

В.С. Панов, А.С. Курников  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АППАРАТА ВИХРЕВОГО СЛОЯ

Одним из мало изученных направлений снижения антропогенной нагрузки от действия дизелей является очистка топлив от нежелательных компонентов, а именно серы и смолистых соединений углеводородов, которые в значительной степени ухудшают экологические и эксплуатационные параметры судовых энергетических установок.

Произвести очистку топлива в судовых условиях от растворенных в нем примесей, а также от находящихся в молекулярных связях нежелательных элементов, достаточно сложно. Для решения обозначенных проблем авторами предлагается технология очистки топлива в аппарате вихревого слоя (АВС) в присутствии воды с последующей гидродинамической обработкой, защищенная патентом РФ № 92622 [1].

С целью уточнения основных графических зависимостей АВС был выполнен ряд экспериментов, направленных на определение степени влияния величины вязкости обрабатываемой среды на зависимости критического коэффициента заполнения рабочей камеры АВС ферромагнитными частицами ( $K_{кр}$ ) от отношения длины ферромагнитных частиц к их диаметру ( $l/d$ ). Опыты выполнялись на АВС (рис 1). Полученные экспериментальные данные заносились в табл. 1. Всего было выполнено 15 экспериментов для отношений  $l/d = 4, 6, 8, 10$  и  $12$  по вязкостям  $1 \cdot 10^{-3}, 5 \cdot 10^{-3}, 120 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

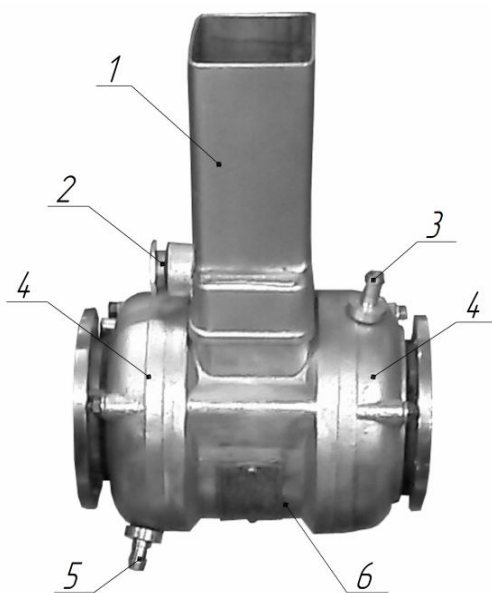


Рис. 1. Аппарат вихревого слоя: 1 – расширительный бак;  
2 – вход питающего кабеля; 3 – входной патрубок охлаждения;  
4 – боковые крышки корпуса АВС; 5 – выходной патрубок охлаждения;  
6 – корпус АВС

Таблица 1

Экспериментальные данные  $K_{кр}$  от  $l/d$  в средах с вязкостью  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $5 \cdot 10^{-3}$  и  $120 \cdot 10^{-3}$

$l/d$	Вязкость модельной жидкости, Па·с		
	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$120 \cdot 10^{-3}$
4	0,068	0,062	0,012
6	0,112	0,102	0,019
8	0,137	0,130	0,023
10	0,126	0,116	0,018
12	0,111	0,102	0,013

В результате были получены ранее неизвестные графические зависимости  $K_{кр}$  от  $l/d$  при заданном диаметре частиц  $d = 1$  мм для вязкостей  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $5 \cdot 10^{-3}$  и  $120 \cdot 10^{-3}$  Па·с, которые были дополнительно нанесены на диаграмму, полученную Д.Д. Логвиненко [2], и представлены на рис. 2.

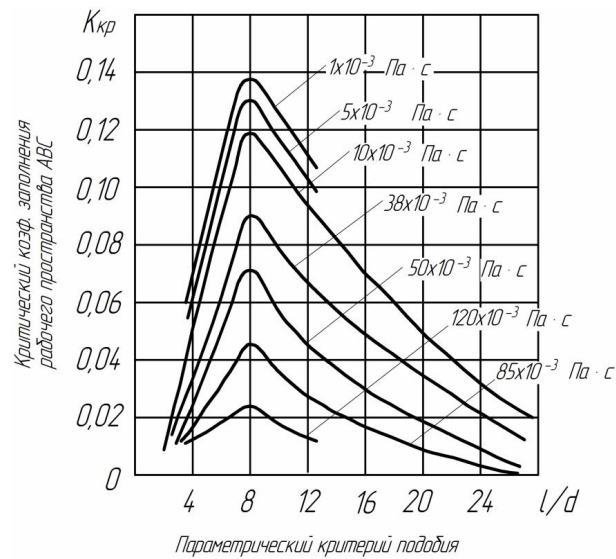


Рис. 2. Зависимости критического коэффициента заполнения рабочей камеры  $K_{кр}$  от отношения  $l/d$  ферромагнитных частиц и вязкости топлива

Эксперимент показал, что при осуществлении в АВС жидкофазных процессов  $K_{кр}$  имеет максимальные значения при  $l/d = 8$ , причем изменение вязкости жидкости никак не сказывается на влиянии отношения  $l/d$  на  $K_{кр}$ . Максимумы  $K_{кр}$  свидетельствует о том, что ферромагнитные частицы имеют оптимальные геометрические характеристики и вихревой слой, создаваемый их движением, максимально однородный. Поэтому при обработке водотопливной эмульсии (ВТЭ) в вихревом слое целесообразно применять ферромагнитные частицы с отношением  $l/d = 8$ .

Также одной из задач эксперимента стало установление зависимостей эффективности действия вихревого слоя от коэффициента  $K$  заполнения рабочей камеры. Для нахождения указанных зависимостей авторами были выполнены экспериментальные исследования на АВС с использованием виброанализатора ДСА – 2001 по определению вибрации.

Измеренные максимальные среднеквадратические значения (СКЗ) виброускорения занесены в табл. 2.

Таблица 2

**Максимальные СКЗ виброускорения при определении радиальной и осевой составляющих в зависимости от коэффициента заполнения рабочей камеры  $K$**

№ опыта	$\frac{K}{K_{кр}} 100\%$	Рад-е СКЗ $\varepsilon_p$ , м/с <sup>2</sup>	Осевое СКЗ $\varepsilon_o$ , м/с <sup>2</sup>	№ опыта	$\frac{K}{K_{кр}} 100\%$	Рад-е СКЗ $\varepsilon_p$ , м/с <sup>2</sup>	Осевое СКЗ $\varepsilon_o$ , м/с <sup>2</sup>
1	5	0,045	0,017	11	55	0,200	0,050
2	10	0,060	0,015	12	60	0,180	0,042
3	15	0,070	0,022	13	65	0,200	0,050
4	20	0,160	0,025	14	70	0,230	0,065
5	25	0,120	0,028	15	75	0,220	0,080
6	30	0,145	0,038	16	80	0,270	0,085
7	35	0,145	0,040	17	85	0,300	0,095
8	40	0,200	0,040	18	90	0,280	0,050
9	45	0,200	0,040	19	95	0,015	0,015
10	50	0,250	0,065	20	100	0,000	0,000

Анализ данных эксперимента показывает, что оптимальное значение  $K$ , при котором наблюдаются максимальные значения виброускорения, свидетельствует о наибольшей эффективности процесса реструктуризации и находится в районе 85% от  $K_{кр}$ . Таким образом, полученные данные эксперимента позволили определить оптимальные численные значения коэффициента заполнения рабочей камеры АВС ферромагнитными частицами, справедливые для всех видов судовых топлив.

Были получены полиномиальные регрессионные уравнения, описывающие взаимосвязь между СКЗ виброускорений, измеренных на корпусе рабочей камеры АВС, а также эффективностью реструктуризации ВТЭ и степенью заполнения рабочей камеры АВС (1, 2, 3). Адекватность полученных уравнений также проверена в «Microsoft Office Excel» с использованием критерия R2.

$$\varepsilon_o = 2,07 \cdot 10^{-7} \cdot K^4 - 9,18 \cdot 10^{-10} \cdot K^5 - 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot K^3 + 5,78 \cdot 10^{-4} \cdot K^2 - 7,35 \cdot 10^{-3} \cdot K + 4,36 \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_p = 3,32 \cdot 10^{-8} \cdot K^5 - 1,22 \cdot 10^{-10} \cdot K^6 - 3,41 \cdot 10^{-6} \cdot K^4 + 1,66 \cdot 10^{-4} \cdot K^3 - 3,93 \cdot 10^{-3} \cdot K^2 + 4,57 \cdot 10^{-2} \cdot K - 1,16 \cdot 10^1 \quad (2)$$

$$\varepsilon = 3,55 \cdot 10^{-8} \cdot K^5 - 1,33 \cdot 10^{-10} \cdot K^6 - 3,58 \cdot 10^{-6} \cdot K^4 + 1,70 \cdot 10^{-4} \cdot K^3 - 3,92 \cdot 10^{-3} \cdot K^2 + 4,49 \cdot 10^{-2} K - 9,59 \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

Окончательным этапом исследования стал эксперимент по определению степени реструктуризации топлива в АВС с оптимизированной загрузкой ферромагнитных частиц  $K = 0,85K_{кр}$ ,  $d = 1$  мм,  $l/d = 8$ . Результаты лабораторных испытаний судового маловязкого топлива (СМТ) и мазута марки 100 «до» и «после» реструктуризации сведены в табл. 3 и показывают следующее: уменьшение содержания серы на 10 % при содержании воды 0,15% для СМТ и снижение содержания серы на 29,5% при содержании воды 38,8% для мазута.

Основные характеристики топлива «до» и «после» обработки

Наименование показателя	До исп.	После исп.	До исп.	После исп.
1. Цетановый индекс	51,2	51,3	---	---
2. Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,600	3,630	---	---
3. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С	74	74	---	---
4. Массовая доля серы, %, не более, в топливе	0,083	0,075	1,67	1,18
5. Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива	1	1	---	---
6. Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива	1,00	1,00	---	---
7. Йодное число, г йода на 100 г топлива	0,9	0,9	---	---
8. Зольность, %	отс.	отс.	---	---
9. Коксуемость, 10%-го остатка, %	0,01	0,01	---	---
10. Содержание воды по Фишеру, мг/кг	38	1548	---	---
% масс	0,004	0,155	---	38,8
11. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	827,9	828,4	---	---

В процессе проведения опытов по определению неизвестных величин из рабочей камеры были извлечены образцы ферромагнитных частиц для оценки степени их износа. В итоге было установлено, что на протяжении 10 ч. работы АВС общий износ ферромагнитных частиц составил около 2% по массе.

#### Список литературы:

- [1] Курников А.С., Панов В.С. Патент на полезную модель № 92622. Российская Федерация. Установка подготовки топлива для дизелей / А.С. Курников, В.С. Панов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «ВГАВТ». – № 2009136611; заявл. 02.10.2009; опубл. 27.03.2010. – 3 с.: ил.
- [2] Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. Киев: Техника, 1976. 144 с.
- [3] Панов В.С. Совершенствование судовой топливной системы на основе вихревого эффекта и комплексной обработки воды для водотопливной эмульсии: дисс. канд. техн. наук: 05.08.05 / ВГАВТ. – Н.Новгород, 2012. -152 с.

**Ф.Ф. Репин**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

При смене объектов производства, что характерно для судового машиностроения, технологический цикл претерпевает изменения, однако выполнение отдельных технологических процессов и операций сохраняется неизменным. В этом случае стандартные технологические процессы могут быть использованы целиком или с некоторыми дополнениями при подготовке производства. Использование таких стандартов позволяет:

– освободить технологические службы от разработки технологических процессов