

НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНЕДОРОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ: ТОЧКА ЗРЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЕЙ

Материал подготовил к.т.н. Г.В. Мельник

Одним из главных ориентиров при разработке двигателей в настоящее время являются нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ. В особенности это касается производителей двигателей для транспортной техники внедорожного применения. Эти двигатели (с учетом чрезвычайно широкого диапазона их применения) должны удовлетворять требованиям множества различных нормативных документов. Тем самым необходимость согласования международного законодательства в данной области становится одним из главных условий успеха на мировом рынке.

Именно поэтому для Европейской Ассоциации производителей двигателей внутреннего сгорания EUROMOT, представляющей производителей двигателей для внедорожных машин (NRMM — Non Road Mobile Machinery) и имеющих свои производства в Европе, одним из основных приоритетов становится гармонизация международных норм для транспортных двигателей внедорожного применения.

Данная работа освещает текущее состояние процесса пересмотра основных международных нормативов, в частности Директивы 97/68/ЕС и дополнений, касающихся тепловозных дизелей и двигателей речных судов, Технического Кодекса IMO-NO_x для морских судов, а также Готенбургского протокола для стационарных двигателей. EUROMOT объединяет производителей всех видов ДВС для стационарных установок, сухопутного и водного транспорта.

Для стационарных двигателей нормы устанавливаются как предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в мг/м³, для транспортных как удельный средневзвешенный предельно допустимый выброс (СПДВ) в г/кВт·ч.

В течение многих лет EUROMOT работает над международными стандартами совместно с такими организациями, как Евросоюз, экономическая комиссия ООН для Европы (UNECE), IMO и Центральная комиссия по навигации на Рейне (CCNR). Кроме того, EUROMOT ведет постоянный диалог с национальными правительствами по вопросам, касающимся разработки новых технологий в области реальных возможностей внедрения международных экологических стандартов.

СТАЦИОНАРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

30 апреля 2007 г. вступили в силу Рекомендации по охране окружающей среды, здоровья и без-

опасности — EHS (Environmental, Health and Safety) Guidelines, выпущенные Международной финансовой корпорацией (IFC), представляющей частный сектор Всемирного Банка. Они были включены в Часть III Руководства по предотвращению и смягчению последствий загрязнения окружающей среды — PPAH (Pollution Prevention and Abatement Handbook), фактически получив, таким образом, статус международного стандарта.

Одним из документов этого руководства являются рекомендации по качеству атмосферного воздуха. В табл. 1 представлены требования этого документа в отношении источников значительного загрязнения воздуха. Таковыми считаются установки (в пределах одного здания), годовые выбросы которых превышают: PM₁₀ — 50 т, NO_x — 500 т, SO₂ — 500 т (эти цифры могут быть изменены национальными законодательствами), а также источники тепла с эффективной тепловой мощностью 50 МВт и более. Установки мощностью менее 3 МВт должны соответствовать данным требованиям по мере возможности, а установки мощностью свыше 50 МВт регулируются специальными правилами IFC.

Таблица 1

Компонент	Период усреднения	ПДК в мг/м ³
Двуокись серы (SO ₂)	1 год	50
	24 часа	125
	10 минут	500
Двуокись азота (NO ₂)	1 год	40
	1 час	200
Частицы (PM ₁₀)	1 год	20
	24 часа	50
Озон (O ₃)	Не более 8 часов в день	100

Рекомендации EHS распространяются также на мелкие (от 3 до 50 МВт) источники тепла, работающие более 500 ч в году, а также на установки с утилизацией количества тепла более 30%. Значения ПДК для таких источников приведены в табл. 2.

Таблица 2

Топливо	PM	SO ₂	NO _x	Содержание O ₂ в сухом газе, %
	мг/нм ³			
Газообразное	—	—	200	15
Жидкое	50 или 0,15 г/кВт·ч	860 или 1,5 % S A: 570 или 1 % S B: 280	1460 A: 740 B: 300 или 1,6 г/кВт·ч	15

Пересмотр Готенбургского протокола

Протокол по уменьшению кислотообразования, эвтрофикации и озонирования нижнего слоя атмосферы (так называемый Готенбургский протокол), вступивший в силу в 2005 г., является одним из приложений к Конвенции по предупреждению трансграничного загрязнения воздуха, принятой Экономической Комиссией ООН для Европы.

Этот документ устанавливает жесткие пределы для выбросов SO_x, NO_x, летучих органических соединений (VOC) и аммиака на 2010 г. Ход реализации и выполнимость отдельных требований протокола ежегодно рассматриваются Исполнительным комитетом с учетом научно-технических достижений и экономической ситуации.

Непосредственно ДВС касаются следующие приложения к Готенбургскому протоколу для стационарных источников: приложение IV — ПДК SO_x, приложение VI — ПДК VOC и приложение V — ПДК NO_x (табл. 3).

Таблица 3

Тип двигателя	ПДК, мг/нм ³ при 5 % O ₂
Четырехтактные двигатели с искровым зажиганием тепловой мощностью более 1 МВт	
— работающие на бедной смеси	250
— прочие двигатели	500
Двигатели с самовоспламенением от сжатия тепловой мощностью более 5 МВт	
— топливо: природный газ (двигатели с искровым зажиганием)	500
— топливо: тяжелое	600
— топливо: дизельное или газойль	500

В настоящее время приложения к Готенбургскому протоколу пересматриваются с участием всех заинтересованных сторон.

ПЕРЕСМОТР НОРМ ВЫБРОСОВ ЕРА (США)

В положениях, касающихся стационарных дизелей (они были опубликованы 11 июля 2006 г.), ПДК NO_x и РМ для двигателей с объемом цилиндра ≥ 30 л были увеличены по сравнению с исходными (планируемыми) значениями, и составили соответственно:

NO_x не более 1,6 г/кВт·ч (около 200 мг/нм³ при O₂ = 15 %) т. е. снижение NO_x на 90 %;

РМ не более 0,15 г/кВт·ч (около 20 мг/нм³ при O₂ = 15 %).

Содержание серы в топливе окончательно установлено на уровне 500 ppm (0,05 %) в отличие от двигателей меньшего класса мощности, для которых содержание серы составляет 15 ppm, за исключением некоторых территорий, где мало-сернистое топливо фактически недоступно.

В табл. 4 приведены значения СПДВ, которые распространяются на 2007 модельный год и далее применительно к двигателям мощностью менее 3000 л. с. (кроме аварийных), и к двигателям,

Таблица 4

Максимальная мощность, кВт	Модельный год	NMHC + NO _x	NMHC	NO _x	CO	PM
< 8	2007	7,5	—	—	8,0	0,80
	2008+	—	—	—	—	0,40
8 ≤ P < 19	2007	—	—	—	6,6	0,80
	2008+	—	—	—	—	0,40
19 ≤ P < 37	2007	7,5	—	—	5,5	0,60
	2008–2012	—	—	—	—	0,30
	2013+	—	—	—	—	0,03
37 ≤ P < 56	2007	7,5	—	—	5,0	0,40
	2008–2012	4,7	—	—	—	0,30*
	2013+	—	—	—	—	0,03
56 ≤ P < 75	2007	7,5	—	—	—	0,40
	2008–2011	4,7	—	—	—	—
	2012–2013	—	0,19**	0,40**	5,0	0,02
	2014+	—	0,19	0,40	—	—
75 ≤ P < 130	2007	4,0	—	—	—	0,30
	2008–2011	—	—	—	—	—
	2012–2013	—	0,19**	0,40**	5,0	0,02
	2014+	—	0,19	0,40	—	—
130 ≤ P < 560	—	4,0	—	—	3,5	0,20
	—	—	0,19**	0,40**	—	0,02
	—	—	0,19	0,40	—	—
P > 560	2007–2010	6,4	—	—	3,5	0,20
	Кроме дизель-генераторов	2011–2014	—	0,40	3,5	—
Дизель-генераторы 560 < P ≤ 900	2015+	—	0,19	3,5	—	0,04
	2007–2010	6,4	—	—	3,5	0,20
	2011–2014	—	0,40	3,5	—	0,10
Дизель-генераторы P > 900	2015+	—	0,19	0,67	—	0,03
	2007–2010	6,4	—	—	3,5	0,20
2011–2014	—	—	0,40	0,67	—	0,10
	2015+	—	0,19	—	—	0,03

* Для дизелей мощностью 37–56 кВт СПДВ по РМ (0,30 г/кВт·ч) может быть превышена. Но в этом случае требование 0,03 г/кВт·ч вступает для них в силу на год раньше, т. е. в 2012 г. До 2012 г. действует стандарт Tier 3 (0,40 г/кВт·ч).

** 50 % произведенных двигателей должны удовлетворять требованиям по NO_x+NMHC, а остальные 50 % — отдельно по NO_x и NMHC.

имеющим объем цилиндра менее 10 л, а также на 2011 модельный год и далее применительно к двигателям мощностью более 3000 л. с., и к двигателям, имеющим объем цилиндра более 10 л.

В табл. 5 приведены значения СПДВ, которые распространяются на модельные годы до 2007, применительно к двигателям с объемом цилиндра менее 10 л, а также на модельные годы 2007–2010 применительно к двигателям мощностью более 3000 л. с., и к двигателям, имеющим объем цилиндра более 10 л.

Значения СПДВ на 2007 модельный год и далее применительно к двигателям с рабочим объемом цилиндра от 10 до 30 л приведены в табл. 6

В настоящее время лишь немногие страны ввели прямые законодательные ограничения на выбросы вредных веществ стационарными двигателями с учетом сохранения баланса между требованиями экологии, экономики и энергообеспечения.

Таблица 5

Максимальная мощность, кВт	Модельный год	NMHC + NO _x	NMHC	NO _x	CO	PM
		г/кВт·ч				
< 8	2007–2010	10,5	—	—	8,0	1,0
8 ≤ P < 19	2007–2010	9,5	—	—	6,6	0,80
19 ≤ P < 37	2007–2010	9,5	—	—	5,5	0,80
37 ≤ P < 56	2007–2010	—	—	9,2	—	—
56 ≤ P < 75	2007–2010	—	—	9,2	—	—
75 ≤ P < 130	2007–2010	—	—	9,2	—	—
130 ≤ P < 225	2007–2010	—	1,3	9,2	11,4	0,54
225 ≤ P < 450	2007–2010	—	1,3	9,2	11,4	0,54
450 ≤ P ≤ 560	2007–2010	—	1,3	9,2	11,4	0,54
P > 560	2007–2010	—	1,3	9,2	11,4	0,54

Таблица 6

Объем цилиндра V _ц , л	THC + NO _x	CO	PM
	г/кВт·ч		
5,0 ≤ V _ц < 15,0	7,8	5,0	0,27
15,0 ≤ V _ц < 20,0	8,7	5,0	0,50
20,0 ≤ V _ц < 25,0	9,8	5,0	0,50
V _ц < 30,0	11,0	5,0	0,50

При ограничении уровня СПДВ рекомендуется принимать во внимание следующие аспекты:

- ✓ существующую инфраструктуру, в том числе доступность возобновляемых топлив на данный момент;

- ✓ техническую достижимость заданных целевых показателей с учетом экономических соображений;

- ✓ стандартные условия по содержанию O₂ с учетом мощности двигателя (для ДВС EUROMOT рекомендует установить СПДВ при O₂ = 15 % в сухих отработавших газах);

- ✓ исключение в обоснованных случаях агрегатов аварийного питания, учитывая также возможный дефицит газа для газодизелей;

- ✓ исключение агрегатов, работающих в режиме покрытия пиковой нагрузки до 500 ч/год;

- ✓ учет выбросов парникового газа (CO₂) с корректировкой этого показателя для двигателей с высоким КПД;

- ✓ необходимость уделять основное внимание «внутренним» или «сухим» способам снижения выбросов;

- ✓ нормирование СПДВ в зависимости от местных требований к качеству воздуха (город, сельская местность и т. п.);

- ✓ нормирование СПДВ в зависимости от мощности станции;

- ✓ корректирующие коэффициенты для двигателей с высоким КПД.

Для дизелей рекомендуется ввести градации SG в зависимости от:

- ✓ качества топлива — мазут, дизельное топливо, биотопливо, различные виды газа (сжиженный, природный газ высокого/низкого давления) и т. п.);

- ✓ диапазона тепловой мощности (EUROMOT рекомендует следующие категории: 1–5 МВт_{тм}, 5–50 МВт_{тм} и > 50 МВт_{тм}).

Для двигателей с искровым зажиганием рекомендуется ввести градации СПДВ в зависимости от:

- ✓ конструкции (λ = 1 или работа на бедной смеси);

- ✓ вида топлива (природный газ, биогаз, сжиженный газ и т. п.).

ДВИГАТЕЛИ ВНЕДОРОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Пересмотр требований ЕРА (США) и ЕС

В табл. 7 приведены пересмотренные нормы СПДВ ЕРА (США) для дизелей всех категорий, за исключением тепловозных, судовых мощностью менее 37 кВт (50 л. с.), двигателей, используемых на подземных работах, а также двигателей с рабочим объемом цилиндра менее 50 см³ (типичное применение — авиамодели).

Все нормативы и сроки ввода их в действие увязываются с фактом использования производителем банковских кредитов, при этом новые требования вводятся поэтапно. Соответствие двигателя заданным требованиям должно обеспечиваться в течение всего срока его службы.

Термин «внедорожные» является достаточно широким и охватывает все виды машин, исключая автомобили. Передвижное оборудование должно быть переносным или транспортабельным, т. е. допускать возможность переноски или перемещения на другое место.

На вспомогательные судовые двигатели данные нормы распространяются с учетом их назначения (имеется в виду работа при постоянной или при переменной частоте вращения).

Выбросы двигателей внедорожного применения в Европе регулируются следующими директивами ЕС:

- Директива 97/68/ЕС распространяется на дизельные двигатели мощностью от 18 до 560 кВт для внедорожных машин, за исключением двигателей транспортных средств, регулируемых Директивами 70/156/ЕЕС и 92/61/ЕЕС, двигателей тракторов сельскохозяйственного назначения, регулируемых Директивой 2000/25/ЕС, а также судовых и тепловозных дизелей, авиадвигателей и дизель-генераторов;

- Директива 2001/63/ЕС является развитием Директивы 97/68/ЕС с учетом достигнутого технического прогресса; в частности, уточнены Приложения III и IV в связи с пересмотром документа UNECE R96;

- Директива 2002/88/ЕС распространяется, кроме прочего, на выбросы дизельных двигателей мощностью от 18 до 560 кВт для привода компрессоров, мотор-генераторов (в том числе

Таблица 7

Мощность P_N , кВт	Дата	NO _x	HC	NO _x +NMHC	CO	PM
		г/кВт·ч				
Tier 1						
$P_N < 8$	2000	—	—	10,5	8,0	1,0
$8 \leq P_N < 19$	2000	—	—	9,5	6,6	0,8
$19 \leq P_N < 37$	1999	—	—	9,5	5,5	0,8
$37 \leq P_N < 75$	1998	9,2	—	—	—	—
$75 \leq P_N < 130$	1997	9,2	—	—	—	—
$130 \leq P_N < 560$	1996	9,2	1,3	—	11,4	0,54
$P_N > 560$	2000	9,2	1,3	—	11,4	0,54
Tier 2						
$P_N < 8$	2005	—	—	7,5	8,0	0,8
$8 \leq P_N < 19$	2005	—	—	7,5	6,6	0,8
$19 \leq P_N < 37$	2004	—	—	7,5	5,5	0,6
$37 \leq P_N < 75$	2004	—	—	7,5	5,0	0,4
$75 \leq P_N < 130$	2003	—	—	6,6	5,0	0,3
$130 \leq P_N < 225$	2003	—	—	6,6	3,5	0,2
$225 \leq P_N < 450$	2001	—	—	6,4	3,5	0,2
$450 \leq P_N \leq 560$	2002	—	—	6,4	3,5	0,2
$P_N > 560$	2006	—	—	6,4	3,5	0,2
Tier 3						
$P_N < 8$	дальнейшее снижение не предусмотрено					
$8 \leq P_N < 19$	дальнейшее снижение не предусмотрено					
$19 \leq P_N < 37$	дальнейшее снижение не предусмотрено					
$37 \leq P_N < 75$	2008	—	—	4,7	5,0	0,4
$75 \leq P_N < 130$	2007	—	—	4,0	5,0	0,3
$130 \leq P_N \leq 560$	2006	—	—	4,0	3,5	0,2
$P_N > 560$	дальнейшее снижение не предусмотрено					
Tier 4 — промежуточный этап						
$19 \leq P_N < 37$	2008	7,5	—	—	5,5	0,30
$37 \leq P_N < 56$	2008	—	—	4,7	5,0	0,30
$56 \leq P_N < 130$	2012	3,4	0,19	—	5,0	0,02
$130 \leq P_N \leq 560$	2011	2,0	0,19	—	3,5	0,02
$P_N > 560$	2011	3,5	0,4	—	3,5	0,10
Tier 4 промежуточный этап — д/г						
$P_N > 900$	2011	0,67	0,4	—	3,5	0,1
Tier 4						
$P_N < 8$	2008	—	—	7,5	8,0	0,4*
$8 \leq P_N < 19$	2008	—	—	7,5	6,6	0,4
$19 \leq P_N < 37$	2013	—	—	4,7	5,5	0,03
$37 \leq P_N < 56$	2013	—	—	4,7	5,0	0,03
$56 \leq P_N < 130$	2015**	0,4	0,19	—	5,0	0,02
$130 \leq P_N \leq 560$	2014***	0,4	0,19	—	3,5	0,02
$P_N > 560$	2015	3,5	0,19	—	3,5	0,04
Tier 4 — д/г						
$P_N > 560$	2015	0,67	0,19	—	3,5	0,04

* Двигатели воздушного охлаждения с прямым впрыском, запускаемые вручную, могут быть сертифицированы на Tier 2 до 2009 г., и, начиная с 2010 г. (факультативно) — на повышенные требования к РМ (до 0,6 г/кВт·ч).

** РМ/СО: полное соответствие начиная с 2012 г.; NO_x/НС: вариант 1 (при использовании банковских кредитов для перехода на Tier 2) — 50 % двигателей должны соответствовать требованиям в 2012–2013 гг.; вариант 2 (при отсутствии заявок на банковское кредитование для перехода на Tier 2) — 25 % двигателей должны соответствовать требованиям в 2012–2014 гг., при этом полное соответствие должно быть обеспечено с 31.12.2014.

*** РМ/СО: полное соответствие начиная с 2011 г.; NO_x/НС: 50 % двигателей должны соответствовать требованиям в 2011–2013 гг.

для холодильных и сварочных агрегатов), водяных насосов, газонокосилок, снегоуборочных и подметальных машин.

Таблица 8

Мощность P_N , кВт	Дата	NO _x	HC	NO _x +NMHC	CO	PM
		г/кВт·ч				
Этап I						
$37 \leq P_N < 75$	04.1999	9,2	1,3	—	6,5	0,85
$75 \leq P_N < 130$	1999	9,2	1,3	—	5,0	0,70
$130 \leq P_N \leq 560$	1999	9,2	1,3	—	5,0	0,54
Этап II						
$18 \leq P_N < 37$	2001	8,0	1,5	—	5,5	0,8
$37 \leq P_N < 75$	2004	7,0	1,3	—	5,0	0,4
$75 \leq P_N < 130$	2003	6,0	1,0	—	5,0	0,3
$130 \leq P_N \leq 560$	2002	6,0	1,0	—	3,5	0,2
Этап III A						
$19 \leq P_N < 37$	2007	—	—	7,5	5,5	0,6
$37 \leq P_N < 75$	2008	—	—	4,7	5,0	0,4
$75 \leq P_N < 130$	2007	—	—	4,0	5,0	0,3
$130 \leq P_N \leq 560$	2006	—	—	4,0	3,5	0,2
Этап III B						
$37 \leq P_N < 56$	2013	—	—	4,7	5,0	0,025
$56 \leq P_N < 75$	2012	3,3	0,19	—	5,0	0,025
$75 \leq P_N < 130$	2012	3,3	0,19	—	5,0	0,025
$130 \leq P_N \leq 560$	2011	2,0	0,19	—	3,5	0,025
Этап IV						
$56 \leq P_N < 130$	10.2014	0,4	0,19	—	5,0	0,025
$130 \leq P_N \leq 560$	2014	0,4	0,19	—	3,5	0,025

* Срок допуска двигателей на рынок; типовая сертификация должна быть проведена не позднее чем за год до этого.

Что касается Директивы 2002/88/ЕС, то здесь (при определенных условиях) исключение делается для дизельных двигателей, идущих на ремоторизацию.

Директива 2004/26/ЕС определяет СПДВ двигателей внедорожного применения на этапах IIIA, IIIB и IV.

Нормы выбросов и сроки их введения приведены в табл. 8.

Не позднее 31 декабря 2007 г. комитет по защите окружающей среды должен был представить проект новой редакции Директивы 2004/26/ЕС, а также, при необходимости, соответствующие предложения для Европарламента и ЕС. Пересмотр настоящей директивы ставит перед собой следующие цели:

✓ заново оценить потенциальный вклад внедорожных машин в загрязнение воздуха, обратив особое внимание на возможность перепроверки результатов и корректирующих коэффициентов;

✓ рассмотреть с точки зрения соотношения цена—эффективность потенциал существующих технологий для достижения СПДВ, установленных для этапов III B и IV, и оценить необходимость более гибкого подхода при назначении сроков ввода в действие норм для отдельных видов двигателей внедорожных машин, в том числе с учетом их сезонного использования;

✓ оценить использование испытательных циклов применительно к двигателям автотрициклов и тепловозов, а также, в последнем случае, — технико-экономическую целесообразность даль-

нейшего ужесточения норм с учетом возможностей применения каталитической очистки ОГ тепловозов для снижения NO_x ;

✓ рассмотреть необходимость дальнейшего ограничения выбросов для двигателей речных судов с учетом технико-экономической целесообразности применения «внешних» средств газочистки;

✓ рассмотреть необходимость нормирования СПДВ для двигателей мощностью менее 19 кВт и более 560 кВт;

✓ оценить доступность топлив, которые необходимы для применения методов снижения выбросов, обеспечивающих достижение СПДВ на уровнях, предусмотренных на этапах III и IV;

✓ рассмотреть условия работы двигателя, при которых можно будет допустить некоторое превышение СПДВ, определить величины этого превышения и представить предложения по соответствующей корректировке Директивы;

✓ рассмотреть необходимость системы оценки соответствия находящихся в эксплуатации двигателей установленным требованиям и возможные варианты ввода в действие такой системы.

Одной из наиболее острых проблем, с точки зрения гармонизации европейских и американских норм, является доступность в Европе топлив с особо низким содержанием серы (ULSD).

Международные нормы СПДВ для двигателей внедорожного передвижного применения должны опираться на гармонизированные стандарты по топливам, при этом должны быть определены сроки ввода в действие этих норм. Несогласованность стандартов по топливам приведет именно к тем последствиям, которых законодатели пытаются избежать с помощью гармонизации норм. EUROMOT и Американская Ассоциация Производителей Двигателей (ЕМА) пришли к совместному выводу о негативных последствиях отсутствия гармонизации при вводе в действие новых нормативов, а именно:

✓ рост затрат на топливо из-за необходимости чаще менять фильтры сажи;

✓ рост затрат на техобслуживание — по той же причине;

✓ рост затрат на НИР по разработке дизелей и фильтров сажи, приспособленных для работы на топливах с содержанием серы 50 ppm.

В результате такой евроценарий обернется существенными дополнительными расходами для потенциальных потребителей двигателей, отвечающих требованиям Этапа III В.

Поэтому автомобильная промышленность остро нуждается в том, чтобы топливо ULSD с содержанием серы 10 ppm оказалось на рынке не позднее 1 января 2009 г.

С точки зрения основных целей нового законодательства требования автомобильной промышленности к перспективным нормам выбросов двигателей внедорожного применения сводятся к следующему:

✓ максимально возможная гармонизация требований в мировом масштабе с учетом специфики рынка;

✓ сохранение без изменений установленных величин СПДВ и сроков ввода их в действие;

✓ вывод определенных групп двигателей (например, двигателей узкоколейных тракторов) из-под действия новых нормативов.

✓ применение существующих методов измерения выбросов и испытательных циклов, установленных ИСО 8178;

✓ гармонизация требований к двигателям, находящихся в эксплуатации.

Изучение технологий очистки отработавших газов от NO_x и рекомендации по их модернизации

Предстоящий пересмотр Директивы ЕС для NRMM 97/68/ЕС должен привести к значительному улучшению качества атмосферного воздуха. Вместе с тем с учетом существующих документов AAQD (Analysis Air Quality Division) и NECD (National Emissions Ceiling Directive) было заказано технико-экономическое исследование применимости существующих технологий снижения NO_x в автомобильных дизелях к условиям работы внедорожных машин, и их влияния на сокращение выбросов частиц.

СУДОВЫЕ УСТАНОВКИ

Что касается выбросов судовых двигателей, то в этой области в настоящее время идет пересмотр трех документов:

➤ МАРПОЛ, Приложение VI (Технический кодекс ИМО NO_x);

➤ СПДВ для речных судов, установленные поправкой 2004/26/ЕС к Директиве 97/68/ЕС по NRMM;

➤ СПДВ для прогулочных судов, установленные поправкой 2003/44/ЕС к Директиве 94/25/ЕС.

Пересмотр Технического кодекса ИМО NO_x

Существующие правила вступили в силу в мае 2005 г., при этом они распространяются на дизели мощностью свыше 130 кВт, установленные на судах, построенных в период начиная с января 2000 г. (табл. 9).

Пересмотр был начат в апреле 2006 г. по инициативе нескольких стран-членов ИМО в

Таблица 9

Скорость, об/мин	NO_x , г/кВт·ч
<130	17,0
130–2000	$45,0 \cdot n_N^{-0,2}$
>2000	9,8

Таблица 11

Мощность P_N , кВт	Скорость n_N , об/мин	СО	НС	NO _x	PM
		г/кВт·ч			
37–75	—	6,5	1,3	9,2	0,85
75–130	—	5,0	1,3	9,2	0,70
> 130	500–2800	5,0	1,3	$45 \cdot n_N^{-0,2}$	0,54
	≥ 2800	5,0	1,3	9,2	0,54

Таблица 12

Мощность P_N , кВт	Скорость n_N , об/мин	СО	НС	NO _x	PM
		г/кВт·ч			
18–37	—	5,5	1,5	8,0	0,8
37–75	—	5,0	1,3	7,0	0,4
75–130	—	5,0	1,0	6,0	0,3
130–560	—	3,5	1,0	6,0	0,2
> 560	< 343	3,5	1,0	11,0	0,2
	343–3150	3,5	1,0	$45 \cdot n_N^{-0,2}$	0,2
	≥ 3150	3,5	1,0	6,0	0,2

целях выработки предложений по пересмотру, которые могли бы быть приняты профильными комитетами ИМО до конца 2007 г.

Предложения EUROMOT для ИМО касаются следующих основных моментов.

➤ На следующем этапе СПДВ должны быть привязаны к штатным видам топлива для соответствующих типов двигателей, а также к номинальным значениям частоты вращения, с учетом имеющихся средств ограничения выбросов. EUROMOT предлагает при выборе методов снижения выбросов учитывать три вида топлива:

- флотский дистиллят (содержание серы < 2000 ppm, метод определения — в соответствии с национальным законодательством);
- топливо для судовых дизелей (содержание серы < 2 %, показатели DM — по ISO 8217);
- мазут (содержание серы < 4,5 %, показатели RM по ISO 8217).

Для каждого вида топлива и для каждого значения номинальной частоты вращения должны быть заданы величины СПДВ в виде зависимости выбросов NO_x от частоты вращения, подобно тому, как это сделано в действующем стандарте ИМО.

➤ Упрощенный порядок сертификации для серийно выпускаемых двигателей. EUROMOT предлагает порядок, в соответствии с которым заявки на сертификаты будет подаваться не для всех членов семейства двигателей, а только для базовых двигателей поскольку модификация двигателей после отгрузки их с завода-изготовителя маловероятна.

➤ Гармонизация технического кодекса NO_x с ISO 8178-1 в редакции от сентября 2006 г.

Пересмотр СПДВ для речных судов

Действующие нормативы распространяются на речные суда согласно следующим документам:

- Директива 2004/26/ЕС (табл. 10):
- Правила CCNR этап I (с 2003 г.) (табл. 11)

Таблица 10

Категория	Рабочий объем $V_{h,z}$, л мощность P_N , кВт	Дата*	СО	НС+NO _x	PM
			г/кВт·ч		
V 1:1	$V_{h,z} < 0,9$	2007	—	7,5	0,4
	$P_N \geq 37$				
V 1:2	$0,9 \leq V_{h,z} < 1,2$	2007**	—	7,2	0,3
V 1:3	$1,2 \leq V_{h,z} < 2,5$	2007**	—	7,2	0,2
V 1:4	$2,5 \leq V_{h,z} < 5,0$	2009	—	7,2	0,2
V 2:1	$5,0 \leq V_{h,z} < 15,0$	2009	—	7,8	0,27
V 2:2	$15,0 \leq V_{h,z} < 20,0$	2009	—	8,7	0,5
	$P_N < 3300$				
V 2:3	$15,0 \leq V_{h,z} < 20,0$	2009	—	9,8	0,5
	$P_N \geq 3300$				
V 2:4	$20,0 \leq V_{h,z} < 25,0$	2009	—	9,8	0,5
V 2:5	$25,0 \leq V_{h,z} < 30,0$	2009	—	11,0	0,5

* Срок допуска двигателей на рынок; типовая сертификация должна быть проведена не позднее, чем за год до этого.

** С 01.07.05 типовая сертификация образцов возможна при условии, что их выбросы не превышают приведенных значений.

— Правила CCNR этап II (с 1 июля 2007 г.) (табл. 12)

Кроме того, на все суда, работающие на Рейне, распространяются правила CCNR (с 2003 г. — этап I, и с 2007 г. — этап II), которые, в основном, совпадают с Директивой 2004/26/ЕС, отличаясь некоторыми деталями, например, требованиями к двигателям, находящимся в эксплуатации, и диапазоном применения.

При пересмотре Директивы 2004/26/ЕС, позиция EUROMOT в отношении нормативов для двигателей речных судов основывается на следующих принципиальных соображениях.

➤ Дальнейшее снижение СПДВ по выбросам должно обеспечиваться за счет «внутренних» мероприятий (таких как давление впрыска, электронное управление и т. п.). Использование рециркуляции отработавших газов (EGR) в судовых двигателях на сегодняшний день в большинстве случаев нецелесообразно.

➤ Поскольку речные суда относятся к мелкосерийным изделиям, необходимо согласовать требования к ним с соответствующими требованиями для морских судов (в процессе разработки — см. предложения по изменению правил ЕРА (США) для двигателей с объемом цилиндра менее 30 л).

➤ Применение современных методов снижения выбросов на речных судах связано с необходимостью использования малосернистых (т. е. с содержанием серы менее 350 ppm) топлив. Действующие правила (а именно, Директива 2005/33/ЕС, принятая вместо Директивы 99/32/ЕС) допускают содержание серы в малосернистом топливе для двигателей речных судов до 2000 ppm.

Пересмотр СПДВ для прогулочных судов (Директива 2003/44/ЕС)

В настоящее время на бензиновые и дизельные двигатели установленные на судах с длиной

корпуса от 2,5 до 24 м распространяется действие СПДВ, установленных Директивой 2003/44/ЕС. Еврокомиссия, наряду с судостроителями и машиностроителями, ведет интенсивные исследования методов дальнейшего снижения выбросов. При этом рассматриваются как экологические, так и экономические аспекты. Результаты пока носят сугубо предварительный характер. С точки зрения производителей двигателей наиболее перспективными представляются следующие подходы:

✓ для крупносерийных производителей — ориентация на мировые стандарты, находящиеся в процессе подготовки (в частности, предложения ЕРА (США) по судовым двигателям с объемом цилиндра менее 30 л;

✓ для мелкосерийных производителей — более гибкий учет интересов компаний, работающих на местных рынках и поставляющих изделия малыми партиями.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Для железнодорожного транспорта действующие правила (Директива 2004/26/ЕС) различаются для тепловозов (табл. 13) и автомотрис (табл. 14). Эти различия касаются СПДВ, сроков ввода их в действие, а также применяемых испытательных циклов.

Таблица 13

Этап	Мощность P_N , кВт объем цилиндра $V_{h,z}$, л	Дата*	NO _x	HC	CO	PM
			г/кВт·ч			
IIA	$130 \leq P_N \leq 560$	2007	4,0	3,5	0,2	
	$560 < P_N \leq 2000$	2009	6,0	0,5	3,5	0,2
	$P_N > 2000$ $V_{h,z} > 5$	2009	7,4	0,4	3,5	0,2
IIIB	$P_N > 130$	2012	4,0		3,5	0,025

Таблица 14

Этап	Мощность P_N , кВт	Дата*	NO _x	HC	CO	PM
			г/кВт·ч			
IIA	$P_N > 130$	2006	4,0		3,5	0,2
IIIB	$P_N > 130$	2012	2,0	0,19	3,5	0,025

* Срок допуска двигателей на рынок; типовая сертификация должна быть проведена не позднее чем за год до этого.

При пересмотре Директивы 2004/26/ЕС должны быть оценены технические и экономические возможности дальнейшего снижения СПДВ для двигателей тепловозов и автомотрис. Позиция EUROMOT по этому вопросу состоит в следующем.

➤ Необходимо оценивать технико-экономическую целесообразность мероприятий по снижению выбросов с учетом характера применения двигателей, о которых идет речь. Например, фильтры сажи или системы каталитической очистки в некоторых случаях могут оказаться неприемлемыми с точки зрения веса и габаритов. В этой области ведутся интенсивные исследования, которые послужат основой для рекомендаций,

касающихся пересмотра требований Директивы 2004/26/ЕС в отношении внедорожных машин.

➤ Производители двигателей выступают за сохранение существующих испытательных циклов (а именно, цикл F — для тепловозных двигателей и цикл C1 — для двигателей автомотрис), которые достаточно точно отражают эксплуатационные особенности работы двигателей подвижного состава и позволяют наиболее экономичным способом проверить их на соответствие действующим экологическим требованиям.

Выводы

Законодательно установленные нормы ПДК и СПДВ являются одним из важнейших ориентиров для всей отрасли двигателестроения. Различия в подходах отдельных законодателей по данному вопросу могут приводить к усложнению нормативов; тем не менее можно сформулировать ряд общих требований, выдвигаемых производителями двигателей.

➤ Предсказуемость и последовательность законодательства. Долгосрочное планирование в бизнесе требует стабильности. Для этого необходима надежная законодательная основа, иначе законодательство может стать не столько двигателем, сколько тормозом на пути технического прогресса. При разработке ПДК СПДВ и сроков ввода их в действие нужно оставлять производителям достаточно времени для подготовки; необходимо также, чтобы периоды действия тех или иных норм были точно известны заранее.

➤ При разработке нормативов необходим комплексный подход, направленный на улучшение экологической обстановки, наиболее эффективными и экономичными способами. При этом приходится учитывать множество противоречивых требований. Например, снижение NO_x зачастую приводит к росту расхода топлива. Во избежание принятия правил, вынуждающих использовать дорогостоящие технические решения, экологический эффект которых не очевиден, следует с самого начала просчитывать все последствия.

➤ Устранение технических барьеров в области торгового обмена с помощью гармонизации законодательства. При разработке новой техники необходимо в первую очередь ориентироваться на экологическое законодательство. Этот фактор становится особенно важным в тех случаях, когда существуют значительные расхождения между законодательными нормами как отдельных регионов мира (Европа, США, Азия), так и внутри самого ЕС. Поэтому совершенно необходимым представляется устранение технических барьеров, препятствующих развитию торговли, с помощью гармонизации законодательства как в пределах ЕС, так и во всем мире.

Peter Scherm, EUROMOT (Германия) и др.