



УДК 656.6

**Черных Николай Александрович**, магистрант кафедры проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**Зяблов Олег Константинович**, доцент, к.т.н., доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ, МЕТОДОВ, ТЕХНОЛОГИЙ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДАХ

*Ключевые слова:* защита окружающей среды, ликвидация разливов нефти, очистка выхлопных газов, скрубберы, экологическая безопасность, двухтопливные двигатели, природный газ, экологические нормы.

*Аннотация.* Рассмотрены мероприятия для ликвидации разливов нефти, меры по снижению загрязнения воздуха от выбросов судовых установок. Рассматривается возможность применения газообразного топлива в качестве энергоносителя для судовых двигателей.

С каждым годом мировое судоходство оказывает все большее влияние на мировую экологическую обстановку. Суда сжигают миллиарды баррелей мазута, пагубно воздействуя на окружающий атмосферный воздух, происходят аварийные ситуации, последствия которых могут нанести серьезный удар по экологической обстановке различных мировых регионов.

Нефтеналивные суда как источник загрязнения представляются наиболее опасными для экологии среди всех типов судов, так как являются сосредоточением всех направлений по загрязнению окружающей среды:

- во-первых, танкеры в процессе технической эксплуатации загрязняют биосферу отходами;

- во-вторых, в результате аварий происходит выброс нефтепродуктов;

- в-третьих, происходит выброс парниковых газов;

- в-четвертых, раздражающий шум от судовых установок способствует шумовому загрязнению;

- в-пятых, аварии в результате которых может произойти затопление нефтеналивных судов способны нанести существенный урон окружающей среде.

Любой танкер представляет потенциальную опасность разлива нефти, связанную с возникновением чрезвычайной ситуации. Кроме того, чрезвычайным фактором риска, по данным Российского Речного Регистра, является значительный возраст самоходных нефтеналивных судов и судов перевозящих опасные грузы составляющий в среднем 43,0 года. Тем временем, территория на которой происходит транспортировка нефти и

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава,  
аспирантов и студентов*

*Секция I Вопросы развития и совершенствования флота*

нефтепродуктов в обозримом будущем более экологически безопасной не станет, операции по очистке имеют высокую сложность и достаточно затратны как технически, так и организационно, а поступление в поверхностные воды нефтепродуктов из-за аварий нефтеналивных судов достаточно велико и составляет основную массу общего количества разливаемой нефти.

В настоящее время существует ряд основных мероприятий для ликвидации разливов нефти:

- локализация и изоляция разлившейся нефти;
- сбор нефти и нефтепродуктов при помощи специализированных устройств;
- выжигание разлившейся нефти;
- использование различных сорбентов.

Для сдерживания и локализации нефтяного пятна, в основном, используют боновые заграждения, окружающие нефтяное пятно, предотвращающие его распространение по водной поверхности и увеличивая толщину слоя нефти, способствующие облегчению сбора. Кроме того, боны применяют для изменения направления движения или перемещения нефтяного пятна к месту сбора и его последующей ликвидации. Так же, перенаправление нефти помогает защитить экологически уязвимые участки акватории, такие как входы в порты, затоны, заповедные зоны и прочее. Но даже при сборе нефти в заграждении, она образует очень тонкую пленку, трудно удаляемую без захвата большого количества воды. Похожая проблема возникает и при сжигании нефтяного пятна.

Проблемой сжигания нефти является то, что горение пятна прекращается, когда сгорают легкие фракции – при этом тяжелые компоненты нефти оказываются не тронутыми. Для продления времени горения нефти и, соответственно, повышения эффективности сжигания, необходимо также увеличить толщину слоя нефти на поверхности воды. Кроме того, данный метод применим только при разливах нефти в морях далеко от побережья.

Для сбора с поверхности воды нефти, используют скиммеры или высокомошные насосы. Скиммеры механическим путем собирают нефть с поверхности воды и перекачивают ее в накопительные баки. Скиммеры имеют различные виды и конструкции, каждая из которых оптимизирована для операций различных масштабов аварий, типов нефтепродуктов и условий окружающей среды [1]. Высокомошные насосы снабжены гибкими плавучими рукавами и специальными насадками для сбора поверхностной пленки, и также перекачивают ее в накопительные баки.

Сорбенты, как правило, имеют пористую структуру и их используют для упрощения процесса сбора нефти. Такие вещества не наносят ущерба экологии, не меняют состав воды, после поглощения ими нефти они удаляются с поверхности воды и утилизируются. Сорбенты наиболее эффективны на заключительных этапах очистки береговой линии при удалении небольших луж нефти.

Выхлопные газы судов являются значительным источником загрязнения атмосферы. Это объясняется большой мощностью судовых двигателей, потребляющих большое количество топлива в виде мазута, имеющего очень высокое содержание серы. Высокое содержание серы в воздухе вызывает сложности с дыханием, увеличивает риск инсульта, сердечного приступа, возрастает риск респираторных заболеваний и развития рака лёгких [2]. Выбросы оксида азота и оксида серы от судовых установок достаточно велики и составляют от 18 до 30% оксида азота и 9% оксидов серы от общего объема выбросов во всем мире [3].

Наиболее важным моментом является снижение выбросов оксида серы (SO<sub>x</sub>), так как содержание серы в топливе имеет относительно высокое значение. Проектировщики и судовладельцы имеют три основных пути снижения выбросов SO<sub>x</sub>:

- использование судового топлива с низким содержанием серы или дистиллята в существующем оборудовании;

- установка нового оборудования (или, при возможности, переоборудование существующего оборудования), предназначенного для работы на альтернативном топливе с низким содержанием серы, таком как сжиженный природный газ (СПГ);

- установка системы очистки отработавших газов.

Для нейтрализации выхлопных газов в индустриальной и энергетической промышленности, как правило, используются мокрые насадочные и безнасадочные скрубберы. Скруббер улавливает твердые частицы и газообразные примеси из выхлопных газов за счет смачивающего действия жидкости. Судовой скруббер, чье предназначение заключается в эффективной нейтрализации выхлопных газов от дизельного топлива или мазута, в целом, схож с гражданскими моделями устройств пылегазоочистки в базовом принципе действия:

- Выхлоп «дизеля» или турбины подается в скрубберную колонну, оснащенную жалюзийными ярусами, на которых уложены т.н. насадки – тела высокой удельной площади.

- Блок распылительных форсунок орошает внутреннюю полость аппарата или ярусы с насадками, на поверхности которых создается кипящий псевдосжиженный (межфазный) слой, эффективно реагирующий с загрязнителями. Нежелательные газообразные включения связываются с абсорбентом, образуя «тяжелые» капли шлама.

- Образующийся шлам под действием силы тяжести опадает в шламоприемник, а оставшаяся часть потока дополнительно проходит через туманоуловитель, после чего может быть как выброшена в атмосферу, так и направлена на другие нужды.

- Для снижения общего гидродинамического сопротивления и большей производительности скрубберы могут быть объединены. Крупные морские суда обычно используют две и более параллельно работающих фильтрационных установки.

В целом имеются четыре возможные конфигурации: прямоточные системы, интегрированные системы, диффузорные системы и многодиффузорные системы.

- Прямоточная система. Прямоточные системы предназначены для установки в основном потоке выхлопного газа отдельного дизельного двигателя. Это решение интересно, прежде всего, на судах, где один главный двигатель, работающий на тяжелом топливе.

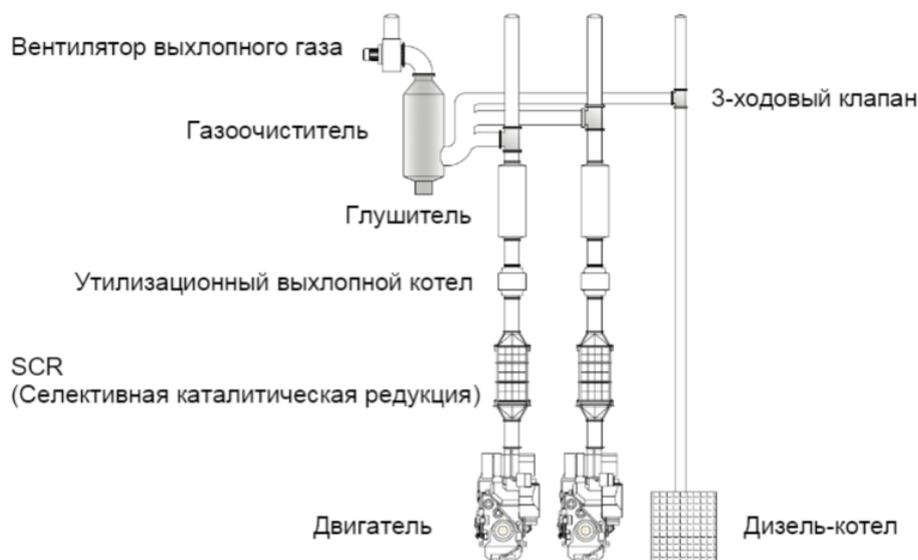


Рис. 1. Интегрированная система

- Интегрированные системы предназначены для очистки выхлопных газов от нескольких главных и вспомогательных двигателей и котлов, установленных на борту, с помощью одного скруббера. Он не повышает противодавление в выхлопной системе, так

как она оборудована выхлопными вентиляторами. Интегрированный скруббер подходит для всех типов судов, и особенно судов с несколькими главными двигателями, судов с одним главным и вспомогательными двигателями, работающими на тяжелом топливе и дизель-электроходов.

- Системы с одним подводом имеют одну точку входа выхлопного газа от отдельного устройства сгорания топлива. Такая конфигурация обеспечивает наиболее гибкое решение для большинства компоновок оборудования. Для очень больших мощностей, когда номинальная мощность превышает максимальный имеющийся типоразмер скруббера можно использовать несколько скрубберов, разделяющих между собой поток выхлопного газа от такого устройства.

- Диффузорные системы с максимум четырьмя точками подводами выхлопного газа могут использоваться для выхлопного газа нескольких устройств сгорания. В целом этот тип скруббера отличается использованием вентилятора, помогающего управлять противодавлением на неработающем подключенном оборудовании и в особенности управлять противодавлением любых подключенных котлов. Скрубберы с несколькими подводами особенно благоприятны, когда они используются для очистки выхлопного газа от нескольких устройств сгорания одинаковой мощности. Эти скрубберы могут использоваться для модификаций и проектов новостроя.

По умолчанию скруббер рассчитан на максимальное содержание серы в топливе 3.5%. эффективность удаления окислов серы соответствует снижению содержания серы в топливе с 3.5% до 0.1%. Это типовая гарантированная выходная характеристика системы скрубберов.

Сжиженный природный газ (СПГ) уже многие годы успешно используют в качестве топлива на танкерах-метановозах. Газ на подобного рода судах используется в котлах паровых турбин, либо в двухтопливных двигателях. В последнее время у судовладельцев возрастает интерес к использованию СПГ в качестве топлива на различных судах водного транспорта. Это обусловлено ужесточением экологических требований к выбросам от судовой энергетической установки (СЭУ).

Мировым лидером в области газификации флота является Норвегия (69% всех метановых судов мира). Сжиженный природный газ начали применять на судах внутренних водных путей. В Голландии и Германии успешно эксплуатируют баржу Greenstream (проект компании Shell). Активно развивается газовый флот Китая. К 2030 году в этой стране планируется иметь 150 морских и речных судов на СПГ. В России же на данный момент действует постановление Правительства Российской Федерации о "Расширении использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте и техникой специального назначения" главными целями которого является - снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду и стимулирование использования природного газа в качестве моторного топлива на морском и речном транспорте.

Двигатели использующие природный газ в качестве топлива показывают себя с точки зрения экономичности более выгодными, к тому же по удельной мощности они не уступают двигателям, использующим дизельное топливо, при этом имеют существенно меньшую эмиссию токсичных выбросов в выхлопных газах. При работе на дизельном и более тяжелых видах топлива вместе с выпускными газами выделяется большое количество частиц сажи, оксида серы и оксида азота, которые негативно влияют на акваторию с точки зрения экологической безопасности. В газовых видах топлива молекулы химически устойчивы и просты по строению, что обеспечивает высококачественный процесс горения топлива и более высокую экологическую чистоту продуктов сгорания. Количество вредных выбросов у данного вида топлива существенно ниже в сравнении с топливом на основе нефти - выбросы оксидов азота снижаются на 90%, диоксида углерода уменьшаются на 30%, а выбросы серы полностью исключаются [4].

Финская машиностроительная компания Вяртсиля Wartsila является европейским лидером в области газовых силовых агрегатов. Компания активно участвует в проектах по переводу морских судов на использование СПГ. Газодизельный двигатель Wartsila 20DF26 способен работать по двухтопливному циклу (1% запальная доза), по мимо СПГ двигатель использует в качестве энергоносителя судовой мазут или дизельное топливо (HFO/MGO).

Есть два основных варианта по переоборудованию судов на СПГ:

- Покупка и установка двигателя работающего исключительно на СПГ. Такой вариант требует больших затрат, так как необходимо установить новый газовый двигатель.
- Использование 2-х видов топлива (20% - дизельное топливо, используется как запальная доза и 80% СПГ). При этом необходимо либо приобрести новый газодизельный двигатель, либо переоборудовать старый дизель. Так же требуется установка дополнительных криогенных емкостей с СПГ к существующим емкостям с дизельным топливом.

Существует масса способов по модернизации обычного дизеля в газодизель. Наиболее простым способом является установка во впускной трубопровод газоздушного смесителя с системой регулирования подачи газа при изменении режима нагрузки (качественное регулирование) и некоторой модернизацией конструкции регулятора подачи запальной дозы дизельного топлива. Этот способ имеет ограниченное применение только для четырехтактных дизелей. Для двухтактного дизеля при таком способе будут иметь место значительные потери газа и создается взрывоопасная смесь на выпуске. В настоящее время разработаны двухтопливные форсунки и системы подачи газового топлива и дизельного топлива на один дизель. Двухтопливная форсунка - это, по сути, две форсунки, объединенные в одном общем корпусе. Одна игла служит для подачи запального жидкого топлива, другая - для подачи основного газообразного топлива. Как правило, для магистрали подачи запального жидкого топлива служит система Common Rail. Управление подачей как запального жидкого топлива, так и основного газового топлива осуществляется электронным блоком.

Однако на данный момент по данным классификационного общества DNV GL в мире лишь 117 судов используют сжиженный природный газ в виде топлива, примерно две трети из них задействованы в Европе. Судовладельцы, несмотря на жесткие ограничения экологического законодательства в отношении выбросов, предпочитают использовать на уже существующих судах экологичные сорта традиционных топлив, чем строить новый флот, ходящий на СПГ.

Существует масса нерешенных проблем, мешающих применению газомоторного топлива на территории РФ. Стоит отметить, что на сегодняшний день не разработана нормативная документация для использования газомоторного топлива, отсутствует инфраструктура бункеровки судов сжиженным природным газом, нет рекомендаций по режимам работы дизелей при переходе на природный газ, не организована система обучения и подготовки экипажа судов для работы на природном газе.

Тем не менее, в мировой практике переход на использование СПГ в качестве топлива ведется стремительными темпами. На постоянной основе вносятся технические и юридические дополнения в нормативную документацию соответствующих стран. СПГ используют на круизных лайнерах, танкерах, паромах, контейнеровозах, судах обеспечения, ледоколах и даже на боевых кораблях. На постоянной основе ведутся разработки в области судовых двигателей, систем хранения и подготовки топлива, оборудования для бункеровки судов, портового оборудования.

### **Список литературы:**

- [1] Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти.- URL: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP\\_5\\_2012\\_RU\\_Use\\_of\\_skimmers\\_in\\_oil\\_pollution\\_response.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP_5_2012_RU_Use_of_skimmers_in_oil_pollution_response.pdf) – Загл. с экрана.

[2] The Smoggy Seas: Cargo Ships Bring Pollution, Health Risks. 09 July, 2016.—[Electronic resource]. Access Point: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2016/07/19/486151324/the-smoggy-seas-cargo-ships-bring-pollution-health-risks>

[3] Air pollution from ships // Transport and Environmental.— [Electronic resource]. Access Point: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>

[4] Епифанов В. С. Применение природного газа в судовых энергетических установках // Речной транспорт. – 2008. – № 4. – С. 77–84.

## **ANALYSIS OF EXISTING SYSTEMS, METHODS, AND TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ON BOARD TANKERS**

Nikolai A. Chernykh. Oleg K. Zyablov

*Keywords: environmental protection, oil spill response, exhaust gas treatment, scrubbers, environmental safety, dual-fuel engines, natural gas, environmental standards.*

*Measures to eliminate oil spills, measures to reduce air pollution from the emissions of ship installations are considered. The possibility of using gaseous fuel as an energy carrier for marine engines is considered.*