

УДК 621.6

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ТЕРМИЧЕСКОМУ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД (ОБЗОР ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ)

Чернов Владимир Александрович¹, аспирант

e-mail: vov7777@bk.ru

Шураев Олег Петрович¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: solwrk@inbox.ru

Чичурин Александр Геннадьевич¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: alex1.chich@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Статья посвящена обзору результатов экспериментальных исследований способа термического обезвреживания нефтесодержащих вод, образующихся в процессе эксплуатации энергетической установки судна. Суть рассматриваемой реализации данного способ заключается в распылении нефтесодержащей воды в газовыпускном тракте судового дизеля с последующим испарением и дожиганием нефтепродуктов. Исследования проводились на специально разработанном лабораторном стенде, имитирующем условия в газоходе дизеля. Получено распределение температуры по длине газохода.

Ключевые слова: нефтесодержащие воды, термическое обезвреживание, газовыпускная система дизеля.

EXPERIMENTS ON THERMAL NEUTRALIZATION OF OILY WATERS (REVIEW OF THE FIRST RESULTS)

Chernov Vladimir Aleksandrovich¹, Doctoral Student

e-mail: vov7777@bk.ru

Shurayev Oleg Petrovich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: solwrk@inbox.ru

Chichurin Alexander Gennadievich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: alex1.chich@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article is devoted to the review of the results of experimental studies of the method of thermal neutralization of oily waters formed during the operation of the ship's power plant. The essence of the considered implementation of this method is the spraying of oily water in the gas outlet tract of a marine diesel engine, followed by evaporation and afterburning of petroleum products. The research was carried out on a specially designed laboratory bench that simulates the conditions in the diesel flue. The temperature distribution along the length of the flue is obtained.

Keywords: oily waters, thermal neutralization, diesel exhaust system.

Разнообразие методов утилизации нефтесодержащих вод (НСВ) не гарантирует полную очистку воды от нефтепродуктов. В большинстве случаев, хотя качество очищенной воды и соответствует нормам, таким как MARPOL 73/78, небольшое количество нефтепродуктов все же остается в сбрасываемой воде. После очистки НСВ известными методами концентрация нефтепродуктов в очищенной воде составляет 1...10 ppm [1-6] при штатной работе оборудования, а при условно нормальной работе средств очистки она может достигать до 1%.

Способ термического (огневого) обезвреживания обеспечивает полную нейтрализацию НСВ. Одним из вариантов термического (огневого) обезвреживания является распыление НСВ в газовыпускном тракте судового двигателя. При этом происходит нагревание НСВ теплотой отработавших газов, испарение воды и последующее разложение и дожигание нефтепродуктов [6, 7]. Это направление малоизучено, особенно с точки зрения его применимости в условиях судовой энергетической установки.

К настоящему времени разработан и изготовлен лабораторный стенд (рис.1). Стенд состоит из напорного бака, газохода, источника горячих газов и системы регистрации измерений [9].

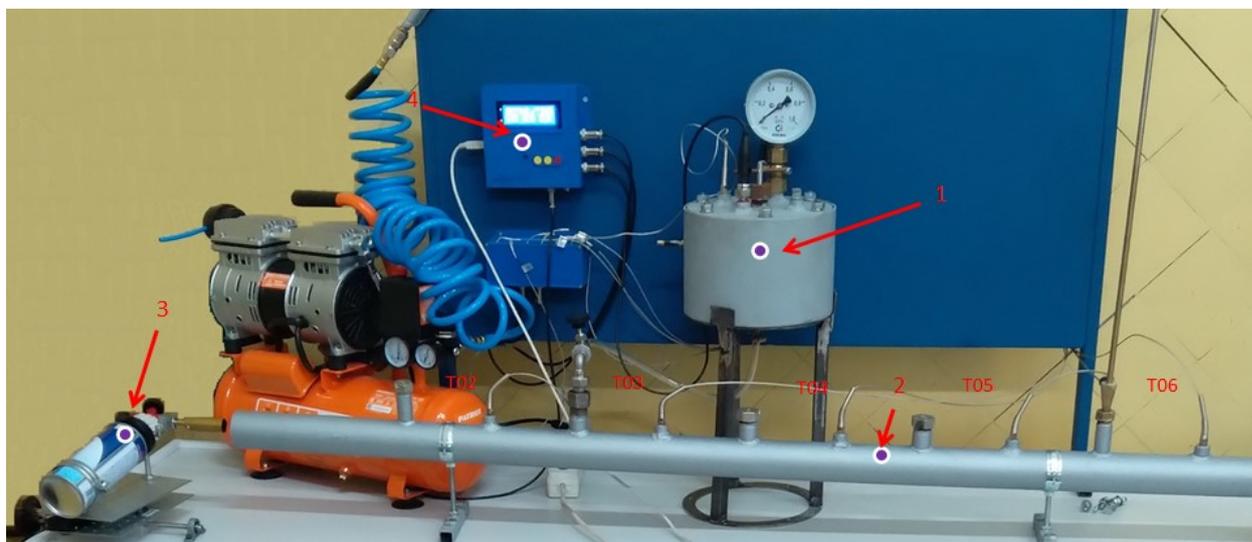


Рисунок 1 – Стенд для термического обезвреживания нефтесодержащих вод
1 – напорный бак, 2 – газоход, 3 – источник горячих газов, 4 – Блок регистрации измерений

В Российской Федерации установлены нормы на выбросы оксидов азота (NO_x в пересчете на NO_2), угарного газа (CO) и углеводороды (CH) в отработавших газах судовых дизелей. Поскольку установка нейтрализации НСВ включается в состав газовыпускной системы дизеля, то при ее проектировании необходимо учитывать эти нормы. Таким образом, одним из важнейших критериев эффективности новой установки является обеспечение параметров газа на выходе в соответствии с требованиями к содержанию вредных веществ в отработавших газах судовых дизелей.

Для корректности экспериментальных исследований стенд должен обеспечить соответствие продуктов сгорания по контролируемым выбросам вредных веществ судовых двигателям, работающим как на традиционном топливе, так и на газовом. В рамках первых опытов установлено, что данные условия выполняются. Результаты, представленные в таблице, указывают, что параметры продуктов сгорания стенда либо соответствуют

параметрам продуктов сгорания двигателей, либо отличается от них в лучшую сторону, то есть созданный стенд успешно имитирует условия газовыхлопного тракта по температуре, составу ОГ и коэффициенту избытка воздуха [8].

Таблица

Сравнение параметров выпускных газов на испытательном стенде

Объект	$T_g, ^\circ\text{C}$	$\text{O}_2, \%$	CO, ppm	NO, ppm	NO_2, ppm	$\text{CO}_2, \%$	CH, ppm	Alf
8ГЧН22/28	423,4	11,9	654	210	0	4,7	356	2,14
Г70-5	правый	309,6	485	752	16	6,4	107	2,31
	средний	308,0	328	1020	26	7,0	106	2,15
	левый	307,7	767	1129	30	7,2	271	2,06
Стенд	200 - 550	12,9	26	33	3	6,0	0	2,49

Для исследования собственно процесса термического обезвреживания в газоходе установлено 5 термопар. Причем 1-я (T02) установлена до форсунки, а остальные после форсунки (рис. 1).

На данный момент проведён ряд настроечных экспериментов, заключающихся в контроле температуры и состава отработавших газов при работе горелки в качестве источника продуктов сгорания, при подаче воздуха, чистой воды и НСВ (рис. 2).

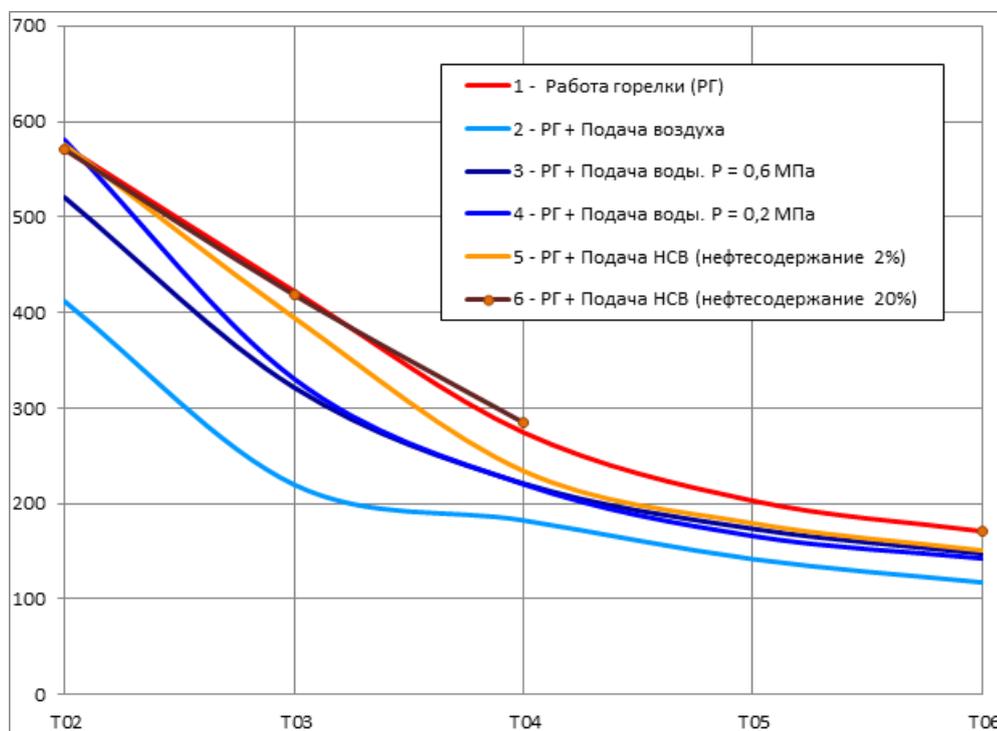


Рисунок 2 – Изменение температуры по длине газохода (средние по времени значения)

Подача НСВ с разным нефтесодержанием (2% и 20% соответственно) нефтепродуктов приводит к увеличению температуры в зоне реакции. Это увеличение температуры можно объяснить исключительно подводом теплоты, и единственным возможным её источником на этом участке газохода являются химические процессы, связанные с окислением молекул дизельного топлива в составе НСВ. Зона реакции обезвреживания НСВ сосредоточена на локальном участке от середины интервала между термопарами Т02 и Т03 до места установки термопары Т04. Это свидетельствует о том, что именно в этой области происходят ключевые химические реакции, приводящие к обезвреживанию нефтепродуктов. Таким образом, подача образцов не только повышает температуру, но и активизирует химические процессы обезвреживания НСВ в этой зоне.

Для установления связи между давлением в баке, откуда поступает НСВ, и её расходом через форсунку, проведена серия экспериментов, в результате которых была построена тарировочная кривая, которая позволяет прогнозировать поведение системы при различных режимах работы, и обеспечивает более точное регулирование подачи НСВ в процессе лабораторных исследований.

На основании проведенных исследований и достигнутых результатов, становится ясно, что эффективность процесса обезвреживания нефтесодержащих вод зависит от множества факторов. Эти факторы, включают в себя концентрацию нефтесодержащих вод, температуру отработавших газов и давление подачи нефтесодержащей воды.

В ближайшей перспективе запланирован отсеивающий эксперимент, который позволит определить влияние каждого фактора на эффективность процесса обезвреживания нефтесодержащих вод.

Выводы

1. Одним из немногих способов полной утилизации нефтесодержащих вод является термическое (огневое) обезвреживание.

2. Для исследования в области термического обезвреживания НСВ создан экспериментальный стенд, имитирующий по газовому составу и температуре условия в газоходе дизеля.

3. Проведенные первые эксперименты на стенде позволили получить распределение температуры по длине газохода для разных случаев: без подачи НСВ, с подачей воздуха, с подачей чистой воды и НСВ. Замечено, что при подаче НСВ температура после форсунки оказывается выше температуры при подаче чистой воды. Так как дополнительных источников теплоты в газоходе нет, то такое повышение температуры может быть вызвано реакциями окисления нефтепродуктов из состава НСВ.

4. Выявление факторов, влияющих на процесс термического обезвреживания НСВ, возможно при проведении отсеивающего эксперимента.

Список литературы:

1. Ходжаев С.С., Страхова Н.А. Современные процессы и установки для очистки судовых нефтесодержащих вод // Эксплуатация морского транспорта. – 2019. – № 4 (93). – С. 91 – 99. – DOI 10.34046/aumsnomt93/16. – EDN IHJNPS.

2. Тихомиров Г.И. Технологии обработки воды на морских судах. - Владивосток, Мор. гос. ун-т, 2013. - 159 с.

3. Методы утилизации нефтяных шламов / И. Ш. Хуснутдинов, А. Г. Сафиулина, Р. Р. Заббаров, С. И. Хуснутдинов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58. – № 10. – С. 3 – 20. – EDN UQCSGR.

4. Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. - М.: Новые технологии, 2010. - 272 с.



5. Писарев, А. О. Актуальные проблемы очистки судовых нефтесодержащих вод / А. О. Писарев, А. С. Курников // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2009. – № 27. – С. 97 – 108. – EDN ROBTXF.

6. Чернов В.А., Бевза Д.И., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Методы очистки нефтесодержащих вод // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. №. 3. С. 50 – 59. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-3-50-59>.

7. Чичурин А.Г., Шураев О.П. Утилизация нефтесодержащих вод теплотой отработавших газов судовых дизелей. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. - 2016. - №47. - С. 201 – 206.

8. Чернов В.А., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Стенд для исследования термического обезвреживания нефтесодержащих вод. // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. - №73. - С. 79 – 87. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.314>

