

УДК 629.113

КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б. В. Кисуленко, д. т. н. / С. А. Анисеев
ФГУП «НАМИ»

Одним из значимых источников загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт, причём степень его экологической опасности (хотя и закладывается при проектировании и реализуется при изготовлении) значительно повышается в процессе его эксплуатации.

Российская Федерация как страна — участница Соглашения о принятии единообразных технических предписаний для колёсных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и (или) использованы на колёсных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний, подписанного в Женеве в 1958 году (далее — Женевское соглашение 1958 года), для целей нормирования экологических показателей автомобильной техники в национальном законодательстве применяет Правила ООН.

Требования к экологическим показателям транспортных средств в эксплуатации, применяемые в США и Европейском союзе, рассмотрены в статье [1].

Правила ООН, устанавливающие требования к выбросам вредных (загрязняющих) веществ транспортными средствами на стадии оценки соответствия в форме одобрения типа транспортного средства, дополнительно предъявляют требования к сохранности заложенных на этапе проектирования показателей экологической безопасности в течение эксплуатации, а в последних поправках серии 06 к Правилам ООН № 49 дополнительно введены процедуры оценки выбросов транспортных средств, находящихся в эксплуатации, которые касаются современных конструкций транспортных средств, в том числе требования к бензиновым двигателям для транспортных средств категорий М₂, М₃, N₂, N₃.

Согласно данным требованиям, соответствие находящихся в эксплуатации транспортных средств или двигателей подтверждается посредством про-

ведения испытаний транспортных средств на дороге, в обычных режимах управления и условиях и при типичной нагрузке. Испытание на соответствие эксплуатационным требованиям должно быть репрезентативным для тех транспортных средств, которые эксплуатируются на дорогах в реальной ситуации, в условиях нормальной нагрузки и профессиональным водителем, который обычно управляет данным транспортным средством.

Как правило, полезная нагрузка на транспортное средство принимается равной 50–60 % от максимальной грузоподъёмности транспортного средства.

Помимо указанного, Правилами ООН № 49–06 устанавливаются требования к условиям окружающей среды, а также требования к используемому топливу.

Пробег должен состоять из этапа движения в городских условиях с последующими этапами движения в сельской местности и на автомагистрали в пропорции, указанной в табл. 1, в зависимости от категории транспортного средства.

При этом скоростной режим транспортного средства при движении в городских условиях должен составлять 0–50 км/ч, при движении в сельской местности — 50–75 км/ч, при движении по автомагистрали — более 75 км/ч.

В качестве руководства для оценки пробега Правила ООН № 49–06 устанавливают следующее распределение характерной продолжительности этапов:

- ускорение — 26,9 % времени;
- замедление — 22,6 % времени;
- постоянная скорость — 38,1 % времени;
- остановка (скорость транспортного средства = 0) — 12,4 % времени.

Маршрут движения выбирают таким образом, чтобы испытание проводилось без перерыва в условиях постоянной регистрации данных в целях обеспечения минимальной продолжительности испытания, которая должна быть достаточно длительной, для того чтобы за это время можно было выполнить пятикрат-

Таблица 1. Соотношение участков движения с общим пробегом транспортного средства

Категория ТС	Этапы движения		
	Городской	Сельский	Магистральный
M_2 и M_3 , относящиеся к классам III и B	45 %	25 %	30 %
M_2 и M_3 , относящиеся к классам I, II или A	70 %	30 %	—
N_2	45 %	25 %	30 %
N_3	20 %	25 %	55 %

ную работу, выполняемую в режиме WHTC (Всемирный гармонизированный переменный цикл), определённом в Глобальных технических правилах № 4, или, в случае применимости, высвободить пятикратную контрольную массу CO_2 в кг/цикл в режиме WHTC.

В качестве методики оценки выбросов транспортных средств большой грузоподъёмности в эксплуатации целесообразно использовать методику, изложенную в приложении 8 к Правилам ООН № 49–06, однако данная методика призвана имитировать на двигателе испытательные нагрузки переменного цикла WHTC, поэтому данный цикл предъявляет требования к наличию в режимах движения режимов ускорения и режимов замедления, которые в совокупности составляют до 50 % времени испытаний.

Однако указанный режим было бы некорректно применять к транспортным средствам низких экологических классов (3 и ниже), поскольку в соответ-

ствии с сертификационными требованиями Правил ООН № 49 двигатели данных транспортных средств проходили испытания только в стационарных режимах европейского стационарного цикла ESC.

Таким образом, обнаруживается необходимость разработки специальной методики оценки выбросов вредных (загрязняющих) веществ транспортными средствами низких экологических классов (3 и ниже) в эксплуатации.

Для разработки ездового испытательного цикла для оценки выбросов вредных (загрязняющих) веществ автомобильной техникой категорий N_2 , N_3 , M_2 , M_3 в эксплуатации без использования испытательного стенда, имитирующего стационарные нагрузки на двигателе автомобиля, необходимо задать ряд условий, которые описаны в Правилах ООН № 49–06 для ездового испытательного цикла, имитирующего переменные нагрузки на двигатель.

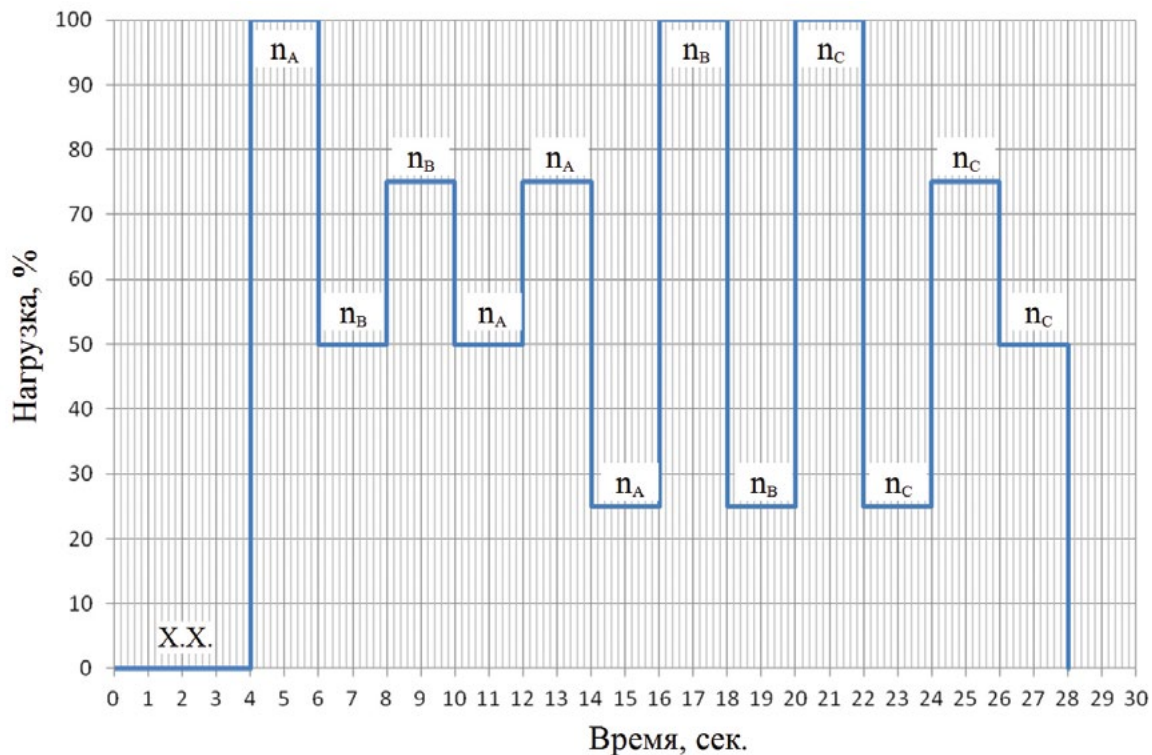


Рисунок 1. Работа двигателя на частотах вращения n_A , n_B и n_C

В частности, пробег должен состоять из этапа движения в городских условиях с последующими этапами движения в сельской местности и на автомагистрали в приблизительных пропорциях, указанных в табл. 1; скоростной режим транспортного средства должен составлять при движении в городских условиях 0–50 км/ч, при движении в сельской местности — 50–75 км/ч, при движении по автомагистрали — более 75 км/ч.

При этом, учитывая необходимость наиболее полной загрузки двигателя, скорость движения из указанных интервалов необходимо выбирать максимальную:

- при движении в городе ≈ 50 км/ч;
- при движении в сельской местности ≈ 75 км/ч;
- при движении по автомагистрали скорость следует ограничивать в соответствии с Правилами дорожного движения ≈ 90 км/ч.

Кроме того, принимая во внимание, что при стендовых испытаниях по испытательному циклу ESC двигатель работает в стационарных режимах и при этом режимы перехода от одной величины нагрузки к другой, а также от одной частоты вращения к другой при испытаниях не учитываются (для всех переменных режимов устанавливается временной отрезок на переход от одного режима к другому, равный 20 сек.), ездовой испытательный цикл для оценки выбросов в эксплуатации должен включать в себя режимы движения с постоянной нагрузкой и постоянной частотой вращения двигателя.

Переходные режимы при изменении движения не будут учитываться при задании испытательного цикла, однако регистрация данных по выбросам в переходных режимах должна вестись непрерывно.

Учитывая вышеизложенное, ездовые испытания автомобильной техники в эксплуатации необходимо осуществлять при движении транспортного средства по горизонтальной дороге на постоянных скоростях.

Основным условием для определения минимальной продолжительности испытаний следует принять эквивалентность работы, произведённой двигателем на испытательном стенде по испытательному циклу ESC, и работы, произведённой тем же двигателем в составе транспортного средства на испытательном участке пути.

Таким образом, на первом этапе оценивается работа двигателя на испытательном стенде, исходя из частот вращения, на которых работает двигатель при испытаниях по циклу ESC.

На следующем этапе определяется работа двигателя в составе транспортного средства при его движении на участке пути в описанных выше условиях.

Поскольку в соответствии с условиями испытательного цикла ESC двигатель проходит испытания на трёх стационарных частотах вращения n_A , n_B и n_C , для имитации работы двигателя на стенде при движении в условиях ездового испытательного цикла принимается, что на каждом участке пути (участок городского движения, участок движения в сельской местности, участок движения по автомагистрали) при движении автомобиля должны выдерживаться частоты вращения коленчатого вала двигателя n_A , n_B и n_C . При этом следует задать, что на каждом участке пути автомобиль должен в равных частях проезжать на частотах вращения n_A , n_B и n_C . Работа двигателя без учёта переходных режимов на частотах вращения n_A , n_B и n_C .

Таким образом, для выполнения условия эквивалентности работ Правилами ООН № 49–06 предусмотрен поправочный коэффициент, который учитывает погрешности при выполнении водителем ездового испытательного цикла, а также невозможность создания для двигателя нагрузок, близких к нагрузкам на испытательном стенде при заданных условиях движения. Согласно Правилам ООН № 49–06, двигатель автомобиля в течение ездового испытательного цикла должен выполнить пятикратную работу по отношению к двигателю на испытательном стенде.

Исходя из указанного выше определяется протяжённость ездового испытательного цикла, которую можно выразить зависимостью:

$$s = \frac{5 \cdot (P_A + P_B + P_C) \cdot 10^6 \cdot \eta_{тр}}{43,2 \cdot (\sum_{i=1}^3 F_{m_i} \cdot k_i)}$$

где P_A — максимальная мощность двигателя, развиваемая на частоте вращения n_A ; P_B — максимальная мощность двигателя, развиваемая на частоте вращения n_B ; P_C — максимальная мощность двигателя, развиваемая на частоте вращения n_C ; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; k_i — коэффициент, определяющий отношение длины соответствующего участка пути (участок городского движения, участок движения в сельской местности, участок движения по автомагистрали) к общей длине пути испытательного цикла, значения которого установлены в табл. 1;

$$F_{m_i} = \frac{(m_A \cdot v_A(n_A)_i^2 + V_{A(n_A)_i} + V_{A(n_B)_i} + V_{A(n_C)_i}) + 1250 \cdot C_x \cdot B_{max} \cdot h \cdot \rho_e \cdot (V_{A(n_A)_i}^2 + V_{A(n_B)_i}^2 + V_{A(n_C)_i}^2)}{108000}$$

где $V_{A(n_A)_i}$, $V_{B(n_B)_i}$, $V_{C(n_C)_i}$ — скорости автомобиля при частотах вращения двигателя n_A , n_B и n_C на соответствующем участке пути (участок городского движения, участок движения в сельской местности, участок движения по автомагистрали).

Таким образом, ездовой испытательный цикл для оценки выбросов вредных (загрязняющих) веществ автомобильной техникой категорий M_2 , M_3 ,

N_2 , N_3 для каждого конкретного оцениваемого транспортного средства будет зависеть от его характеристик.

Общими будут являться следующие условия ездового испытательного цикла:

1. Движение должно осуществляться по горизонтальной дороге.

2. Масса автомобиля при испытаниях определяется как сумма массы автомобиля в снаряжённом состоянии и 70 % от массы полезной нагрузки транспортного средства.

3. Скоростной режим транспортного средства должен составлять:

- при движении в городе ≈ 50 км/ч;
- при движении в сельской местности ≈ 75 км/ч;
- при движении по автомагистрали скорость следует ограничивать в соответствии с Правилами дорожного движения ≈ 90 км/ч.

4. Скорости движения должны быть постоянными и зависеть от частот вращения двигателя n_A , n_B и n_C и передаточных чисел трансмиссии.

5. Движение с частотами вращения двигателя n_A , n_B и n_C по возможности должно осуществляться на каждом участке пути (в городе, в сельской местности и на автомагистрали) на равных участках пути.

6. Работа двигателя в составе автомобиля при проведении испытаний с использованием ездового испытательного цикла должна быть пятикратной по сравнению с работой двигателя на стенде при проведении испытаний по стационарному циклу ESC.

7. Исходя из условий 5 и 6, с использованием вышеуказанных выражений определяется протяжённость ездового испытательного цикла для конкретного автомобиля.

Вышеописанный ездовой испытательный цикл после проведения анализа влияния различных характеристик автомобиля на ездовой испытательный цикл, а также после проведения сравнительных испытаний транспортных средств различных годов выпуска с использованием разработанного ездового испытательного цикла может быть использован для разработки методики оценки выбросов вредных (загрязняющих) веществ автомобильной техникой категорий M_2 , M_3 , N_2 , N_3 в эксплуатации.