

УДК 628.315:621.6

СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ СУДОВЫХ НЕФТЕОТХОДОВ**Чичурин Александр Геннадьевич**¹, кандидат технических наук, доцент*e-mail:* alex1.chich@yandex.ru**Шураев Олег Петрович**¹, кандидат технических наук, доцент*e-mail:* solwrk@inbox.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В настоящее время на морских судах сложилась определенная структура сбора и утилизации нефтеотходов. Она включает систему сбора нефтеотходов и систему их утилизации. Анализ современных конструкций судовых технических средств утилизации показывает, что в большинстве своем их выбор не всегда обоснован. Рассматриваются направления совершенствования судовой системы утилизации нефтеотходов.

Ключевые слова: нефтеотходы, нефтесодержащие воды, нефтешлам, загрязненные нефтепродукты, способы утилизации.

MARINE OIL WASTE DISPOSAL SYSTE**Alexander G. Chichurin**¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*e-mail:* alex1.chich@yandex.ru**Oleg P. Shurayev**¹, Candidate of Technical Science, Associate Professor*e-mail:* solwrk@inbox.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Currently, there is a certain structure for collecting and disposing of oil waste on marine vessels. It includes an oil waste collection system and a recycling system. An analysis of modern designs of shipboard recycling facilities shows that, for the most part, their choice is not always justified. The directions of improving the ship's oil waste disposal system are being considered.

Keywords: oil waste, oil-containing waters, oil sludge, contaminated petroleum products, disposal methods.

При эксплуатации СЭУ современных судов неизбежно появляются нефтеотходы. Их принято разделять на нефтесодержащие воды (НСВ), нефтешлам (НФШ) и загрязненные нефтепродукты [1].

НСВ это обычно загрязненная нефтепродуктами вода, которая скапливается под сланями машинного отделения [1, 2]. Как правило, содержание нефтепродуктов здесь не превышает 1-2%, хотя может достигать и больших значений. Частицы нефтепродуктов

имеют размеры от порядка единиц до сотен микрон. Эти частицы могут образовывать сложные множественные эмульсии. Кроме того, в воде содержатся растворенные нефтепродукты с концентрацией до 10 ppm [3, 4] и частицы поверхностно-активных веществ (ПАВ).

НФШ это отходы, которые в основном образуются при сепарации топлива и нефтепродукты, выделяемые при очистке НСВ. НФШ, как правило, обводнен до 50% и более, и может представлять собой сложные множественные эмульсии [5, 6].

Загрязненный нефтепродукт – это в основном отработанное масло, а также забракованное топливо, например, обводнённый мазут после длительного хранения.

Одно из естественных требований к судовой системе утилизации судовых нефтеотходов – оказание минимального влияния на окружающую среду. Для реализации этих требований регламентируются требования к степени очистки сбрасываемых НСВ (например, не более 15 ppm) и порядку их сброса, а также к отработавшим газам дизелей [7, 8]. Однако отсутствуют требования к дымовым газам судовых котлов и инсинераторов.

В настоящее время на морских судах сложилась определенная структура сбора и утилизации нефтеотходов. Она включает систему сбора и систему их утилизации (рисунок 1).

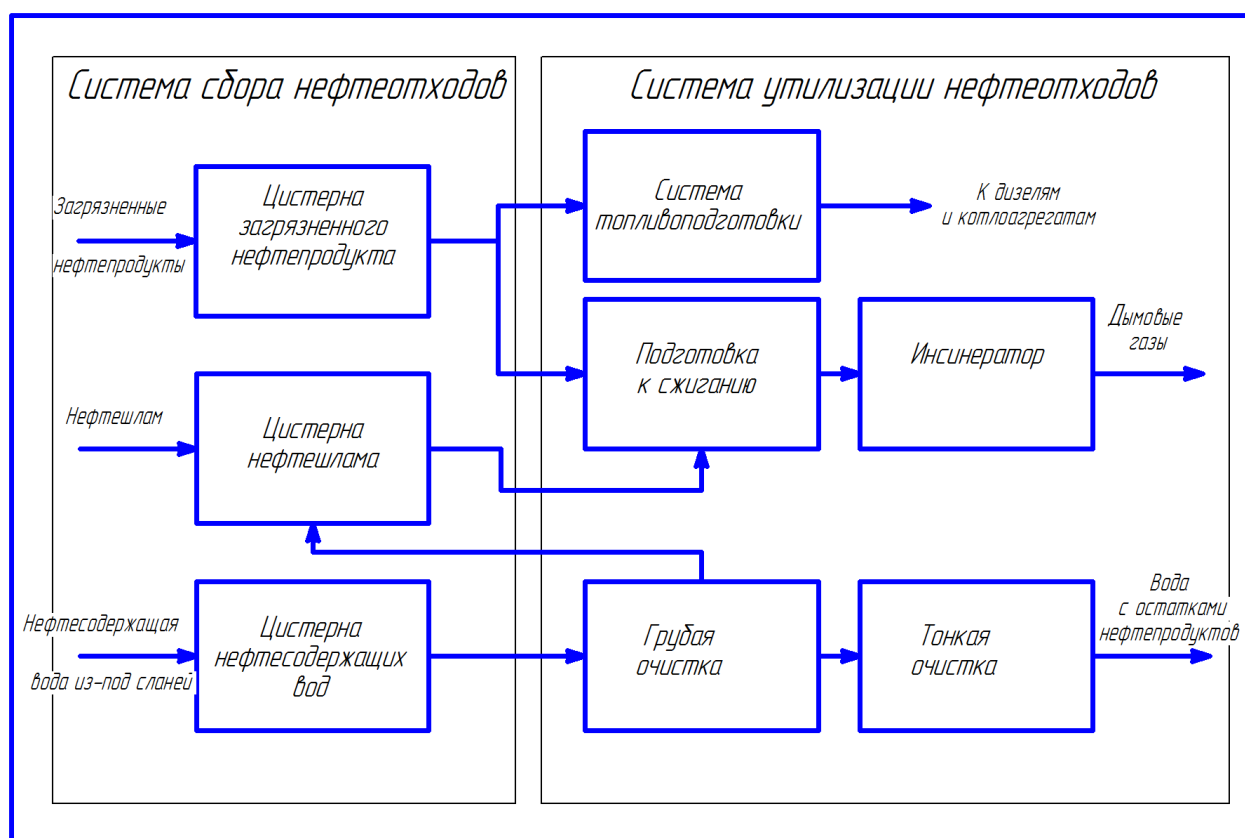


Рисунок 1 – Судовая система сбора и утилизации нефтеотходов

На современных судах отсутствуют принципиальные проблемы со сбором нефтеотходов, так как при проектировании и постройке судов, как правило, предусматривается разделение потоков нефтеотходов и их направление в танки НСВ, НФШ и загрязненного нефтепродукта. Иногда обводненное тяжелое топливо (например, мазут после длительного хранения) хранят отдельно. В ряде случаев нефтеотходы всех типов могут собираться и в один танк.

Основные проблемы возникают при утилизации нефтеотходов. Они сводятся к утилизации содержимого цистерн НСВ, НФШ и загрязненного нефтепродукта.

Что касается загрязненного нефтепродукта, это есть, по сути, обычное углеводородное топливо. На современных судах загрязненные нефтепродукты могут быть использованы в качестве топлива для дизелей и котлов, но также могут сжигаться в инсинераторах. При подготовке загрязненного нефтепродукта в качестве топлива для дизелей и котлов могут быть применены обычные, стандартные мероприятия по топливподготовке: сепарация, фильтрация, подогрев и др. Доказано [9-11], что сжигание таких загрязненных нефтепродуктов целесообразно проводить в виде ВТЭ. При этом содержание воды в ней не должно превышать 20-30%.

Утилизация НСВ на судах сводится к её очистке до необходимой степени (10-15 ppm) и сбросу очищенной воды за борт [12, 13]. Для этого, как правило, применяется двухступенчатая схема очистки НСВ [3, 14]. Первая ступень - это грубая очистка. Здесь из НСВ удаляется основная масса нефтепродуктов и нефтесодержание НСВ понижается с 1-2% до величины порядка 100 ppm. На этой ступени очистки используется обычно отстаивание в сочетании с другими способами, например, флотацией, подогревом и т.п. Нефтепродукты, выделенные на первой ступени очистки представляют собой обводненный НФШ в виде сложной эмульсии, причем объем выделенного НФШ не превышает нескольких процентов от первоначального объема НСВ. На этой ступени очистки НСВ никаких принципиальных проблем не возникает.

После первой ступени очистки частицы нефтепродукта в НСВ имеют малые размеры (от 5 мкм и ниже) и могут быть покрыты бронирующей оболочкой ПАВ. Также в воде могут содержаться растворенные нефтепродукты. Кроме того, в воде остаются и молекулы ПАВ. Мелкие частицы нефтепродуктов находятся в непрерывном броуновском движении. В ходе этого движения частица нефтепродукта, сталкиваясь с молекулами ПАВ, забирает их в свою оболочку, и, тем самым, она становится все более и более прочной – говорят, что эмульсия «стареет».

Вторая ступень очистки должна обеспечивать доочистку НСВ до требуемого Конвенцией MARPOL [7] нефтесодержания. Для этих целей, как правило, используются фильтры различных конструкций и конфигураций. На выходе фильтра вода имеет определенное нефтесодержание, обусловленное тем, что фильтр пропускает растворенные нефтепродукты, а также частицы нефтепродуктов меньше некоторого, характерного для данного фильтра, размера. Кроме того, нефтесодержание повышается вследствие высокой прочности внешней оболочки частицы нефтепродукта, препятствующей ее удержанию фильтром. При этом фильтры со временем теряют способность выполнять свои функции, и требуют замены. В настоящее время известен целый ряд устройств [3], работающих по указанной выше схеме. Однако всем им присущи указанные недостатки:

- вода, сбрасываемая после очистки, содержит нефтепродукты;
- такие установки дорогие, сложны в эксплуатации, энергозатратны.

Поэтому одна из основных проблем на данном этапе – это разработка более совершенных способов утилизации НСВ с малой концентрацией нефтепродуктов (менее 100 ppm).

Утилизация НФШ сводится к его сжиганию в инсинераторе. Здесь также иногда сжигаются и загрязненные нефтепродукты. Перед сжиганием НФШ проходит определенную подготовку. Проблемы подготовки к сжиганию и сжигание связаны в основном с особенностями НФШ: его структура, состав (концентрация горючих элементов, и особенно содержание влаги) может меняться в процессе эксплуатации СЭУ в широких пределах. Одна из основных задач по подготовке к сжиганию НФШ - это его обезвоживание до нужной степени [4, 12].



Традиционные методы обезвоживания, такие как отстаивание, сепарация, малопригодны вследствие близких значений плотностей НФШ и воды. Наиболее часто, для отделения НФШ от воды, применяется метод выпаривания, то есть нагрев НФШ до температуры кипения воды. При этом испаряется основная масса воды. Для удаления воды, находящейся в мелкодисперсном состоянии, НФШ необходимо греть до температуры порядка 170 °С и поддерживать данную температуру достаточно длительное время, исчисляемое сутками. Данный подход может реализоваться различными способами (путем расположения нагревательных элементов, обеспечения перемешивания мазута при нагреве и др.), но их существо остается неизменным [4]. Однако, в настоящее время отсутствуют надежные и простые способы контроля содержания воды в НФШ, что делает процесс слабо контролируемым. Поэтому одной из основных задач на данном этапе является разработка энергоэффективных способов обезвоживания НФШ и текущего контроля влаги в его составе.

Процесс сжигания НФШ в котле или инсинераторе должен сопровождаться минимальными вредными выбросами в составе продуктов их сгорания. Это может быть обеспечено при оптимальном значении коэффициента избытка воздуха. Процесс настройки процесса горения по коэффициенту избытка воздуха даже для стандартного топлива достаточно сложная, трудоемкая работа, требующая высокой квалификации и соответствующего оборудования. При сжигании НФШ, его состав, степень обводненности может меняться в широких пределах, поэтому должно быть постоянное соответствие между составом НФШ, и количеством воздуха подаваемых в топку [15]. На данном этапе важнейшей задачей является разработка способов настройки процесса горения на оптимальное значение коэффициента избытка воздуха.

Выводы

Таким образом, при утилизации судовых нефтеотходов приходится сталкиваться со следующими нерешенными проблемами:

- а) обезвоживание НФШ и тяжелых сортов топлив - выбор наименее затратных и простых в реализации устройств;
- б) организация непрерывного контроля влагосодержания НФШ и тяжелых сортов топлив;
- в) разработка способов настройки процесса горения в инсинераторах и котлах на оптимальное значение коэффициента избытка воздуха;
- г) разработка способов утилизации НСВ с малой концентрацией нефтепродуктов (менее 100 ppm).

Список литературы:

1. Нунупаров С.М. Предотвращение загрязнения моря судами. - М.: Транспорт, 1979. – 336 с.
2. Чичурин А. Г., Шураев О.П., Валиулин С.Н. Утилизация нефтесодержащих вод с малым содержанием нефтепродукта // Труды 19-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2018": Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов, Нижний Новгород, 15–18 мая 2018 года. – Н.Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2018. – EDN JGDSBA.
3. Тихомиров Г.И. Технологии обработки воды на морских судах. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. – 159 с.
4. Чичурин А.Г., Шураев О.П., Чернов В.А. Утилизация нефтесодержащих вод на водном транспорте // Транспорт. Горизонты развития: Труды 3-го Международного



научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 14–16 июня 2023 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 25. – EDN OKUAMO.

5. Чичурин А. Г., Шураев О.П. Обезвоживание нефтешлама и мазута // Труды 19-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2018": Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов, Нижний Новгород, 15–18 мая 2018 года. – Н.Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2018. – EDN IDDPUS.

6. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. – М.: Недра, 1987. – 224с.

7. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973, измененная протоколом к ней 1978 г. (МАРПОЛ 73/78). М.: ЦНИИМФ, 2012. 762 с.

8. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов / Российское классификационное общество. М.: Изд-во РКО, 2019. – URL: <https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-i-osvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-predotvrashcheniya-zagryazneniya-okruzhayushchey-sredy-s-sudov/> (Дата обращения 15.05.2025).

9. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1988. – 108 с.

10. Иванов В. П., Дронченко В. А Использование нефтесодержащих отходов в качестве добавки к топливу, сжигаемому в паровом котле // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 16. – С. 178-183. – EDN YKQPLN.

11. Получение устойчивых водотопливных эмульсий на основе нефтешламов с использованием виброкавитационной технологии / Е. В. Черкасов, Ю. А. Пименов, А. С. Мазур [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2013. – № 18(44). – С. 068-070. – EDN QAUAJT.

12. Ермошкин Н.Г., Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н. Судовые установки очистки нефтесодержащих вод. – Одесса, Феникс, 2004. – 41 с.

13. Стахов Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.

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

15. Чичурин А. Г., Шураев О. П. Влияние коэффициента избытка воздуха на эффективность судовой котельной установки при работе на водотопливной эмульсии // Великие реки - 2020: Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 60. – EDN KAONBQ.

