

УДК 621.431

**ОБЗОР ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ТРЕБОВАНИЙ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ  
ВЕЩЕСТВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

OVERVIEW OF CURRENT AND UPCOMING REQUIREMENTS  
OF EXHAUST EMISSION LIMITATIONS FOR PASSENGER  
CARS ENGINES

**А. А. Корпач**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, проф.,

**А. А. Левковский**<sup>2</sup>, канд. техн. наук,

<sup>1</sup>Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

<sup>2</sup>ООО «Виннер Импортс Украина ЛТД» г. Киев, Украина

А. Корпач<sup>1</sup>, Ph.D. in Engineering, Professor,

O. Levkivskyi<sup>2</sup>, Ph.D. in Engineering,

<sup>1</sup>National Transport University, Ukraine, Kyiv,

<sup>2</sup>Limited Liability Company «Winner Imports Ukraine LTD»,  
Ukraine, Kyiv

*Рассмотрены экологические требования к выбросам вредных компонентов с отработавшими газами автомобильных двигателей действующие в странах Европы, выполнен анализ их изменений и перспектив дальнейшего совершенствования.*

*Considered environmental requirements for the emission of harmful components with exhaust gases of automotive engines which adopted in Europe, provided an analysis of their changes and prospects for further improvement.*

*Ключевые слова: двигатель, экологический стандарт, вредные выбросы.*

*Keywords: engine, environmental regulation, pollution.*

## ВВЕДЕНИЕ

Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобильных двигателей является актуальной научно-практической задачей. На сегодняшний день стандартизацией и контролем токсичности отработавших газов автомобильных двигателей занимается ряд

международных и региональных организаций: Европейская экономическая комиссия (ECE) в ЕС; Агентство по охране окружающей среды (EPA) в Северной Америке; Совет по воздушным ресурсам Калифорнии (CARB) в штате Калифорния США; Министерство охраны окружающей среды (MEP) в Китае; Центральный совет по контролю загрязнений (CPCB) в Индии. Требования экологических стандартов направлены на дальнейшее совершенствование систем управления двигателем и очистки отработавших газов с целью снижение выбросов вредных веществ.

## ОБЗОР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

В большинстве стран Европы действуют экологические нормы ЕВРО, которые были внедрены в пять этапов начиная с 1992 года. С 2015 года действует актуальный стандарт ЕВРО-6 [1] а в 2025 планируется внедрение нового экологического стандарта ЕВРО-7. Стандарты ЕВРО регламентируют выбросы как для двигателей с принудительным воспламенением, так и с воспламенением от сжатия.

Основные изменения в стандарте ЕВРО-6 для ДВС с воспламенением от сжатия коснулись снижения на 56 % выбросов оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ). Ограничения выбросов  $\text{NO}_x$  для данного типа двигателей было впервые внедрено в стандарте ЕВРО-3, в сравнении с которым снижено на 84 %. Суммарные выбросы оксидов углерода и оксидов азота ( $\text{HC}+\text{NO}_x$ ) в актуальном стандарте снизились на 26 % в сравнении с предыдущим, и на 83 % в сравнении с ЕВРО-1. Выбросы монооксидов углерода ( $\text{CO}$ ) не изменялись, начиная с стандарта ЕВРО-4. Количественные выбросы твердых частиц с отработавшими газами ( $\text{PN}$ ) впервые принятые в стандарте ЕВРО-5, остались без изменений (таблица 1).

Современная стратегия снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей с воспламенением от сжатия заключается в окислении  $\text{CO}$  и  $\text{HC}$  в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  при помощи двухкомпонентных каталитических нейтрализаторов с платино-палладиевым покрытием. Применение рециркуляции отработавших газов позволяет снизить объем кислорода и температуру в камере сгорания для ограничения выбросов  $\text{NO}_x$ . Последующая нейтрализация образовавшихся оксидов азота выполняется в результате ре-

акции с аммиаком ( $\text{NH}_3$ ) в селективном каталитическом нейтрализаторе с комбинированным медно-цеолитовым и платиново-палладиевого покрытием активной поверхности. Так же для нейтрализации  $\text{NO}_x$  применяются накопительные нейтрализаторы с покрытием активной поверхности оксидом бария ( $\text{BaO}$ ) [2].

Таблица 1 – Сравнение стандартов ЕВРО-5 и ЕВРО-6

Вредные вещества	ДВС с принудительным воспламенением		ДВС с воспламенением от сжатия	
	ЕВРО-5	ЕВРО-6	ЕВРО-5	ЕВРО-6
СО, мг/км	1000	1000	500	500
НС, мг/км	100	100	–	–
NMHC, мг/км	68	68	–	–
$\text{NO}_x$ , мг/км	60	60	180	80
НС + $\text{NO}_x$ , мг/км	–	–	230	170
PN, частиц/км	–	$6 \times 10^{11}$	$6 \times 10^{11}$	$6 \times 10^{11}$

Для снижения выбросов твердых частиц с отработавшими газами применяются сажевые фильтры, в которых частицы сажа накапливаются в режимах, когда температура отработавших газов недостаточна для полного окисления углерода с последующим окислением в диоксид углерода при подходящих температурных условиях. При необходимости блок управления ДВС может принудительно увеличивать температуру отработавших газов путем подачи дополнительной дозы топлива на такте расширения. Также для снижения температуры окисления углерода некоторые производители применяют дополнительные углеводородные присадки к топливу.

Основные изменения экологических требований для двигателей с принудительным воспламенением коснулись количества выбросов твердых частиц, которые до внедрения ЕВРО-6 для данных типов двигателей не регламентировались. Данное решение вызвано широким применением топливных системы с непосредственным впрыском в цилиндры ДВС с целью снижения расхода топлива. При непосредственном впрыске топлива выбросы твердых частиц возрастают в сравнении с традиционным впрыском во впускной коллектор. Первые 3 года после принятия ЕВРО-6, для адаптации автопроизводитель, было увеличено допустимое количество твердых частиц в отработавших газах до  $6 \times 10^{12}$  частиц/км.

Выбросы оксидов азота для данного типа двигателей в стандарте ЕВРО-6 не изменились в сравнении с ЕВРО-5, но на 60 % ниже чем в ЕВРО-3. Выбросы СО и НС не изменились, начиная с ЕВРО-4. Дополнительно начиная ЕВРО-5 измеряются массовые выбросы не метановых углеводородов (NMHC) (таблица 1).

Нейтрализация выброс  $\text{NO}_x$  СО и СН с отработавшими газами двигателей с принудительным воспламенением выполняется при помощи восстановления оксидов азота и окисления монооксидов углерода и углеводородов в каталитическом нейтрализаторе с покрытием активной поверхности родиевым и платино-палладиевым сплавом. Накопление и последующее окисление твердых частиц происходит в сажевых фильтрах, принцип действия которых аналогичный установленным в двигателях с воспламенением от сжатия [2].

Прогнозируется что в перспективном экологическом стандарте ЕВРО-7 будет дополнительно снижено массовые выбросы  $\text{NO}_x$  и СО для обоих типов двигателей, внедрено ограничения на компоненты отработавших газов, которые раньше не учитывались (например, нетоксичные парниковые газы), уменьшено минимальный размер твердых частиц (с 23 нм в текущем стандарте до 10 нм в перспективном) [3].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение современных экологических стандартов с более жесткими требованиями к выбросам вредных компонентов с отработавшими газами автомобильных двигателей стимулирует дальнейшее совершенствование конструкции ДВС что в свою очередь позволяет снизить негативное влияние автомобилей на окружающую среду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Commission regulation (EU) № 459/2012: Official Journal of the European Union. 2012. P. 142/16 – 142/24
2. A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards: International Council on Clean Transportation. – 2016. – 16 p.
3. Views on proposals for Euro 7 emission standard. European Automobile Manufacturers' Association: 2020. – 18 p.

Представлено 30.03.2021