

УДК 621.43.068

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ
ГАЗАМИ ДИЗЕЛЕЙ СУДОВ ТИПА РЕКА-МОРЕ
DETERMINATION OF TOXIC EMISSIONS IN EXHAUST
GASES DIESELS ON THE RIVER-SEA SHIPS**

Нгуен Ха Хиен, М.Н. Покусаев

Nguyen Ha Hiep, M.N. Pokusaev

Астраханский государственный технический университет

Astrakhan state technical university

This article presents the results of field tests for toxicity and smoke exhaust of the main engines of the ship design 1570 «Nefterudo-50M» and «Nefterudo-21M» using modern certified devices (gas analyzer testo 350-MARITIME, smokemeter testo 308, the strain of the complex «Astech Electronics»).

Presents regression dependence for determining the concentration NO_x, CO and smoke in the exhaust gases diesels on the river-sea ships design 1570. As well as concluded that improper use of the published average coefficients of regression relationships $e_{NOx} = f(n)$ or $e_{CO} = f(n)$ for individual engines.

Как отметились нами в работе [5] требования к токсичным выбросам уже сточаются из года в год. Задачи по контролю на соответствие нормативной документации в области предотвращения загрязнения атмосферы с судов становятся актуальными в настоящем и в будущем.

В работе [5] представлены результаты натурных испытаний на токсичность и дымность отработавших газов (ОГ) главных двигателей судна «Нефтерудовоз-50М» проекта 1570. С целью обширного анализа и поиска обобщенных данных для расчетов выбросов ОГ главных двигателей судов этого типа проводились натурные испытания на судне «Нефтерудовоз-21М» проекта 1570 («НРВ-21М»), плавающем под флагом РФ и под контролем Астраханского филиала ФГУ «Российский морской регистр судоходства».

Основные характеристики судна «НРВ-21М», технические данные силовой установки и двигателей аналогичны у судна «НРВ-50М» (главные двигатели 6NVD48AU $N_{\text{ном}} = 485$ кВт, $n_{\text{ном}} = 330$ об/мин) (см. [5]).

Испытания проводились 12.08.2010 г. в акватории реки Волга, Астрахань на четырех режимах, поддерживаемых близким к стандартным значениям цикла E_3 ИСО 8178 часть 4 [1] при использовании современных сертифицированных приборов (газоанализатора testo 350-MARITIME, дымомер testo 308, тензометрического комплекса «Astech Electronics»). Точка отбора ОГ расположена на расстоянии шести диаметров прямого участка трубы от присоединительного фланца выпускного коллектора (по [2, 3, 4, 7]).

Результаты измерения состава ОГ двигателей судна «НРВ-21М» представлены на рис. 1 (Дв. ПБ – двигатель правого борта, Дв. ЛБ – двигатель левого борта, С – дымовое число). Концентрация SO₂ на всех режимах нулевая.

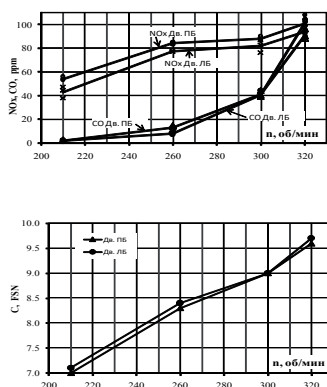


Рис. 1. Экологические показатели главных двигателей 6NVD48AU судна «НРВ-21М» при испытании по винтовой характеристике

Расчет коэффициентов избытка воздуха, расхода воздуха, объемного расхода ОГ, после этого, а также удельных средневзвешенных выбросов проводится по методике, изложенной в работе [5].

Результаты расчета удельных средневзвешенных выбросов для двигателей 6NVD48AU:

- правого борта: $e_{NOx}^P = 12,1$ г/кВт·ч и $e_{CO}^P = 3,5$ г/кВт·ч;
- левого борта: $e_{NOx}^P = 10,9$ г/кВт·ч и $e_{CO}^P = 3,4$ г/кВт·ч

Итак, мы имеем данные эксперимента на четыре двигателя 6NVD48AU, испытания проводились на четырех режимах, на каждом режиме 3 измерения, в итоге имеются 64 измерений. Проводим попытку поиска уравнений регрессии величины концентраций компонентов ОГ, а также их удельных выбросов по частоте вращения коленчатого вала двигателя. Уравнение имеет вид: $y = f(n)$, где y – концентрации компонентов ОГ или их удельные выбросы.

С помощью метода наименьших квадратов (сумма квадратов отклонений точек от кривой в вертикальном направлении наименьшая) $\sum \Delta y_i^2 = \min$, где i – число измерений, а также с помощью программы MS Excel 2007 можно найти аппроксимированные регрессионные зависимости, представленные в качестве примера на рис. 2, 3, где приняты следующие условные обозначения:

- двигатель правого борта «НРВ-50М» - дв 1.1
- двигатель левого борта «НРВ-50М» - дв 1.2
- двигатель правого борта «НРВ-21М» - дв 2.1
- двигатель левого борта «НРВ-21М» - дв 2.2

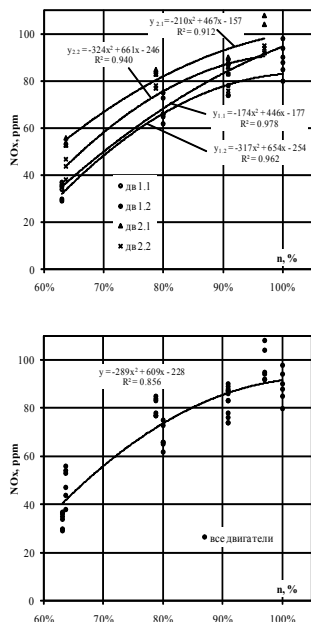


Рис. 2 – Зависимость концентрации NO_x от частоты вращения

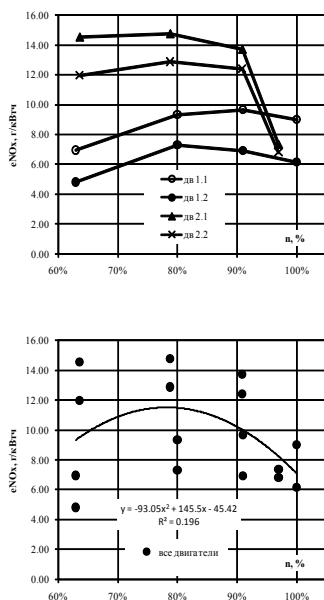


Рис. 3 – Зависимость удельных выбросов NO_x от частоты вращения

Анализируя результатов аппроксимации следует отметить, что зависимость концентрации NO_x от частоты вращения имеет уравнение регрессии с коэффициентом корреляции 0,856, концентрации СО в общем случае - уравнение регрессии с коэффициентом корреляции 0,909, дымовое число зависит от частоты вращения по линейной связи с коэффициентом корреляции 0,791, а зависимость удельных выбросов NO_x и СО от частоты вращения не удовлетворяется достаточной степенью корреляционной связи (корреляционная связь считается удовлетворительной, если коэффициент корреляции более или равен 0,5, хорошей – 0,8 ÷ 0,85). Это объясняется тем, что удельный выброс зависит от многих факторов, в том числе расхода ОГ, в свою очередь расход ОГ зависит от расхода воздуха или коэффициента избытка воздуха, который определяется по содержанию диоксида углерода в сухих ОГ, а концентрация СО₂ зависит от качества сгорания топлива в цилиндре двигателя т.е. технического состояния или регулировка двигателя в процессе эксплуатации.

Анализ результатов эксперимента позволяет сделать следующие выводы:

- главные двигатели 6NVD48AU судна проекта 1570 «НРВ-21М» соответствуют Приложению VI МАРПОЛ 73/78 и ГОСТ Р 51249-99 по NO_x, они не соответствуют ГОСТ Р 51249-99 по СО и ГОСТ Р 51250-99 по дымности.
- по содержанию серы топливо на судне соответствует Приложению VI

МАРПОЛ 73/78;

- концентрация NO_x , CO , дымовое число в ОГ дизелей судов типа река-море проекта 1570 можно определять по регрессионным зависимостям:

$$\text{NO}_x, \text{ppm} = f(n) = -289n^2 + 609n - 228,$$

$$\text{CO}, \text{ppm} = f(n) = 105,2n^{8,564},$$

$$C, \text{FSN} = f(n) = 6,603n + 2,929,$$

при $n = 0.63 - 1.00$ соответствует 208 – 330 об/мин (соответствуют стандартным значениям цикла E_3 ИСО 8178 часть 4)

- нельзя применять регрессионные зависимости $e_{\text{NO}_x} = f(n)$ или $e_{\text{CO}} = f(n)$ для определения удельных выбросов, они определяются только опытным путем для отдельного конкретного двигателя.

Литература:

1. ГОСТ 30574-98 (ИСО 8178-4). Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов. Циклы испытаний. – Минск: Стандартиформ, –1999. –15с.
2. ГОСТ Р 51249-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с изменением №1). – М.: Стандартиформ, –2005. –36с.
3. ГОСТ Р 51250-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения (с изменением №1). –М.: Стандартиформ, –2005. –38с.
4. ГОСТ Р 52408–2005 (ИСО 8178–2:1996). Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Часть 2. Измерения в условиях эксплуатации. – М.: Стандартиформ, – 2006. –23с.
5. Покусаев М.Н., Глухов А.Н., Нгуен Х.Х., Шевченко А.В., Теренин О.И. Анализ эмиссии отработавших газов главных двигателей судна проекта 1570 «Нефтерудовоз-50М» // Морские интеллектуальные технологии. – 2010. – № 2. – С. 7–14.
6. Приложение VI – Инструкция по предотвращению загрязнения атмосферы с судов: Международная Конвенция МАРПОЛ 73/78, книга III. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, – 2005. – 200 с. – С. 1 – 81.
7. Руководство по техническому наблюдению за соблюдением технических нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при изготовлении и эксплуатации судовых энергетических установок. – СПб.: Российский морской Регистр судоходства. – 2004. –97с.