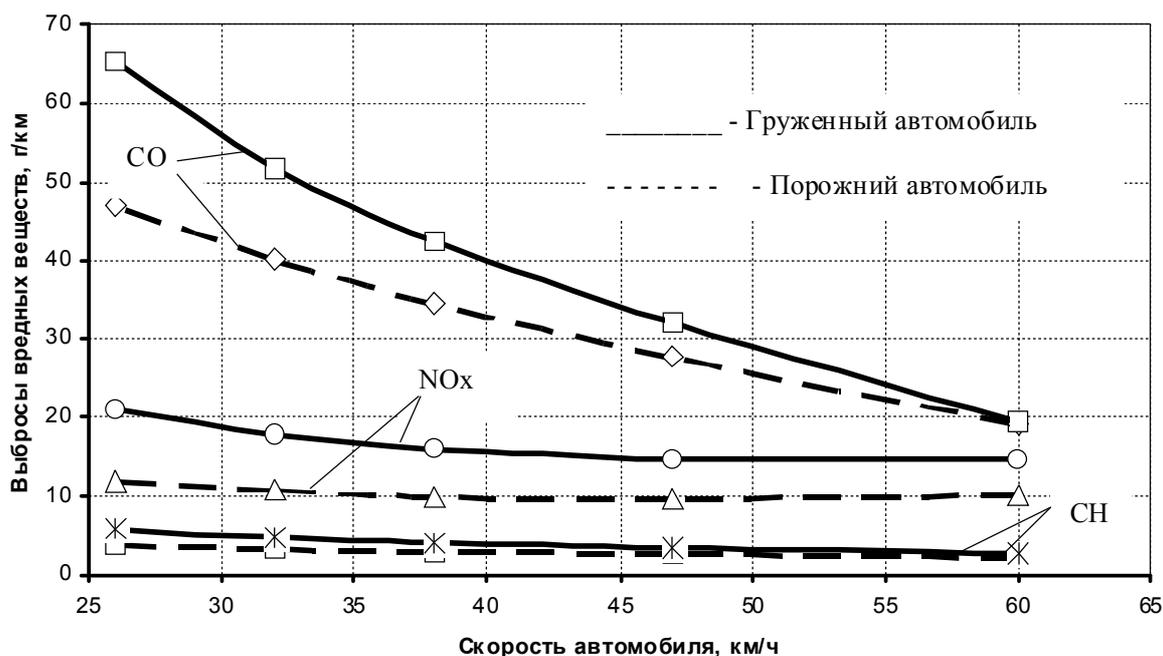


Рисунок 1 – Расчетные значения выбросов вредных веществ

Из графиков видно, что с увеличением скорости движения токсичность автомобиля снижается: для CO – в 2,5 раза для порожнего автомобиля и 3,5 раза для грузового автомобиля; для CH – в 1,7 и 2,1 раза, для NO – на 1,2 и 1,4 раза, соответственно. Поэтому одним из путей снижения выбросов вредных веществ на транспорте – это увеличение средней технической скорости.

Литература

1 Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). / Н.Я. Говорущенко, А.Н Туренко. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. - 474 с.

2 Говорущенко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) / Н.Я. Говорущенко, С.И. Кривошапов. // Автомобильный транспорт : Сб. научн. тр. – 2004. - № 15. – С. 21-25.

3 Кривошапов С.И. Алгоритм расчета КПД транспортных машин / С.И. Кривошапов, Е.Ю. Говорущенко // Весник ХНАДУ. – 2003. - № 20. – С. 34-36

Научный консультант: Кривошапов С.И., доц. каф. ТЭСА