

УДК 656

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ: ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

Салахов Ильяс Рахимзянович¹, кандидат педагогических наук, доцент, директор

e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

Пинчук Рауль Сергеевич¹, преподаватель

e-mail: raul.raul99@list.ru

Кутепова Людмила Михайловна¹, кандидат педагогических наук, доцент

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены актуальные вопросы снижения вредных выбросов отработавших газов судовых дизельных двигателей, обусловленные усилением международных экологических требований, в частности правил Международной морской организации (ИМО). Отдельное внимание уделено сравнительной оценке способов очистки выхлопных газов – каталитических систем (блочных и гранулированных) и скрубберных установок.

Ключевые слова: судовой дизельный двигатель, отработавшие газы, скруббер, каталитическая нейтрализация, экологическая безопасность.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF MARINE DIESEL OPERATION: MAIN METHODS OF EXHAUST GAS CLEANING

Ilyas R. Salakhov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

Raul S. Pinchuk¹, Teacher

e-mail: raul.raul99@list.ru

Liudmila M. Kutepova¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan branch of Volga State University of Water Transport Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Abstract. This paper examines current issues related to reducing harmful exhaust emissions from marine diesel engines, driven by increasingly stringent international environmental requirements, particularly those of the International Maritime Organization (IMO). Special attention is given to a comparative assessment of exhaust gas cleaning methods, including catalytic systems (block and granular) and scrubber units.

Keywords: Marine diesel engine, exhaust gases, scrubber, catalytic neutralization, environmental safety.

Судовые дизельные двигатели являются основным источником энергетического обеспечения морского и речного флота. Вместе с тем их использование сопровождается выбросом весомых объёмов вредных газов, содержащих вредные и токсичные вещества. В условиях ужесточения экологических требований Международной морской организации (ИМО) и увеличения внимания к состоянию окружающей среды особую актуальность получает задача снижения выбросов судовых энергетических установок.

Основными способами уменьшения выбросов вредных выхлопных газов являются катализаторы. Они бывают разных видов, более распространёнными видами являются блочные (сотовые/монолитные), гранулированные (насыпные). Сотовые катализаторы имеют монолитную конструкцию и отличаются низкими аэродинамическим сопротивлением и высокой прочностью, но сложнее в производстве, в отличие от гранулированных, состоящих из множества мелких частиц, которые обеспечивают высокую площадь поверхности и простоту замены, но они больше подвержены износу.

В качестве примера возьмём судовой дизельный двигатель 3Д6.

Дизельный двигатель 3Д6 представляет собой четырёхтактный шестицилиндровый двигатель с непосредственным впрыском топлива и жидкостным охлаждением. Данный тип двигателя широко применяется на судах малого и среднего водоизмещения благодаря своей простой конструкции и эксплуатационной надёжности. Основные технические характеристики двигателя 3Д6: номинальная мощность – около 110 кВт (150 л.с.); частота вращения – 1500 об/мин; топливо – дизельное.

При номинальном режиме работы удельный расход топлива двигателя 3Д6 составляет в среднем 165-170 г/(л.с.·ч). Таким образом, часовой расход топлива достигает приблизительно 25-26 кг. С учётом коэффициента избытка воздуха, характерного для дизельных двигателей, количество воздуха, поступающего в цилиндры, составляет порядка 650-700 кг в час. В результате сгорания топлива получается около 720-730 кг отработавших газов, которые выбрасываются в атмосферу через выпускную систему двигателя.

Отработавшие газы судового дизеля состоят преимущественно из азота, углекислого газа и водяного пара. Однако опасность экологии представляют примесные компоненты, среди которых: оксиды азота (NO_x); оксиды серы (SO_x); оксид углерода (CO); несгоревшие углеводороды; твёрдые частицы (сажа).

Выбросы отработавших газов судовых дизельных двигателей приводят к загрязнению атмосферного воздуха, образованию кислотных дождей и ухудшению экологического состояния прибрежных территорий. Кроме того, долгое воздействие продуктов сгорания топлива плохо отражается на здоровье человека.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с загрязнением окружающей среды является применение скрубберных установок для очистки отработавших газов судовых дизелей. Скруббер представляет собой газоочистное устройство, в котором вредные компоненты выхлопных газов удаляются путём их контакта с жидкой средой. Принцип работы скруббера заключается в промывке выхлопных газов водой или водным раствором, в результате чего оксиды серы и твёрдые частицы связываются и удаляются из потока газов. Использование скрубберов позволяет: уменьшить выбросы SO_x на 90-98%; значительно уменьшить содержание сажи; частично сократить концентрацию NO_x за счёт охлаждения газов. Для двигателя типа 3Д6 установка скруббера позволяет существенно уменьшить экологическую нагрузку без необходимости серьёзного усовершенствования самого двигателя.



В отличие от блочных (сотовых, монолитных) и гранулированных (насыпных) катализаторов, эффективность которых существенно зависит от качества топлива, температурного режима и других эксплуатационных факторов, скрубберы демонстрируют более высокую стабильность результатов очистки в широком диапазоне рабочих параметров. Данное преимущество обусловлено применением водного раствора в качестве рабочей среды, что снижает чувствительность установок к изменениям элементного состава топлива. Скрубберы обеспечивают комплексное удаление поллютантов, включая оксиды серы, оксиды азота и твёрдые частицы, тогда как каталитические системы ориентированы преимущественно на отдельные классы загрязнителей. Устойчивость скрубберов к условиям повышенной влажности и вариативным температурным режимам делает их универсальным решением для судов, работающих на различных видах топлива. Несмотря на более высокие первоначальные капитальные затраты, эксплуатационные расходы скрубберных систем ниже вследствие меньшей потребности в техническом обслуживании и способности к длительной непрерывной работе без регламентных вмешательств. Кроме того, скрубберы характеризуются эффективной утилизацией отходов при минимальном воздействии на окружающую среду. Окончательный выбор между скрубберной и каталитической технологией определяется требованиями к предельно допустимым выбросам, условиями эксплуатации и доступным бюджетом.

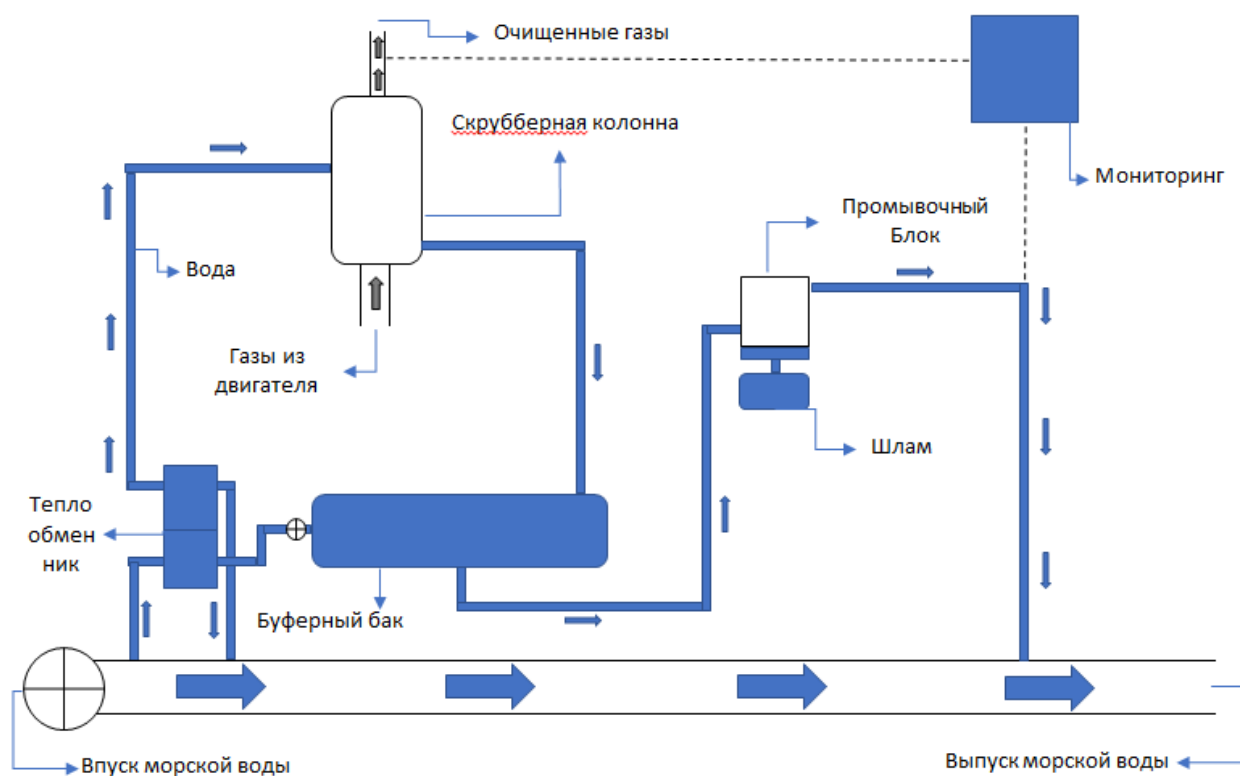


Рисунок 1 – Применение скрубберной колонны для очистки отработавших газов

Судовые дизельные двигатели, в частности модель 3Д6, играют ключевую роль в обеспечении энергетических потребностей флота. Вместе с тем их эксплуатация сопряжена со значительным экологическим ущербом. За один час работы указанный двигатель выбрасывает более 700 кг выхлопных газов, содержащих токсичные соединения. Анализ состава выхлопов выявляет присутствие оксидов азота, оксидов серы, оксида углерода, несгоревших углеводородов и сажи, оказывающих негативное влияние как на состояние окружающей среды, так и на здоровье человека.

В условиях ужесточения международных экологических норм (в частности, требований ИМО) особую актуальность приобретают эффективные методы снижения вредных выбросов. Сравнительный анализ существующих технологий очистки – каталитических систем и скрубберных установок – показал ряд преимуществ последних: высокая степень удаления SO_x (до 98 %), способность к улавливанию твёрдых частиц, устойчивость к изменениям качества топлива и режимов работы двигателя, а также относительно низкие эксплуатационные затраты.

Таким образом, использование на судах скрубберных систем очистки отработавших газов позволяет:

- 1) значительно снизить загрязнение окружающей среды;
- 2) обеспечить соответствие экологическим стандартам без модернизации или замены двигателя.

В перспективе массовое применение скрубберов может стать ключевым шагом на пути к устойчивому и экологически безопасному развитию морского и речного транспорта.

Список литературы:

1. Повышение экологической безопасности судовых дизельных двигателей на основе контроля токсичности отработавших газов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-ekologicheskoi-bezopasnosti-sudovykh-dizelnykh-dvigatelei-na-osnove-kontrolya-tok> (дата обращения: 30.03.2026)
2. Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т. Хванг, К. Каммермайер ; пер. с англ. - М. : Мир, 1981. - 464 с.
3. Судовые двигатели и экология // Судостроение. – 2001. – № 5. – С. 29-30.
4. Экологически безвредное судостроение / АБВ [Электронный ресурс]. – URL: <https://library.e.abb.com/public/a729e58349070518c12570cf004e3ad3/p54-57.pdf> (дата обращения: 30.03.2026)
5. Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства [Электронный ресурс]. – URL: <https://rs-class.org/upload/iblock/993/993d28d94b1a078f16825b33dcdfa8d8.pdf> (дата обращения: 30.03.2026)
6. Кутепова Л.М., Тимофеев В.Н. Повышение экономических и экологических показателей судовых двигателей путем присадки водорода в дизельное топливо // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий. Сборник материалов II Всероссийской конференции. - Казань, 2024. - С. 46-49.
7. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М., Гречко Н.В. Энергосберегающая установка речного судна // Научные проблемы водного транспорта. - 2023. - № 77. - С. 99-107.
8. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М., Гречко Н.В. Утилизация отработавшей тепловой энергии двухвинтовых речных судов // Транспорт. Горизонты развития. Труды 3-го Международного научно-промышленного форума. - Нижний Новгород, 2023. - С. 20.
9. Кутепова Л.М., Софина М.Э. Использование альтернативных видов топлива на водном транспорте // Транспорт. Горизонты развития. Труды 4-го Международного научно-промышленного форума. - Нижний Новгород, 2024. - С. 261.

