

## ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 621.436:629.113

### ВВЕДЕНИЕ СТАНДАРТОВ НА ВЫБРОСЫ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКОЙ – ОДНО ИЗ ГЛАВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ И УЛУЧШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

**А.Н. КАРТАШЕВИЧ, В.А. БЕЛОУСОВ, А.А. СТРОГИН, А.В. КРАВЕЦ**  
(Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки)

*Представлен анализ наиболее экологически опасной проблемы конца XX века. Приведены нормы ЕРА, регламентирующие выбросы дизелей средней и большой мощности, а также нормы выбросов вредных веществ дизельными двигателями, используемые в Европейском Союзе. Представлены циклы испытаний различных стран мира. Приведены исторические справки по введению государственных стандартов. Произведен анализ экологической ситуации в Республике Беларусь и действующих в настоящий момент стандартов по нормированию выбросов вредных веществ дизельными двигателями.*

Загрязнение воздуха вредными выбросами двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в конце XX века стало одной из глобальных экологических проблем. В мировое воздушное пространство ежегодно выбрасывается свыше 300 млн. т окиси углерода, более 150 млн. т сернистого ангидрида, свыше 100 млн. т твердых частиц, более 50 млн. т окислов азота и многих других веществ, при этом на автотранспорт приходится более 60 % всех выбросов [1]. Особую опасность для жизнедеятельности человека представляют отработавшие газы (ОГ), содержащие твердые частицы, являющиеся канцерогенными. Канцерогенные свойства твердых частиц обусловлены не углеродом, а присутствием адсорбированных поверхностью канцерогенных активных веществ, таких как бенз(α)пирен (в  $3 \cdot 10^6$  раз токсичнее окиси углерода). Наибольшее количество твердых частиц и  $\text{NO}_x$  выбрасывается в атмосферу с ОГ дизельных ДВС, устанавливаемых на автотракторной технике.

**Цель работы** – улучшение экологической ситуации в Республике Беларусь путем введения стандартов нормирующих выбросы вредных веществ атмосферу с анализом имеющегося передового опыта в данной области.

В настоящее время одним из главных направлений по снижению выбросов токсичных компонентов в атмосферу является разработка стандартов на дымность и токсичность ОГ с целью установления предельно допустимых норм концентраций токсичных веществ (удельных выбросов токсичных веществ). Разработка этих стандартов на уровне правительств, законодательно ведется с 70-х годов прошлого века. Развитие этого направления дало свои результаты. Введение норм и правил, а также постоянное их ужесточение позволило снизить выбросы вредных веществ транспортными средствами. Современные автомобили ведущих фирм Европы и США выбрасывают в атмосферу в 15 раз меньше вредных веществ, чем те, которые выпускались 15...20 лет назад.

Впервые нормирование токсичности ОГ и картерных газов, ограничивающее выбросы  $\text{CO}$  и  $\text{C}_n\text{H}_m$  бензиновых двигателей, было введено в 1959 г. в штате Калифорния США. В 1968 г. данный стандарт был утвержден как государственный (федеральный стандарт). Затем был введен стандарт ЕРА (Агентство по охране окружающей среды США) 1988 года на выбросы твердых частиц (не более 0,8 г/кВт·ч), который производители ДВС восприняли как возможный конец дизеля и как «непреодолимую стену».

Однако многие часы стендовых испытаний и тысячи километров пробеговых испытаний показали ошибочность этого мнения. Последовавшие стандарты ЕРА 1990, 1991, 1994 годов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормы ЕРА выбросов дизелей средней и большой мощности (г/кВт·ч)

Год	$\text{CO}$	$\text{C}_n\text{H}_m$	$\text{NO}_x$	Твердые частицы
1990	21,0	1,8	8,1	0,81
1991	21,0	1,8	6,8	0,34
1994	21,0	1,8	6,8	0,14

Аналогичным образом и европейские страны вели разработку таких стандартов. В 1970 г. Европейской Экономической комиссией ООН были рекомендованы единые для государств Европы Правила

оценки токсичности ОГ и картерных газов (Правила № 15 и № 49). Затем были введены европейские нормы на выбросы токсичных веществ и дымность ОГ «Европейские директивы 70/220/ЕЕС, 88/77/ЕЕС, 93/59/ЕЕС, 98/69/ЕЕС, 1999/96/ЕЕС» с перспективой до 2010 года [3], которые регламентировали выбросы токсичных компонентов различных типов транспортных средств: легковых автомобилей, легких коммерческих грузовиков и т.д.

Европейские стандарты Euro 1...5, регламентирующие выбросы токсичных компонентов ОГ тяжелых грузовиков и городских автобусов, приведены в табл. 2. Стандарты принимаются Евросоюзом заранее и определяются с учетом достигнутого совершенства конструкции двигателя, технических возможностей эксплуатационных служб и с учетом экономической целесообразности. Постоянное ужесточение норм на токсичность и дымность ОГ является одним из главных факторов, стимулирующих производителей двигателей улучшать их экологические показатели.

Таблица 2

Нормы выбросов вредных веществ дизельными двигателями

Стандарт	Год и категория	Цикл тестирования	Уровень выбросов, г/кВт·ч				Дымность, м <sup>-1</sup>
			СО	NO <sub>x</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Твердые частицы	
Euro 1	1992, менее 85 кВт	ECE R-49	4,5	8,0	1,1	0,612	
	1992, более 85 кВт		4,5	8,0	1,1	0,36	
Euro 2	1996, 10		4,0	7,0	1,1	0,25	
	1998, 10		4,0	7,0	1,1	0,15	
Euro 3	1999, 10, только EEV	ESC & ELR	1,5	2,0	0,25	0,02	0,15
	2000, 10		2,1	5,0	0,66	0,13	0,8
Euro 4	2005, 10		1,5	3,5	0,46	0,02	0,5
Euro 5	2008, 10		1,5	2,0	0,46	0,02	0,5

Стандарты кроме предельно допустимых норм содержат также цикл, по которому проходит испытание двигатель или транспортное средство (он должен максимально учитывать условия эксплуатации); аналитические зависимости, по которым проводится подсчет результатов. Испытательные циклы регламентируют скоростные и нагрузочные параметры, при которых будет определяться концентрация токсичных веществ в ОГ. В зависимости от характера изменения нагрузки и скорости циклы могут быть разделены на постоянные и переменные. Постоянные задаются неизменной скоростью и нагрузкой. Опыты проводятся несколько раз, а затем определяется среднее значение. В переменных циклах изменяется как скорость, так и нагрузка. Результат получают либо путём сбора проб в пластиковые ёмкости с последующим их анализом, либо с помощью электронных приборов, позволяющих быстро определять концентрацию токсичных веществ в ОГ непосредственно на испытательном стенде. Предельные нормы выброса токсичных веществ измеряются в граммах на единицу пути (г/км) или на единицу мощности (г/кВт). Испытательные циклы, используемые в некоторых странах, представлены в табл. 3 [3].

Из вышеизложенного следует, что развитые западные страны широко используют данное направление для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу. И это направление находит все большее применение во всем мире.

В Беларуси в 2001 году в атмосферу выброшено 927 тыс. т вредных веществ, при этом доля передвижных источников составляет 70 % от общего объёма. Объясняется это тем, что Беларусь обладает развитой транспортной сетью. Протяженность ее автомобильных дорог превышает 180 тыс. км, а их площадь приблизительно равна 207,6 км<sup>2</sup>. По объёму транспортных перевозок республика занимает пятое место в Европе, и по данным [4] количество твердых частиц, выбрасываемое с ОГ дизельных транзитных автопоездов, следующих только по автомагистрали М-1, составляет более 1750 кг/км·год. Среднегодовое содержание бенз(а)пирена, рассчитанное по 12 городам республики, превышает ПДК в 2,5...3 раза; разовые концентрации пыли, оксидов углерода, фенола, аммиака превышали ПДК в 1,5...2,5 раза, а оксидов азота – в 4...6 раз.

При этом в настоящее время в Республике Беларусь не разработаны нормы на токсичность и дымность ОГ, которые отражали бы современное состояние вопроса экологической ситуации в республике. Примером тому служат некоторые государственные стандарты: ГОСТ 17.2.2.02-98 и ГОСТ 17.2.2.05-97, регламентирующие выбросы на внедорожной технике (табл. 4). Недостаток данных стандартов не в том, что они менее жесткие, чем Европейские директивы и стандарты США, а в том, что можно ли вообще проводить это сравнение. Как видно из табл. 3, каждое государство имеет свои циклы испытаний и регламентирует выбросы в соответствии с этими циклами.

Беларусь также пошла по этому пути, взяв циклы испытаний из стандартов бывшего СССР, которые значительно устарели и вызывают ряд нареканий в объективности оценки экологической опасности дизеля. Поэтому отечественным автотракторным производителям приходится руководствоваться либо жесткими нормами «Европейских директив», не учитывающих современное экономическое состояние страны, либо требованиями на токсичность и дымность ОГ бывшего СССР.

Таблица 3

Испытательные циклы для ДВС

Испытательный цикл	Описание	Примечания
<b>США</b>		
FTP Transient	Переменный испытательный цикл проводится на беговом барабане. Повторяет движение как по городу, так и по шоссе. Используется для сертификации тяжелых дизельных двигателей в США	Изменяется скорость и нагрузка
Nonroad Transient Cycle (NRTC)	Переменный испытательный цикл проводится на беговом барабане. Используется для внедорожных транспортных средств	Изменяется скорость и нагрузка
<b>Евросоюз</b>		
ECE + EUDC	Комбинированный испытательный цикл. Проводится на беговом барабане, используется для определения выбросов транспортными средствами и сертификации в Европе. Состоит из четырех ECE Urban Driving Cycles и одного Extra Urban Driving Cycle (EUDC), повторяющего движение по шоссе	Изменяется скорость
ECE R-49	Постоянный цикл. Включает 13 уровней испытаний на барабанном стенде. Использовался для сертификации тяжелых грузовиков до 2000 года	
ESC (OICA)	Новый постоянный цикл. Используется для сертификации грузовиков и автобусов	
ELR	Используется с 2000 года для определения дымности и сертификации тяжелых дизельных двигателей	
ETS (FIGE Transient)	Новый переменный цикл, используется совместно с ESC для сертификации грузовиков и автобусов	Изменяется скорость и нагрузка
<b>Япония</b>		
10-15 Mode cycle	Переменный испытательный цикл. Проводится в условиях городского движения, используется для определения выбросов вредных веществ легкими транспортными средствами и сертификации в Японии	Изменяется скорость
6-Mode cycle	Два 6-mode cycles использовались в Японии для тяжелых транспортных средств весом более 2,5 т и перевозящих более 10 человек. Один цикл для дизельных двигателей, один – для бензиновых. Результаты цикла выражались ppm	
13-Mode cycle	Новейший цикл для тяжелых транспортных средств, заменивший 6-mode cycles. Результаты цикла выражаются в г/кВт	
<b>Международный</b>		
ISO 8178	Испытательный цикл состоит из нескольких уровней барабанных испытаний. Используется для некоторых внедорожных двигателей, представленных в Европе и США	

Таблица 4

Выбросы загрязняющих веществ дизельных двигателей, используемых на внедорожной технике, г/кВт·ч

Мощность двигателя	Время введения	CO	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
130...560 кВт	1999.01	5,0	1,3	9,2	0,54
75...130 кВт	1999.01	5,0	1,3	9,2	0,70
37...75 кВт	1999.04	6,5	1,3	9,2	0,85

В сложившейся ситуации возможный путь решения данной проблемы – принятие в Белоруссии Европейских испытательных циклов совместно с менее жесткими уровнями выбросов вредных веществ, учитывающих экономическую ситуацию в республике, что позволит в дальнейшем легко довести имеющиеся стандарты до уровня Европейских при соответствующем росте и развитии экономики республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаенко А.В. Улучшение топливно-энергетических и экологических показателей автотракторных двигателей: Учеб. пособие / Ленинградский с.-х. ин-т. – Л., 1990. – 47 с.
2. Американские дизелестроители и нормы EPA на 1991 – 1994 гг. // Автомобильная промышленность США. – 1990. – № 4. – С. 17 – 197.
3. <http://www.DieselNet.com>
4. Карташевич А.Н., Белоусов В.А., Сушнев А.А. Загрязнение почв тяжелыми металлами вдоль автомагистралей Республики Беларусь // Природные ресурсы. – 1998. – № 1. – С. 114 – 119.