

УДК 628.3

*Ноур Даниил Игоревич*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

*Богаутдинов Данил Витальевич*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

*Зейлерт Андрей Владимирович*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

## **СУДОВЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД**

*Аннотация.* В данной статье описана экологическая проблема о загрязнении мирового океана нефтью и об последствиях загрязнения и об очистке нефтесодержащих. Приведены требования, предъявляемые к сепараторам, а также способы работы наиболее распространенных из них.

*Ключевые слова:* сепаратор, отстой, нефтесодержащие воды, нефть.

*Annotation.* This article describes the environmental problem of oil pollution of the world ocean and the consequences of pollution and the purification of oil-containing. The requirements for separators are given, as well as the methods of operation of the most common of them.

*Keywords: separator, sludge, oily waters, oil.*

## **Введение**

В настоящее время Мировой океан играет все большую роль в жизни человечества, являясь огромной кладовой минеральных, энергетических, растительных и животных богатств, которые — при рациональном их потреблении и искусственном воспроизводстве — могут считаться практически неисчерпаемыми. Океан способен решить самые остро стоящие задачи: необходимость обеспечения быстро растущего населения продуктами питания и сырьем для развивающейся промышленности, опасность энергетического кризиса, недостаток пресной воды, потребность в которой возрастает с каждым годом. Наконец, океан — важнейшая коммуникационная сфера, которой пользуются все государства. Поэтому предотвращение загрязнения Мирового океана — одна из самых острых и актуальных проблем на сегодняшний день, которая носит ярко выраженный международный характер.

Однако, как показывает практика, чем дольше человек исследует просторы мирового океана — тем сильнее он его загрязняет. Ухудшение состояния окружающей морской среды приводит к значительным экономическим издержкам в результате деградации природных ресурсов. Загрязнение водных ресурсов также приносит значительный экономический ущерб рыболовству, которое является источником пропитания и существования для многих людей: примерно для 100 млн людей в бедных странах это единственный или важный источник средств к существованию. Поэтому важно знать, что является причиной загрязнения водных акваторий России и других государств.

Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление в водные объекты вредных

веществ, ухудшающее качество поверхностных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и береговых водных объектов.

В настоящее время загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами достигло уже 1/5 его общей поверхности. Только 1 т нефти способна покрыть до 12 км<sup>2</sup> поверхности моря. А нефтяная пленка нарушает все физико-химические процессы: повышается температура поверхностного слоя воды, ухудшается газообмен, рыба уходит или погибает, но и осевшая на дно нефть долгое время вредит всему живому. В верхних 5—10 см водной толщи развивается богатейшее сообщество самых разнообразных организмов. На поверхности же накапливаются вещества-загрязнители, в том числе нефть и нефтепродукты.

Главные источники нефтяного загрязнения морской среды показаны на рисунке 1 исходя из годового сброса нефтепродуктов в размере 3—3,5 млн т.

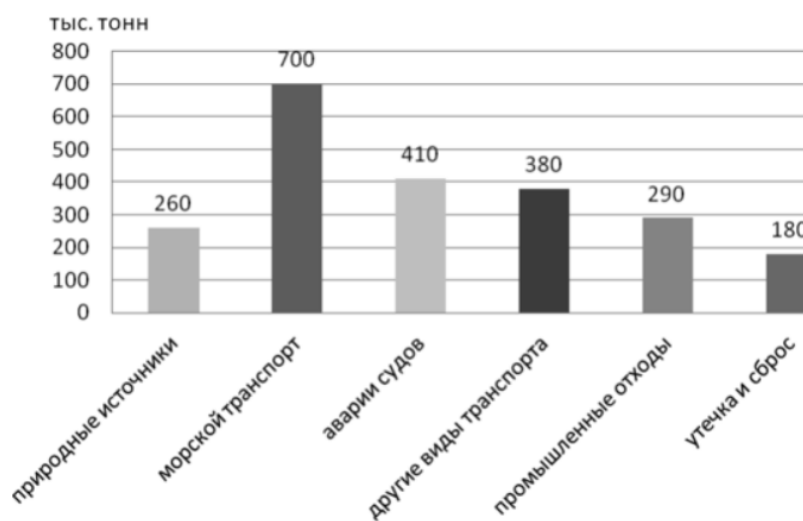


Рис. 1. Главные источники нефтяного загрязнения морской среды

## Требования МАРПОЛ

Так как каждое судно является источником загрязнения окружающей среды сточными водами, сухим мусором, пищевыми отходами и нефтепродуктами. В 1973 г. Международная морская организация (ИМО)

являющейся органом ООН приняла Международную Конвенцию МАРПОЛ 73 по предотвращению загрязнения с судов. Положения Конвенции МАРПОЛ 73 и Протокола 1978 г. представляют единый документ, кратко называемый «Конвенция МАРПОЛ 73/78».

Конвенцией установлены правовые, организационные и нормативнотехнические требования, направленные на предотвращение загрязнения моря с судов и других объектов морской инфраструктуры.

Правила Конвенции распространены на различные источники загрязнения с судов, которые изложены в пяти Приложениях к Конвенции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 посвящено предотвращению загрязнения нефтью.

В соответствии с требованиями Приложения 1 Конвенции, каждое судно должно быть оборудовано техническими средствами очистки нефтесодержащих вод (НВ), что подтверждается выдачей этим судам Международного свидетельства о предотвращении загрязнения нефтью.

МАРПОЛ предусматривает два основных технических требования к сепараторам нефтесодержащих вод:

- нефтеводяное фильтрующее оборудование с очистной способностью до уровня нефтесодержания в сбросе не более 15 мл/л;
- автоматическое устройство закрытия сливных клапанов, когда содержание нефти в очищенной воде, сбрасываемой за борт, превышает 15 мл/л.

## Сепараторы нефтесодержащих вод

### Сепаратор «Фрам»

Принципиальная схема установки «ФРАМ» (Голландия) изображен на рисунке 2.

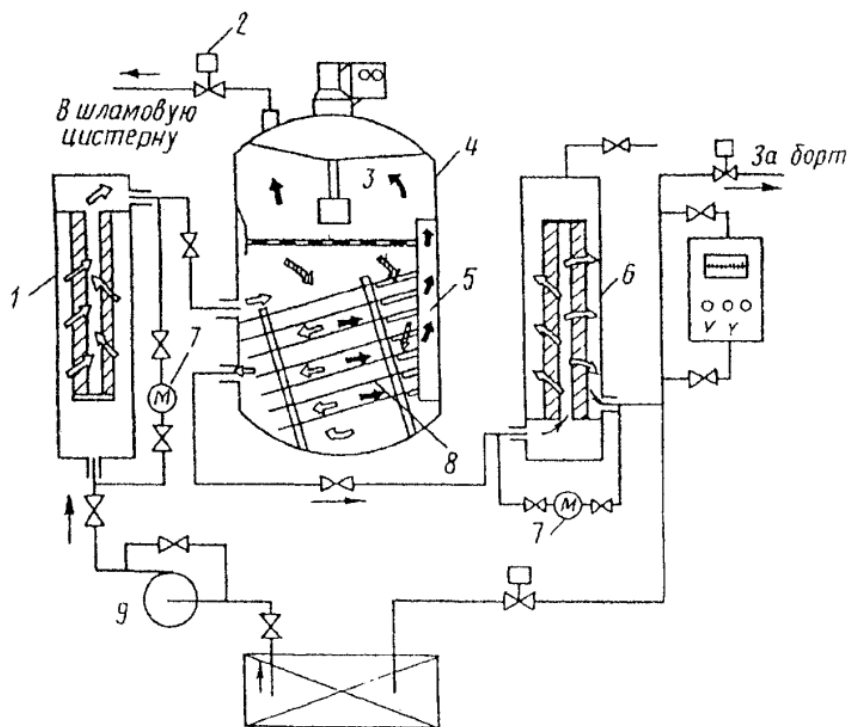


Рисунок 2. Схема установки «ФРАМ»

- 1,6 – коалесцирующие фильтры патронного типа; 2 – соленоидный клапан;  
3 – поплавковое устройство уровня нефтепродуктов; 4 – отстойном сепараторе;  
5 – коллектор; 7 – дифманометр; 8 – наклонные пластины; 9 – насос

При включении установки в работу НВ из судовой сборной цистерны нефтесодержащая жидкость подается в первый коалесцирующий фильтр 1. Степень загрязненности вставок определяется по перепаду давления, который измеряется дифманометрами 7. Далее жидкость поступает в отстойный сепаратор 4. В отстойнике расположен блок наклонных пластин 8, образующих тонкослойный отстойник, между которыми направляется поток воды. Отделенные от воды нефтепродукты поднимаются вдоль пластин вверх и собираются в коллекторе 5. Из него они направляются в верхнюю часть сепаратора.

Уровень накапливаемых нефтепродуктов контролируется поплавковым устройством с пневмоприводом. При накоплении определенного количества нефтепродуктов соленоидный клапан 2 автоматически открывается и, через трубопровод сброса, нефтепродукты сбрасываются в шламовую цистерну. Если концентрация нефтепродуктов в очищенной воде за бортом превысит допустимое значение 15 мг/л происходит прекращение сброса очищенной воды за борт.

### **Сепаратор «ПП МАТИК»**

Принципиальная схема установки «ПП МАТИК» (Швеция) представлена на рисунке 3.

В ней используется два способа очистки – отстой и адсорбция. В установке использована вакуумная прокачка НВ. При включении установки в работу, за счет разрежения, создаваемого насосом 1 (насос расположен за сепаратором), НВ из судовой сборной цистерны начинает поступать в отстойное устройство 2, где отделяются пленочные и грубодисперсные нефтепродукты. Отстоявшиеся нефтепродукты накапливаются в верхней полости отстойника. Как только слой нефтепродуктов достигнет определенной величины, срабатывает датчик 4 и открывает клапан 3. При этом электродвигатель насоса 1 начинает вращаться в противоположную рабочему направлению сторону, и нефтепродукты вытесняются в шламовую цистерну. Сброс нефтепродуктов продолжается до тех пор, пока датчик уровня 4 не зафиксирует отсутствие нефтепродуктов. После этого установка снова начинает работать в режиме очистки. Из отстойника сепаратора 2 вода поступает в фильтр тонкой очистки 8, где происходит отделение эмульгированных нефтепродуктов в слое зернистой фильтрующей загрузки. Затем очищенная вода поступает в сборную емкость 7, откуда сбрасывается за борт. Если прибор контроля за содержанием нефтепродуктов в очищенной

воде 9 подает сигнал о неудовлетворительной очистке, то автоматически закрывается клапан 6, и открывается клапан 5. В результате слив за борт прекращается, и вода начнет сбрасываться в цистерну сбора НВ или в льяла. Степень очистки зависит от эффективной работы каждой ступени установки, поэтому снижение скорости движения воды через сепаратор 2 (гравитационный разделитель) способствует уменьшению концентрации нефтепродуктов на входе в фильтр 8.

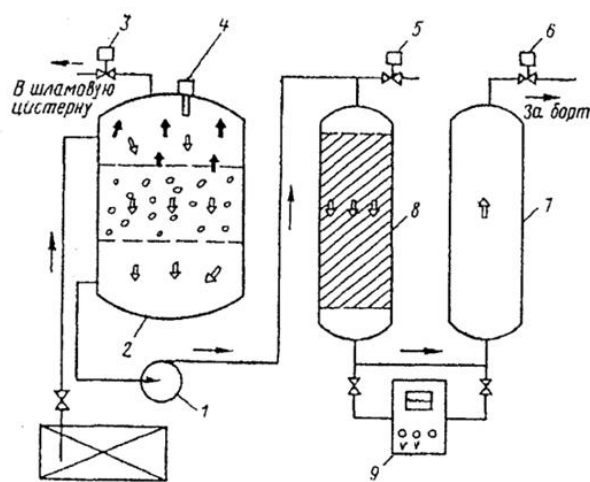


Рисунок 3. Схема очистки нефтеводяной смеси в сепараторе системы «ПП МАТИК»

1- насос; 2- отстойник; 3- пневматический нефтесливной клапан; 4- датчики уровня нефти, управляющие нефтесливными клапанами; 5- клапан для отвода отсепарированных нефтеостатков; 6- клапан отвода очищенной воды; 7- емкость; 8- фильтр; 9- прибор контроля

### Сепаратор «RWO»

Сепараторы типа «RWO» испытаны и допущены к эксплуатации Германским Ллойдом в соответствии с требованиями конвенции. Степень очистки после обработки НВ менее 6 мл/л. На рисунке 4 приведена схема установки очистки нефтесодержащих льяльных вод.

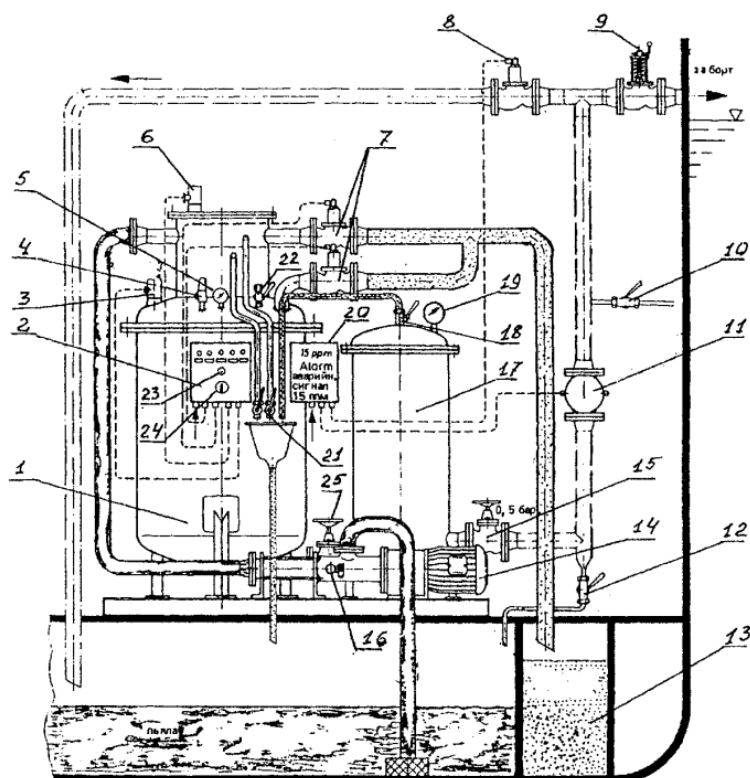


Рисунок 4. Схема установки «RWO»: 1 – корпус сепаратора; 2 – пульт управления; 3 – выходы датчика контроля содержания нефтепродуктов; 4 – предохранительный клапан; 5 – манометр; 6 – выходы датчика контроля содержания нефтепродуктов; 7 – пневмоавтоматические поршневые клапаны сброса нефтепродуктов в сборный танк; 8 – электропневматический клапан возврата льяльной воды при повышении нефтесодержания в ней выше 15 мл/л; 9 – пружинный клапан слива воды за борт; 10 – кран подачи воды для промывки; 11 – аварийный датчик сигнализации при повышении нефтесодержания в сливаемой воде выше 15 мл/л; 12 – кран слива воды; 13 – сборный танк нефтепродуктов; 14 – винтовой насос; 15 – запорно-невозвратный клапан выхода чистой воды; 16 – соленоидный клапан защиты винтового насоса; 17 – корпус фильтра; 18 – кран удаления нефтепродуктов и воздуха; 19 – манометр; 20 – шкаф аварийной сигнализации; 21 – краны слива нефтепродуктов из сепаратора; 22 – кран удаления воздуха из сепаратора; 23 – контрольная кнопка работы системы автоматики; 24 – главный выключатель системы автоматики; 25 – запорный клапан между сепаратором и фильтром

Сепаратор состоит из гравитационного сепаратора 1 типа GSF – с подводными и отводящими трубопроводами и дополнительно включенного фильтра 17. Эксцентриковый однороторный винтовой насос 14 сепаратора



расположен на одном фундаменте с сепаратором и фильтром, имеет защиту от работы всухую, для чего он оборудован соленоидным клапаном 16. При работе насос 14 засасывает НВ из льял машинного отделения и подает ее в верхнюю часть гравитационного сепаратора 1. Гравитационный сепаратор предназначен для предварительной очистки НВ, до содержания нефтепродуктов менее 100 мл/л, т. е. для разделения грубодиспергированных нефтяных эмульсий. Корпус сепаратора представляет собой сварную конструкцию из стали, защищенную от коррозии с внутренней и наружной сторон слоями антикоррозийного покрытия, стойкого против заборной воды. Снаружи гравитационный сепаратор оборудован предохранительным клапаном 4, манометром 5, выводами от датчиков 3 и 6, определяющих содержание нефтепродуктов в колпаках сепаратора. Собравшиеся в колпаке сепаратора нефтепродукты отводятся через пневматические поршневые клапаны 7, в сборный танк нефтепродуктов 13. Контрольные краны 21 служат для визуального контроля наличия нефтепродуктов в колпаках сепаратора. Воздушный кран 22 предназначен для выпуска воздуха из сепаратора в период его заполнения. Вода, содержащая нефтепродукты проходит через гравитационный сепаратор и поступает в фильтр 17. Фильтр с фильтрующим патроном и зачистным трубопроводом предназначен для тонкой очистки НВ до остаточного нефтесодержания – 5 мл/л. Собравшиеся в колпаке нефтепродукты отводятся через управляемый вручную воздушный кран 18. Давление в системе и в корпусе фильтра поддерживается подпружиненным клапаном на выпуске очищенной воды. Степень отделения нефтепродуктов от воды являются постоянными при давлении до 0,2 МПа. Поэтому при постоянном давлении 0,1 МПа в корпусе фильтра и повышении давления в сепараторе до 0,25 МПа является признаком загрязнения фильтрующего патрона, который необходимо заменить. Принцип действия сепаратора «RWO».

Схема движения НВ в сепараторной установке «RWO» показана на рисунке 5. Насос под давлением подает льяльную воду в гравитационный сепаратор по трубопроводу 2. В корпусе сепаратора за счет принудительной циркуляции поток смеси проходит систему кольцевых камер, сечения которых рассчитаны так, чтобы подъемная сила нефтепродуктов в противопотоке преодолела поверхностное трение в воде, и нефтепродукты, таким образом, поднимались в верхнюю часть сепаратора. Этому процессу способствуют участки замедления и ускорения, а также подогрев эмульсии в змеевике 6, так, чтобы даже мельчайшие частицы нефтепродуктов были отделены от воды.

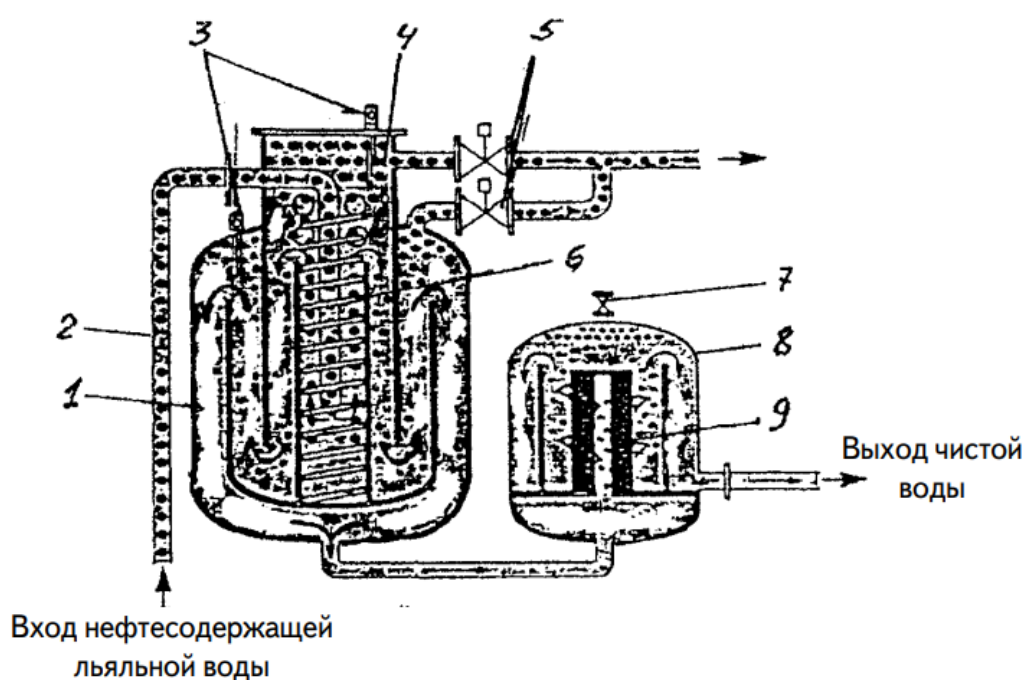


Рисунок 5. Схема движения нефтесодержащей льяльной воды в сепараторе и фильтре:

1 – корпус сепаратора; 2 – трубопровод входа НВ в сепаратор; 3 – выходы электродов; 4 – верхний колпак сбора нефти; 5 – пневмоавтоматические поршневые клапана сброса нефти; 6 – змеевик обогрева эмульсии; 7 – спускной кран нефти из колпака фильтра; 8 – корпус фильтра; 9 – фильтрующий патрон.

Отделенные от воды нефтепродукты собираются в колпаке 4 сепаратора, в двух разделенных друг от друга уравнивательных камерах. Количество нефтепродуктов регистрируется датчиком 3 с чувствительными элементами и

системой автоматического контроля. Собравшиеся в колпаке сепаратора нефтепродукты отводятся через два пневматических поршневых клапана 5 предварительно отрегулированных на давление воздуха от 0,40 МПа до 0,60 МПа в сборный танк нефтепродуктов 13. Вода, предварительно очищенная от нефтепродуктов до значений менее чем 100 мл/л и, в основном, освобожденная от механических примесей, поступает в фильтр 8, в котором, проходя через фильтрующий патрон 9 и зачистные трубки очищается до остаточного содержания в ней нефтепродуктов 5 мл/л. Собравшиеся в колпаке фильтра нефтепродукты отводятся через кран 7, управляемый вручную или автоматически. Значение давления около 0,10 МПа в системе и в корпусе фильтра, поддерживается пружинным клапаном слива очищенной воды за борт. Такая настройка обеспечивает нормальную работу сепаратора и сток нефтепродуктов в сборный танк. Приемные и напорные патрубки соединены байпасом малого диаметра, который служит защитой от работы всухую до тех пор, пока нагнетательный трубопровод не заполнится водой. На байпасе установлен соленоидный клапан, подключенный к системе пуска насоса, который открывается, после ввода его в действие.

### **Заключение**

Таким образом, несмотря на то что были рассмотрены разные сепараторы, во всех использовался один и тот же метод предварительной очистки, а именно отстаивание. Отстаивание позволяет получить глубину очистки до 100 мл/л. При этом, чтобы получить глубину очистки равную 15 мл/л и меньше у сепараторов наиболее распространен метод физико-химической очистки: флотация, коалесценция, адсорбция.

### Список источников:

1. Корнилов Э.В., Бойко П.В, Голофастов Э.И. Справочник по вспомогательным механизмам и судовым системам. -Одесса, Экспресс-Реклама, 2009.-290 с.: ил.
2. StudRef [Электронный ресурс] Современное состояние проблемы загрязнения морских акваторий нефтью с судов:  
[https://studref.com/422446/ekologiya/metody\\_tehnicheskie\\_sredstva\\_ochistki\\_neft\\_esoderzhaschih](https://studref.com/422446/ekologiya/metody_tehnicheskie_sredstva_ochistki_neft_esoderzhaschih)
3. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов, МАРПОЛ 73/78, -- London (UK): ИМО. 2010.—488 p.