

## ПОКАЗАТЕЛИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ КАК СРЕДСТВО КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ ЗА РЫНОК СУДОВЫХ И ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Л.А. Новиков к.т.н., доц.  
ЦНИДИ-Экосервис

В современных условиях, когда показатели экономичности и ресурса современных дизелей приблизились к теоретически достижимому пределу, поэтапное и радикальное снижение норм вредных выбросов в атмосферный воздух стало важнейшим ориентиром для дальнейшего развития всей отрасли двигателестроения. Показано, что из-за отсутствия в РФ государственной политики и программы развития энергосберегающих, экологически безопасных технологий в транспортном машиностроении и дизелестроении, российские производители двигателей и их компонентов уже проиграли зарубежным производителям в конкурентной борьбе за внешние рынки, и успешно вытесняются с внутреннего рынка РФ.

### Тенденции развития двигателестроения и требования рынка

Развитие судовых, тепловозных и промышленных двигателей в настоящее время определяют две основные тенденции. Первая — определяется потребностью общества в непрерывном росте энергопотребления, в том числе в автономных источниках энергии, что, в свою очередь, вызывает рост заказов на двигатели рассматриваемого класса на протяжении всего последнего десятилетия [1]. После небольшого спада, вызванного мировым экономическим кризисом 2008–2009 г., рост производства уже постепенно восстанавливается. По оценкам аналитиков и маркетологов ведущих дизелестроительных фирм, таких как «MAN Diesel» и «Wartsila Corporation», годовая потребность мирового рынка в главных судовых малооборотных дизелях мощностью от 8 до 20 МВт составляет не менее 1000 агрегатов, в главных и вспомогательных судовых, а также промышленных среднеоборотных дизелях мощностью от 1,5 до 8 МВт — не менее 1500 агрегатов и в тепловозных дизелях мощностью от 750 кВт до 4 МВт — не менее 3000 агрегатов. Потребность в двигателях рассматриваемого класса мощностью менее 750 кВт оценивается величиной на два порядка больше.

Вторая тенденция определяется необходимостью решения резко обострившейся проблемы



улучшения качества атмосферного воздуха как одного из важнейших элементов окружающей природной среды, что вызывает необходимость в радикальном сокращении предельно допустимых выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей. На ближайшую перспективу (к 2014–2016 гг.) уже опубликованы требования к сокращению технических нормативов выбросов для дизелей различного назначения на 60–80 % по сравнению с действующим в настоящее время уровнем, а в более отдаленной перспективе экологические показатели должны быть сведены к «практически нулевым выбросам». Эта тенденция вызвана обострением конкуренции между поршневыми ДВС и бурно развивающимися альтернативными источниками энергии. Следовательно необходимость удовлетворения общественного вызова об улучшении качества природной среды можно рассматривать как необходимое условие «выживания» двигателей традиционной конструкции.

Несмотря на многочисленные прогнозы и заключения экспертов, предсказывающих бесперспективность поршневых двигателей внутреннего сгорания, и их замену на магистральный транспорт и в автономной энергетике на альтернативные источники энергии, пока еще рост энерговооруженности общества продолжается в основном за счет увеличения выпуска поршневых двигателей.

Столь широкое распространение поршневых двигателей внутреннего сгорания на магистральном, водном и наземном транспорте и в автономной стационарной энергетике определяется тем, что в диапазоне мощностей от 100 кВт до

20 МВт поршневые двигатели, в особенности дизели, сегодня и на ближайшую перспективу имеют недостижимый для других тепловых двигателей эффективный КПД, равный 43–54 %, а с использованием технологий утилизации тепла отработавших газов и охлаждающих жидкостей (когенерация), что характерно для стационарных дизель-генераторов, эффективный КПД этих установок достигает 80–90% [2].

В современных условиях действующие и перспективные нормативы выбросов вредных веществ в атмосферный воздух являются важнейшим ориентиром для всей отрасли двигателестроения. Перспективные требования к показателям выбросов назначаются уже исходя из условия обеспечения требуемого качества атмосферного воздуха на месте установки двигателя, а не из условия его технических возможностей, как в настоящее время.

Динамика изменения норм вредных выбросов главных и вспомогательных судовых дизелей в области применения международного права определена Приложением VI к Международной конвенции МАРПОЛ 73/78 «О предотвращении выбросов с судов» (далее Конвенции) и представлена в табл. 1.

Приложение VI к Конвенции было пересмотрено Международной морской организацией (ИМО) в 2008 г. на предмет опубликования перспективных норм выбросов  $\text{NO}_x$  и введено в действие с 01.07.2010 резолюцией МЕРС.176(58). Требование Конвенции распространяется на двигатели мощностью более 130 кВт и регламентируют только выбросы  $\text{NO}_x$ . Аналогичный уровень технических нормативов выбросов  $\text{NO}_x$  принят в странах ЕС с дополнениями к ограничению выбросов CO, CH и частиц при эксплуатации судовых дизелей на внутренних водных путях. Судходные компании, владеющие морскими судами и судами смешанного (река–море) плавания с двигателями российской по-

стройки, относятся к субъектам внешнеэкономической деятельности, поэтому соблюдение требований Конвенции стало обязательным для российских производителей судовых дизелей начиная с 2000 г.

Действующие и перспективные нормы выбросов вредных веществ для двигателей железнодорожного транспорта, принятые в странах Европейского сообщества резолюцией 2004/26/ЕС, приведены в табл. 2.

Применительно к двигателям для железнодорожного транспорта отечественной конструкции и постройки, эксплуатируемых, как правило, в пределах РФ, следует отметить, что продажи на внутреннем рынке двигателей зарубежных производителей, несмотря на все возрастающее давление с их стороны, все еще сдерживается РАО РЖД, принимая во внимание стратегическое значение этого вида транспорта для экономики РФ. До тех пор пока этот сегмент внутреннего рынка будет ограничен для зарубежных производителей, соблюдение приведенных в табл. 2 норм для двигателей российской постройки не обязательно, а их значение может рассматриваться только как ориентир для оценки соответствия технического уровня производимой продукции зарубежным аналогам.

Работа по унификации российских и зарубежных стандартов, устанавливающих требования к показателям вредных выбросов судовых, тепловозных и промышленных дизелей после введения в действие Федерального закона РФ от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» была практически остановлена, а нормы вредных выбросов, заложенные в стандарты, не пересматривались с 1999 г. В результате предельно допустимые значения технических нормативов выбросов в РФ уже на 25–40 % выше, чем в международных и национальных зарубежных стандартах, которые за последние 10 лет пересматривались уже дважды. Практика публикации

Таблица 1

**Нормы вредных выбросов  $\text{NO}_x$  для судовых дизелей (Приложение VI к МК МАРПОЛ 73/78)**

Период действия	$e_{\text{NO}_x}$ , г/кВт·ч при номинальной частоте вращения ( $n$ ), об/мин			Испытательная процедура
	≤130	от 130 до 2000	≥ 2000	
01.01.2000–01.01.2011 (Tier I)	17,0	$45 \cdot n^{-0,2}$	9,8	4-ступенчатые циклы E2, E3 (ISO 8178/4) цикл D2
01.01.2011–01.01.2014 (Tier II)	14,4	$44 \cdot n^{-0,23}$	7,7	
После 01.01.2014* (Tier III)	3,4	$9 \cdot n^{-0,2}$	2,0	

Новиков Л.А.

Таблица 2

**Нормы вредных выбросов для тепловозных дизелей (Директива 2004/26/ЕС)**

Год	Номинальная мощность $P_e$ , кВт	Выбросы г/кВт·ч				Испытательная процедура
		$\text{NO}_x$	CH	CO	PM	
<b>Тепловозы</b>						
2007	От 130 до 560	4,0	3,5	0,2		3-ступенчатый цикл F (ISO 8178)
2009	От 560 до 2000	6,0	0,5	3,5	0,2	
2009	Более 2000	7,4	0,4	3,5	0,2	
2012	Более 130	4,0	1,5	0,025		
<b>Автомобильные</b>						
2006	Более 130	4,0	3,5	0,2		8-ступенчатый цикл C1 (ISO 8178/4)
2012	Более 130	2,0	0,19	1,5	0,025	

норм вредных выбросов на ближайшую и более отдаленную перспективу в РФ также отсутствует, что лишний раз подтверждает отсутствие каких-либо планов развития этой стратегически важной для национальной экономики отрасли промышленности [3].

После поддержки комитетом по науке Государственной думы РФ решения Всероссийской научно-технической конференции «Развитие двигателестроения в России» (март 2009 г.) о необходимости сохранения отрасли отечественного двигателестроения, находящейся на грани полного разрушения, на самом высоком уровне было проведено несколько совещаний, по результатам которых были выданы многочисленные обнадеживающие поручения. Однако по истечении полутора лет выяснилось, что в движение было приведено только значительное количество важных бумаг, и до настоящего времени не появилась даже концепция федеральной целевой программы развития отечественного двигателестроения, которая, согласно принятым решениям, должна быть разработана и принята еще в марте 2010 г. [4].

Сложившаяся ситуация поставила российских производителей двигателей в крайне невыгодные конкурентные условия. Внутренний рынок РФ, за исключением сегмента, относящегося к железнодорожной технике, сегодня полностью открыт для зарубежных двигателей устаревших моделей, которые уже не могут быть проданы, например, в странах ЕС вследствие несоответствия их экологических показателей действующим в ЕС нормам. В то же время и по тем же причинам зарубежные рынки, начиная с середины 2010 г., оказались практически закрытыми для российских производителей. Используя техническое превосходство своей продукции, прежде всего в показателях вредных выбросов, зарубежные производители успешно вытесняют Россию не только с традиционных рынков сбыта двигателей в странах Центральной и Юго-Восточной Азии, Арабском мире, но и с внутреннего рынка РФ. Это подтверждается непрерывным ростом заказов в Европе на двигатели мощностью 0,5–2,5 МВт и более несмотря на еще не преодоленный мировой финансовый кризис.

#### Оценка показателей выбросов двигателей российской постройки

Выполненная нами за прошедшее десятилетие оценка соответствия (начиная с 01.01.2010 не соответствия) показателей вредных выбросов судовых двигателей Российской постройки требованиям Конвенции «О предотвращении выбросов с судов» (рис. 1) наглядно подтверждает сформулированный ранее неблагоприятный прогноз развития рыночной ситуации для отрасли

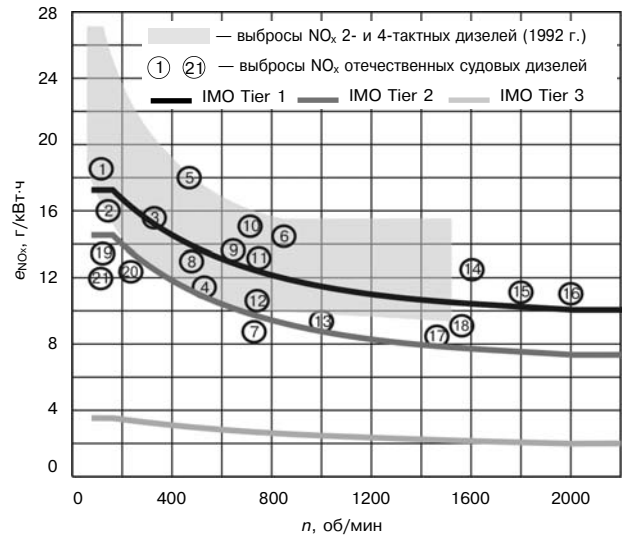
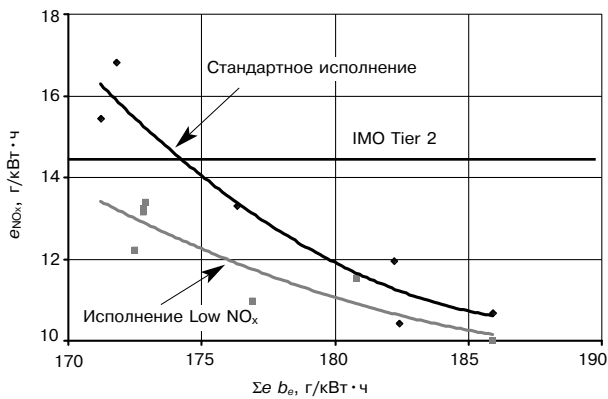


Рис. 1. Выбросы NO<sub>x</sub> судовыми дизелями российской постройки

отечественного двигателестроения и неготовность российских производителей к конкурентной борьбе за рынки сбыта и морских перевозок. Всего за указанный период было испытано более двадцати модификаций главных и вспомогательных двигателей российской постройки на стенде изготовителя и месте установки.

Приведенные данные основаны на результатах официальных сертификационных испытаний, имеющих высокую степень надежности, поскольку все они выполнены в строгом соответствии с требованиями «Технического кодекса по ограничению выбросов NO<sub>x</sub> от судовых дизельных двигателей» под надзором классификационных обществ PC (Россия), BV (Франция), DNV (Норвегия), GL (Германия), RL (Англия). Исключения из общей картины наблюдаются в классе малооборотных двухтактных крейцкопфных дизелей с диаметром цилиндра от 260 до 600 мм, выпускаемых в России Брянским машиностроительным заводом (БМЗ) по лицензии фирмы MAN B&W AS.

Они показывают, что конструктивные и технологические решения, разработанные фирмой MAN B&W AS и последовательно применяемые на протяжении последних десяти лет на малооборотных судовых дизелях, полностью воспроизводятся в условиях производства на БМЗ, что позволило сократить удельные средневзвешенные выбросы NO<sub>x</sub> (цикл испытаний E2, E3) серийных двигателей с 13–16 до 10–12 г/кВт·ч, при одновременном росте среднего эффективного давления с 14 до 20 бар (рис. 2). Однако это уникальное производство по достаточно невнятным причинам было полностью остановлено в середине 2009 г. и до настоящего времени не восстановлено, несмотря на действующие государственные программы развития отечественного флота, предусматривающие постройку судов



**Рис. 2. Прогресс в снижении выбросов  $NO_x$  на дизелях постройки БМЗ**

для освоения месторождений нефти и газа на шельфе Северного Ледовитого океана.

Из двигателей отечественной конструкции и постройки в классе высокооборотных четырехтактных судовых двигателей можно отметить как соответствующие уровню норм Tier II судовые дизели 5Д50М ( $P_e = 735$  кВт при  $n = 750$  об/мин) производства ОАО «Пензадизельмаш» с показателем удельного средневзвешенного выброса  $NO_x = 8,94$  г/кВт·ч при предельно допустимом значении  $NO_x = 9,60$  г/кВт·ч. Однако из-за низкого уровня форсировки по среднему эффективному давлению ( $p_{me} = 7,5$  бар) и большой удельной массы этот тип двигателя пользуется весьма ограниченным спросом.

В классе тепловозных двигателей возможность выхода на внешний рынок также отсутствует за единственным исключением. Сертификационный центр Германии TUV NORD в 2006 г. подтвердил соответствие тепловозного дизеля 12Д49М-01 ( $P_e = 2500$  кВт при  $n = 1000$  об/мин) производства ОАО «Коломенский завод» требованиям стандарта 2004/26/ЕС уровень IIIA с результатом испытаний по  $NO_x = 6,93$  г/кВт·ч и РМ = 0,18 г/кВт·ч при норме  $NO_x = 7,4$  г/кВт·ч и РМ=0,2 г/кВт·ч соответственно. Это первый и единственный случай, когда тепловозный двигатель российской конструкции и постройки продается в Германии.

#### **Заключение**

Актуальность проблемы улучшения качества атмосферного воздуха как одного из важнейших элементов окружающей природной среды требует от производителей двигателей поэтапно улучшать показатели вредных выбросов, а в обозримой перспективе обеспечить «практически нулевой уровень выбросов».

В современных условиях, когда показатели экономичности и ресурса современных дизелей приблизились к теоретически достижимому пре-

делу, перспективные технические нормативы выбросов вредных веществ в атмосферный воздух являются важнейшим ориентиром для их дальнейшего развития, а уже достигнутые значения экологических показателей становятся значимым фактором в конкурентной борьбе производителей за рынки сбыта.

Проблема достижения действующих и перспективных технических нормативов выбросов вредных веществ является комплексной и ее решение требует объединения усилий конструкторов, производителей двигателей и производителей топлива. Технологии для достижения уровня экологических показателей, заявленных в странах ЕС на 2014–2016 г., уже достаточно глубоко проработаны и сегодня в арсенале зарубежных производителей дизелей и в нереализованном заделе российской отраслевой науки имеются технические средства, позволяющие обеспечить малотоксичную работу поршневых двигателей с уровнем выбросов окислов азота не более 2–3 г/кВт·ч.

К сожалению, из-за отсутствия целенаправленных действий Правительства РФ по принятию государственной программы развития энергосберегающих, экологически безопасных технологий в транспортном машиностроении и дизелестроении, российские производители двигателей и их компонентов уже проиграли зарубежным производителям в конкурентной борьбе за внешние рынки, и успешно вытесняются с внутреннего рынка РФ.

По-видимому, вопросы преодоления зависимости национальной экономики России от зарубежных поставок энергетического оборудования в таких стратегически важных отраслях промышленности, как судостроение и транспортное машиностроение, определяющих развитие водного и магистрального наземного транспорта будут сняты с повестки дня в самом ближайшем будущем.

#### **Литература**

1. Мельник Г.В. Вопросы экологии на конгрессе СИМАС-2007 (обзор докладов) // Двигателестроение. — 2007. — № 4. — С. 45–50.
2. Новиков Л.А. Современные и перспективные технологии для организации малотоксичной работы двигателей // Двигателестроение. — 2005. — № 4. — С. 8–15.
3. Итоги и решение всероссийской научно-технической конференции «Развитие двигателестроения в России» // Двигателестроение. — 2009. — № 2. — С. 3–7.
4. Официальная хроника. Заседание правительственной комиссии по транспорту и связи под председательством С.Б. Иванова // Транспорт и связь Российской Федерации. — 2009. — № 5. — С. 16–20.