

5. Пижурич А.А. Методы и средства научных исследований / А.А. Пижурич, (мл) А.А. Пижурич, В.Е. Пятков. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 264 с.

6. Шалабанов А.К. Практикум по эконометрике с применением MS EXCEL. Линейные модели парной и множественной регрессии / А.К. Шалабанов, Д.А. Роганов. – Казань: Академия управления ТИСБИ, 2008. – 198 с.

7. ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93). Статистические методы, вероятность и основы статистики. Термины и определения. ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва.

Reference

1. Lisachenko A.V. Analiz teplotekhnicheskikh parametrov na osnove opyta primeneniya perenosnykh diagnosticheskikh kompleksov sovremennykh morskikh glavnykh vysokooborotnykh dvigateley / A.V. Lisachenko, V.V. Gerasidi // Eksploatatsiya morskogo transporta. 2020. № 4 (97). S. 89-94.

2. Chubinskiy A.N. Metody i sredstva nauchnykh issledovaniy. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov eksperimentov / A.N. Chubinskiy, D.S. Rusakov,

I.M. Batyreva, G.S. Varankina. – SPb.: SPbGLTU, 2018. – 109 s

3. Samokhina S.S. Fizika. Obrabotka rezul'tatov fizicheskogo eksperimenta: ucheb. metod. posobie / sost. S. S. Samokhina. – Ul'yanovsk : UVAU GA(I), 2015. – 103 s.

4. Spirin N.A. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenernogo eksperimenta: Uchebnoe posobie / N.A. Spirin, V.V. Lavrov, L.A. Zaynullin, A.R. Bondin, A.A. Burykin; Pod obshch. red. N.A. Spirina. — Ekaterinburg: ООО «UINTs», 2015. — 290 s.

5. Pizhurin A.A. Metody i sredstva nauchnykh issledovaniy / A.A. Pizhurin, (ml) A.A. Pizhurin, V.E. Pyatkov. – М.: NITs INFRA-M, 2016. – 264 s.

6. Shalabanov A.K. Praktikum po ekonometrike s primeneniem MS EXCEL. Lineynye modeli parnoy i mnozhestvennoy regressii / A.K. Shalabanov, D.A. Roganov. – Akademiya upravleniya TISBI. Kazan' – 2008. – 198 s.

7. GOST R 50779.10-2000 (ISO 3534.1-93). Statisticheskie metody, veroyatnost' i os-novy statistiki. Termini i opredeleniya. GOSSTANDART ROSSII. Moskva.

УДК 621.43

DOI: 10.34046/aumsuomt100/12

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОКСИДАМИ СЕРЫ С СУДОВ

*М.А.Модина, кандидат технических наук, доцент
Е.В. Хекерт, доктор технических наук, профессор
А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент
Ю.В. Письменская, аспирант
В.В. Шкода, кандидат педагогических наук, доцент*

В статье проведен анализ сокращения эмиссии оксидов серы в соответствии с требованиями Международной морской организации.

Ключевые слова: экологическая безопасность, требования ИМО, эмиссия SO_x, зоны контроля.

MODERN REQUIREMENTS IN THE FIELD OF AIR POLLUTION WITH SULFUR OXIDES FROM SHIPS

M. A.Modina, E.V. Khekert, A. I.Epikhin, Yu. V.Pismenskaya, V. V Skoda

The article analyzes the reduction of sulfur oxide emissions in accordance with the requirements of the International Maritime organization.

Keywords: environmental safety, IMO requirements, Nox emission, control zones.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды являются главные и вспомогательные двигатели. В качестве главных судовых двигателей на сегодняшний день чаще всего используются дизельные. Соответственно в настоящее время морская транспортная индустрия сталкивается с повышенными требованиями к сокращению вредных выбросов NO_x, SO_x, CO₂ дизельными агрегатами СЭУ.

Со второй половины 80-х гг. XX столетия

проблема снижения вредных выбросов от судовых энергетических установок стала привлекать к себе внимание многих отечественных исследователей, ставящих перед собой цель не только более глубоко изучить причины этой проблемы, но и найти пути решения выхода из нее.

Значительный вклад в решение данной проблемы на морском транспорте внесли работы О.А. Гладкова, С.А. Богатых, В.А. Звонова.

С.П. Зубрилова, А.Ф. Дорохова. Изучением проблем экологического загрязнения и оздоровления морской среды занимался широкий круг ученых, при этом значительный вклад внесли такие авторы как: Андреева Н., Бонь А., Гроза В., Веклич А., Запорожец А., Тарасова А., Хвесик М., Хлобистов Е., Яворская С. и др. В результате анализа этих работ было установлено, что при решении вопросов рационального использования топливно-энергетических ресурсов судовых энергетических установок с учетом снижения токсичных газовых выбросов важное значение имеет нормирование расхода и качества топлива.

В течение последних трех десятилетий ведущие дизелестроительные компании проводят исследования, направленные на усовершенствование и улучшение экологических характеристик судовых двигателей, работающих на высоковязких (тяжелых) сортах топлива.

Важным элементом в системе организационно-технических мероприятий, направленных на уменьшение вредного воздействия дизельных и котельных установок судов на окружающую среду, является формирование технических требований к составу и уровню вредных выбросов с отработавшими газами двигателей транспортных средств [1].

Из-за высокой экологической нагрузки на окружающую среду элементами СЭУ, работающих на органических сортах топлива, содержание в отработавших газах вредных веществ ограничивается национальными и межгосударственными стандартами [2].

Процесс разработки стандарта и, соответственно, формирование требований весьма непрост. Он требует решения целого ряда принципиальных вопросов, касающихся выбора состава нормируемых компонентов, разработки методов измерения и выбора режимов испытаний, выбора нормируемых параметров и разработки методов их расчета по результатам измерений.

Однозначно в качестве наиболее опасных компонентов, отработавших газов дизелей и котлов специалистами всех стран принимаются: оксиды азота, оксиды серы, окись углерода и несгоревшие углеводороды. В связи со специфическими особенностями судовых, тепловозных и промышленных дизелей в их отработавших газах в большинстве стран нормировались только выбросы оксидов азота. Но мировая общественность ведет активную борьбу за чистоту окружающей среды и поэтому, в стремлении не загрязнять атмосферу содержащимися в выхлопных газах

агрессивными соединениями серы, в ряде регионов были введены ограничения на содержание серы в топливах, используемых не только на берегу, но и на судах, а в последнее время декарбонизация. [3].

Влияние вредных выбросов судовых энергетических установок (СЭУ) на глобальное экологическое состояние водного и воздушного бассейна является достаточно существенным и оценивается в 15-17% от общей величины выбросов вредных веществ сухопутными транспортными средствами и стационарными энергетическими установками [6, 7, 8]. Кроме того, по причине высокой агрегатной мощности СЭУ могут выступать в качестве основного источника загрязнения атмосферы в таких локальных зонах как акватории рек, порты, территории городов.

Проблема законодательного ограничения вредных выбросов с отработавшими газами дизельных и котельных установок судов не остается без внимания и со стороны экспертов Международной морской организации ИМО. Международная морская организация ИМО на мировом уровне ввела регулирующий режим, который ограничивает содержание серы в морском топливе. Созданный Международной морской организацией документ MARPOL 73/78 – главное международное соглашение, охватывающее предотвращение загрязнения окружающей среды судами от эксплуатационных или случайных причин. Конвенция МАРПОЛ (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL) является основным международным конвенционным документом по предотвращению загрязнения морской среды с судов [4].

ИМО работает над снижением вредного воздействия судоходства на окружающую среду с 1960-х годов. Так предложение о дифференцированном ограничении вредных выбросов с отработавшими газами дизельных установок по типам двигателей и по типам судов прозвучало еще в 1992 г.

Правила по предотвращению загрязнения воздуха с судов (Приложение VI) направлены на ограничение выбросов в атмосферу с судов (оксидов серы (SOx), оксидов азота (NOx), озоноразрушающих веществ (ODS), летучих органических соединения и сжигания мусора. Решаются вопросы загрязнения воздуха на местном и глобальном уровнях, вопросы здоровья человека и окружающей среды. Приложение VI вступило в силу 19 мая 2005 года, а пересмотренное Приложение VI со значительно усиленными требованиями

было принято в октябре 2008 года. Эти правила вступили в силу 1 июля 2010 года.

Правила сокращения выбросов оксида серы ввели глобальный предел содержания серы в мазуте судов с более жесткими ограничениями в определенных зонах контроля выбросов.

С 2010 года были приняты дополнительные поправки к Приложению VI, в том числе по-

правки для введения новых зон контроля выбросов. Требования к энергоэффективности вступили в силу в 2013 году.

В соответствии с Требованиями Приложения VI Международной конвенции MARPOL 73/78 происходит планомерное ужесточение требований к содержанию оксидов серы, азота и углерода, а так же твердых частиц в выбросах морских судов.

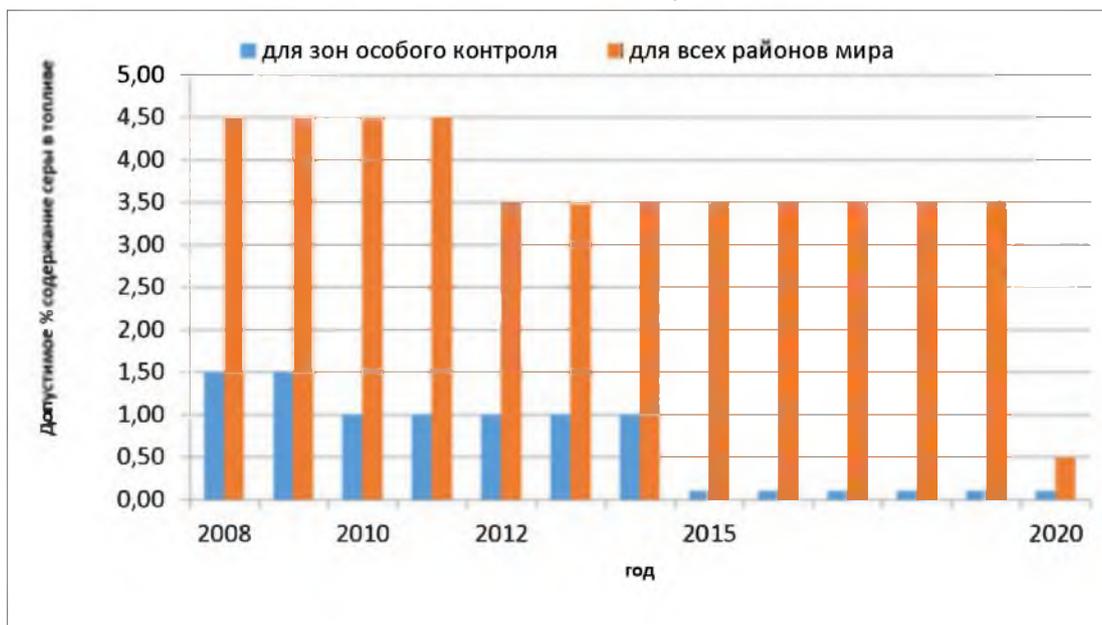


Рисунок 1 – Требования Приложения VI МК MARPOL 73/78 к содержанию серы в топливе

Законодательное ужесточение ограничения вредных выбросов отработавших газов судовых дизелей обсуждается экспертами ИМО на протяжении не одного года. Установлены руководящие принципы и ограничения выбросов NO_x и SO_x в ходе трех этапов.

Для третьего этапа с 1 января 2016 г. все новые суда должны были удовлетворять стандартам Tier III, который предусматривал снижение выбросов на 80% по сравнению со стандартами Tier I.

До 31 декабря 2019 года для судов, работающих за пределами районов контроля выбросов, предельное содержание серы в мазуте судов составляет 3,50% м/м (масса по массе) [4, 5].

Лимит 0,50% м / м начал применяться с 1 января 2020 года и после этой даты.

В 2020 г. Международная морская организация - International Maritime Organization (IMO) ввела глобальные ограничения по содержанию серы в используемом топливе и эмиссии SO_x судовыми энергетическими установкам. В соответствии с новым лимитом серы судам придется использовать мазут на борту с содержанием серы не

более 0,50% м/м против текущего предела 3,50%, который действует с 1 января 2012 г.

Суда могут удовлетворить требования, используя топливо с низким содержанием серы. Все больше судов также используют газ в качестве топлива, так как при его горении выделяется незначительный объем оксидов серы. Это было признано при разработке ИМО Международного кодекса для судов, использующих газы и другие виды топлива с низкой температурой вспышки (код IGF), который был принят в 2015 году.

Другим альтернативным топливом является метанол, который используется на некоторых коротких морских рейсах [4, 5].

Суда также могут отвечать требованиям к выбросам SO_x, используя утвержденные эквивалентные методы, такие как системы очистки выхлопных газов или «скрубберы», которые «очищают» выбросы до их выхода в атмосферу.

В этом случае эквивалентное устройство должно быть одобрено администрацией судна (государством флага).

В настоящее время насчитывается до двадцати способов очистки выхлопных газов дизелей, которые разделяют на сухие, влажные и электрические. Наиболее перспективным способом, который позволяет полностью удалить компоненты NO_x , SO_x и CO_x из газов, остается каталитический. Однако этот способ, как и термический, имеет ряд существенных недостатков, одним из ключевых является требование высоких температур (750-1200 °С) ОГ.

Рассматривая составляющие концепции экологического совершенствования СЭУ с методологической точки зрения можно выделить следующие ключевые элементы [6,7,8]:

1. Использование судовых топлив с низким содержанием серы с 2020 года - 0,5% (ULSF), 0,1% в ЕСА.
2. Сокращение затрат на производство тепловой и электрической энергии (использование альтернативных источников энергии).
3. Повышение эксплуатационной надежности судовой топливной аппаратуры высокого давления.
4. Использование современных методов технической диагностики состояния СЭУ с целью оптимизации расходов топлива и масел.

Ужесточение экологических норм на уровне международного законодательства требует совершенствования судовых энергетических установок для удовлетворения требований ИМО.

Литература

1. Авдевин, Д.Е. Повышение экологической безопасности дизельных установок судов выбором рациональной технологии нейтрализации оксидов азота в отработавших газах [Электронный ресурс]: дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05. – М.: РГБ, 2003 (Из фондов Российской Государственной Библиотеки). – 189 с.
3. Щавелев, Д.В. Разработка системы очистки отработавших газов судовых дизелей и с использованием жидкостных контактных аппаратов: [Электронный ресурс]: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05. – М.: РГБ, 2005 (Из фондов Российской Государственной библиотеки), 162 с.

4. Гришкин, Б.В. Применение Правил Приложения MARPOL 73/78 // Научно-технический сборник. Выпуск № 28 – СПб.: РМРС, 2005. – С. 228-246.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://bmtech.pro/novosti/novosti-mira-tekhnologij/kontrol-za-soderzhanie-seryi-v-toplive-s-1-yanvary-2020-g.html>
6. Епихин А.И., Модина М.А., Хекерт Е.В. Концепция экологического совершенствования судовых энергетических установок // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – №3 (96).
7. Туркин А.В., Туркин В.А., Иванченко А.А. Применение лазерных технологий для оценки токсичности отработавших газов судовых энергетических установок // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 1-1 (39). – С. 111-116.
8. Столярова М.Н. Концепция экологически чистого судна // Изобретательство. – 2018. – Т. 18. – №11. – С. 41-50.

References

1. Avdevin, D.E. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti dizel'nyh ustanovok sudov vyborom racional'noj tekhnologii nejtralizacii oksidov azota v otrabotavshih gazah [Elektronnyj resurs]: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.08.05. – М.: RGB, 2003 (Iz fondov Rossijskoj Gosudarstvennoj Biblioteki). – 189 s.
3. SHCHHavelev, D.V. Razrabotka sistemy ochistki otrabotavshih gazov sudovyh dizelej i s ispol'zovaniem zhidkostnyh kontaktnykh apparatov: [Elektronnyj resurs]: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.05. – М.: RGB, 2005 (Iz fondov Rossijskoj Gosudarstvennoj biblioteki), 162 s.
4. Grishkin, B.V. Primenenie Pravil Prilozheniya MARPOL 73/78 // Nauchno-tekhnicheskij sbornik. Vypusk № 28 – SPb.: RMRS, 2005 S. 228-246.
5. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <https://bmtech.pro/novosti/novosti-mira-tekhnologij/kontrol-za-soderzhanie-seryi-v-toplive-s-1-yanvary-2020-g.html>
6. A.I. Epihin, Modina M.A., Hekert E.V. Konceptiya ekologicheskogo sovershenstvovaniya sudovyh energeticheskix ustanovok // EMT №3 (96). - Novorossiysk: GMU im.F.F. Ushakova, 2020.
7. Turkin A.V., Turkin V.A., Ivanchenko A.A. Primenenie lazernykh tekhnologij dlya ocenki toksichnosti otrabotavshih gazov sudovyh energeticheskix ustanovok // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-1 (39). S. 111-116.
8. Stolyarova M.N. Konceptiya ekologicheskhi chistogo sudna // Izobretatel'stvo. 2018. T. 18. №11. S. 41-50.