

Начиная с 80-х годов прошлого века были развернуты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию «экологически чистых» двигателей. Эти исследования были обусловлены разработкой и внедрением национальных нормативов по ограничению выбросов от ДВС различного назначения. Применительно к морской сфере в дополнение к действующей Конвенции МАРПОЛ 73/78 Международная морская организация (ИМО) в 1997 г. приняла Приложение VI, в котором предусматривается ограничение эмиссии вредных компонентов  $NO_x$ ,  $SO_x$  в выпускных газах главных и вспомогательных судовых дизелей. Одновременно ИМО принят Технический Кодекс по выбросам оксидов азота от судовых дизелей. В соответствии с Правилем 13 Приложения VI все суда валовой вместимостью 400 т и более, построенные после 1 января 2000 г. должны пройти освидетельствование и получить Международное Свидетельство по предотвращению загрязнения атмосферы (IAPP - International Air Pollution Prevention Certificate) сроком на пять лет. Дополнительно каждый судовой дизель мощностью 130 кВт и более должен пройти освидетельствование в соответствии с Техническим Кодексом и получить Международное Свидетельство двигателя по предотвращению загрязнения атмосферы (EIAPP - Engine International Air Pollution Prevention Certificate), которое относится к выбросам оксидов азота и выдается также сроком на пять лет. По истечении срока действия упомянутых документов предусматривается освидетельствование на судне и продление соответствующих документов на следующие пять лет.

06.02.2002 г. Правительство РФ приняло постановление №83 «О проведении регулярных проверок транспортных и иных передвижных средств на соответствие техническим нормативам выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух». В соответствии с п.1 этого постановления регулярные проверки морских судов, судов внутреннего плавания, судов смешанного (река-море) плавания должны проводиться, начиная с 2004 г. в соответствии с техническими нормативами.

### **Нормирование выброса экологически вредных компонентов ОГ.**

Для проверки соответствия судовых дизелей пределам выбросов  $NO_x$  в соответствии с правилом 13 Приложения VI должны применяться следующие испытательные циклы и весовые факторы с использованием метода испытаний и метода расчетов, установленных в Техническом кодексе по  $NO_x$  (стандартные испытательные циклы регламентированы международным стандартом ISO 8178-4). Перечень стандартных циклов и значения эффективной мощности, номинальной частоты вращения и весовых коэффициентов приведены ниже.

Для главных судовых двигателей, работающих с постоянной частотой, должен применяться испытательный цикл E2 (т. е. при электродвижении или работе на ВРШ).

Испытательный цикл типа E2	$n$	100%	100%	100%	100%
	$N_e$	100%	75%	50%	25%
	Весовой коэффициент	0,2	0,5	0,15	0,15

Для малооборотных главных и вспомогательных двигателей, работающих по винтовой характеристике, (т. е. на ВФШ или на привод насосов) должен применяться испытательный цикл E3.

Испытательный цикл типа E3	$n$	100%	91%	80%	63%
	$N_e$	100%	75%	50%	25%
	Весовой коэффициент	0,2	0,5	0,15	0,15

Для вспомогательных двигателей с постоянной частотой вращения должен применяться испытательный цикл D2.

Испытательный цикл типа D2	$n$	100%	100%	100%	100%	100%
		100%	75%	50%	25%	10%
	Весовой коэффициент	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

Графическое изображение стандартных испытательных циклов приведено на рисунке 14.1. В соответствии с алгоритмом, изложенным в Техническом Кодексе, на каждом из режимов определяется удельный выброс компонента ОГ, затем его значение умножается на соответствующий весовой коэффициент. *Удельный средневзвешенный выброс* -  $e^p_{NOx}$  - определяется суммированием произведений по всем режимам испытательного цикла. Для главных судовых дизелей (циклы E2 и E3) наибольший весовой коэффициент соответствует 75% мощности, которая соответствует среднеэксплуатационной длительной мощности полного хода судна. Для вспомогательных дизелей наиболее характерными эксплуатационными режимами являются 2, 3 и 4, поэтому им в стандартном цикле D2 приданы большие весовые коэффициенты.

Ограничения на эмиссию оксидов азота, сформулированные в п. 3 правила 13 Приложения VI МК МАРПОЛ 73/78 состоят в следующем. Удельный средневзвешенный выброс должен находиться в пределах:

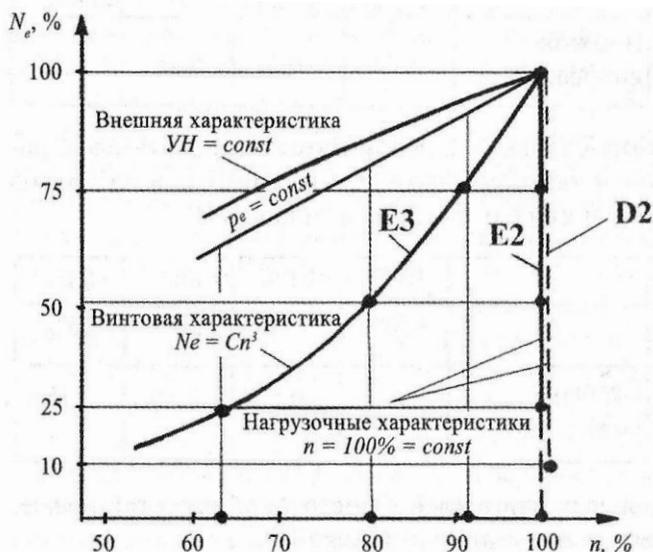


Рис. 14.1. Стандартные испытательные циклы для судовых дизелей в соответствии с ISO 8178-4

17,0 г/(кВт·ч) - при  $n$  менее 130 об/мин;

45  $n^{-0,2}$  г/(кВт·ч) - при  $n$  равном или более 130, но не менее 2000 об/мин;

9,8 г/(кВт·ч) - при  $n$  равном или более 2000 об/мин,

где  $n$  - номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя.

Графически указанные нормы иллюстрируются рисунком 14.2.

Зависимость между частотой вращения двигателя и допустимой величиной  $e_{NOx}$  объясняется, в основном, сокращением продолжительности (при возрастании  $n$ ) высокотемпературной стадии горения топлива, иными словами - времени, благоприятного для образования  $NOx$ .

### Ограничение выброса оксидов серы

регламентируется Правилем 14 Приложения VI:

Содержание серы в любом жидком топливе, используемом на судне, не должно превышать 3,5% по массе. (0,50 % с 1 января 2020 года)

При нахождении судов в пределах Районов Контроля Выбросов  $SO_x$  должно выполняться хотя бы одно из условий:

- содержание серы не должно превышать 0.1% по массе;

- применяется система очистки ОГ, обеспечивающая уменьшение суммарных выбросов  $SO_x$  всеми элементами СЭУ до 6,0 г/(кВтч) и менее.

Указанные ограничения в пределах Районов Контроля Выбросов  $SO_x$  вступили в юридическую силу в мае 2006 г. С ноября 2007 г. они были распространены на районы Северного моря, датские проливы и Ла-Манш.

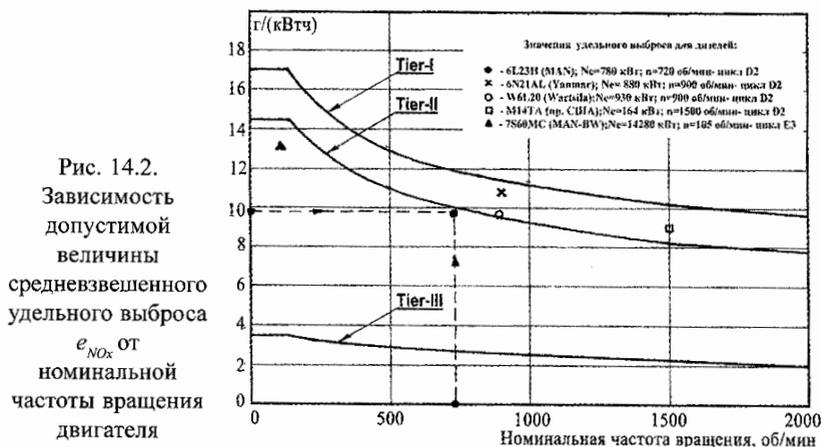


Рис. 14.2. Зависимость допустимой величины средневзвешенного удельного выброса  $e_{NOx}$  от номинальной частоты вращения двигателя

В Российской Федерации в 2000 г. были введены национальные стандарты по ограничению вредных выбросов с ОГ дизелей различного назначения (см. табл. 14.1). Здесь же для сравнения приведены нормативы ИМО и США

Таблица 14.1

Нормы вредных выбросов для судовых дизелей

Страна, стандарт, год введения	Нормируемый параметр	Значение нормы в $г/(кВтч)$	Классификационный признак, испытательная процедура
Россия, ГОСТ Р 51249, 2000	$NO_x$ $CO$ $CH$	9,8-17 3,0 1,0	4-ступенчатые циклы (IS08178-4) $e_{NO_x} = f(n)$
Стандарт ИМО Techn. Code-Nox МЕРС 39/1,2000	$NO_x$ $CO$ $CH$	9,8-17 - -	4-ступенчатые циклы (IS08178-4) $e_{NO_x} = f(n)$ (см. рис. 14.1)
США EPA Marine St., 1998	$NO_x$ $CO$ $CH$ $C$	11,4 6,2 1,3 0,54	4-ступенчатые циклы

В соответствии с российским стандартом ГОСТ Р. 51249 для судовых дизелей по  $NO_x$  приняты те же нормативы, что и в Приложении VI, но дополнительно нормируются выбросы окиси углерода  $\{CO$  не более 3,0

г/кВтч) и углеводородов  $\{CH$  не более 1,0 г/кВтч). Национальный стандарт, в отличие от международных документов, не нормирует выброс оксидов серы, что оправдано только для дизелей, работающих на дизельных топливах.

**Ужесточение международных нормативов по вредным выбросам.** Комитет ИМО по предотвращению загрязнения морской среды (МЕРС) в 2008 г. утвердил следующую программу снижения норм выбросов.

Новые нормативы по выбросам  $NO_x$ :

1. Распространить с 1.07.2010 г. нормы выброса Tier-I также на старые суда<sup>1</sup>.

2. Этап (Tier-II). Для новых судов с 1.07.2010 уменьшить допустимый средневзвешенный выброс на 15% (до 14,4 г/кВтч) для МОД и пропорционально для остальных дизелей).

<sup>1</sup>Для главных судовых дизелей, построенных в период 1.01.1990-1.01.2000 г., имеющих  $N_e$  более 5000 кВт и  $V_h$  более 90 л.

3. Этап (Tier-III). Для судов постройки с 1.01.2016 г.<sup>1</sup> довести допустимый выброс МОД до 3,4 г/кВтч). Указанные нормы будут действовать только в зонах контроля выбросов  $NO_x$  ( $NO_x$  Emission Control Area - NECA). Вне установленных зон NECA будут действовать нормы по Tier-II.

ИМО планирует включить на первом этапе действия Tier-III в зону NECA Балтийское море, что потребует от судоходных компаний принятия мер по обеспечению новых требований.

Рисунок 14.2 иллюстрирует новые нормативы по выбросу  $NO_x$  здесь же приведены значения среднего удельного выброса  $NO_x$  для нескольких типов судовых дизелей, имеющих сертификаты EIAPP.

Этапы снижения содержания серы в топливе.

В неконтролируемых зонах:	1 - до 3,5% (с 1.07.2012 г.); 2-до 0,5% (с 2020 г.) <sup>1</sup> .
В зонах контроля выбросов $SO_x$ :	2-до 0,1% (с 2015 г.) <sup>1</sup> .

**Литература**

Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с. Стр. 362-366