

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1133-1140

THE ISSUE STATE AND OPTIONS FOR REDUCING HARMFUL EMISSIONS OF DIESEL MARINE POWER PLANTS

G. V. Medvedev, N. N. Gorlova

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation

Marine power plants have a negative impact on the environmental situation in the areas of ports, repair bases and reservoirs, as emit a large amount of harmful substances. Emissions of harmful substances with exhaust gases are controlled and limited by the requirements of GOST and MARPOL 73/78, however, it is very difficult to reduce them in the marine power plants, which are already in the long-term operation and especially which are discontinued. The main modern methods of reducing the toxicity of the exhaust gases of diesel marine power plants are given. Comparison of the effectiveness of the main methods for exhaust gases purification of marine power plants with an assessment of their prevented environmental damage is made and the most promising ones are identified. The possibility of applying the method of catalytic neutralization of exhaust gases of marine power plants, in multi-stage converters, on material obtained by the technology of self-propagating high-temperature synthesis is considered. In order to determine the optimal composition of the catalytic material the properties (physical and physical-mechanical) of materials based on steel oxide and molding clay are studied in accordance with standard methods. The obtained results allow us to conclude that metal processing waste - dross of alloy steel is preferable to use as the basic component. Such a catalytic material provides an optimal degree of reduction of harmful emissions of marine diesel engines. Technological features of the use of SHS - catalytic material and the operation of the entire exhaust gas purification system of marine diesel engines are presented, indicating the efficiency and adaptability of catalytic neutralization. The results of the impact of individual measures aimed at improving the efficiency of the catalytic purification of the exhaust gases of 6CH 15/18 diesel ship power plant on the specific estimated emissions of the last one are presented.

Keywords: diesel, catalysts, neutralization, exhaust gas, purification, efficiency improvement, vessel, power plant.

For citation:

Medvedev, Gennady V., and Nina N. Gorlova. "The issue state and options for reducing harmful emissions of diesel marine power plants." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1133–1140. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1133-1140.

УДК 629.5.03:621.43.068.4

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВАРИАНТЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЬНЫХ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Г. В. Медведев, Н. Н. Горлова

Алтайский государственный технический университет им И. И. Ползунова,
Барнаул, Российская Федерация

Отмечается, что судовые энергетические установки оказывают отрицательное воздействие на экологическую ситуацию в районах портов, ремонтных баз и водоемов, т.к. выбрасывают большое количество вредных веществ. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами находятся под контролем и ограничиваются требованиями ГОСТ и Международной конвенции MARPOL 73/78, однако очень сложно добиться их снижения в находящихся долгое время в эксплуатируемых судовых энергетических установках, тем более, снятых уже с производства. Приводятся основные современные способы снижения токсичности отработавших газов дизельных судовых энергетических установок. Выполнено сравнение эффективности основных методов очистки отработавших газов судовых энергетических установок с оценкой предотвращенного экологического ущерба и определены наиболее перспективные методы. Рассматривается возможность применения метода каталитической нейтрализации отработавших газов судовых энергетических установок в многоступенчатых нейтрализаторах

на основе материала, полученного по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. С целью определения оптимального состава каталитического материала проведено изучение свойств (физических и физико-механических) материалов на основе окарины стали и формовочной глины в соответствии со стандартными методиками. Полученные результаты позволили сделать вывод о предпочтительности использования в качестве базового компонента отходов обработки металлов — окарины легированной стали. Такой каталитический материал обеспечивает оптимальную степень снижения выбросов вредных веществ судовых дизелей. Приведены технологические особенности использования СВС — каталитического материала и эксплуатации всей системы очистки отработавших газов судовых дизелей, свидетельствующие об экономичности и технологичности каталитической нейтрализации. Приведены результаты воздействия отдельных мероприятий, направленных на повышение эффективности каталитической очистки отработавших газов дизельной судовой энергетической установки 6Ч 15/18, на удельные оценочные выбросы последней.

Ключевые слова: дизель, катализаторы, нейтрализация, отработавшие газы, очистка, повышение эффективности, судно, энергетическая установка.

Для цитирования:

Медведев Г. В. Состояние проблемы и варианты снижения вредных выбросов дизельных судовых энергетических установок / Г. В. Медведев, Н. Н. Горлова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1133–1140. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1133-1140.

Введение (Introduction)

В настоящее время можно утверждать, что в судовых энергетических установках (СЭУ) на речном и морском транспорте в качестве как главных, так и вспомогательных широко применяются дизельные поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) различных модификаций. Следует учитывать, что СЭУ оказывают отрицательное воздействие на экологическую ситуацию в районах портов, ремонтных баз и водоемов, так как в результате их использования наблюдается большое количество вредных веществ (около 4 % от общего количества вредных выбросов отработавших газов: CO, NO_x, C_xH_y всех видов транспорта). Такое количество выбрасываемых вредных веществ не может не оказывать отрицательного воздействия как на особенности флоры и фауны, водных бассейнов, так и на здоровье проживающих в этих районах людей.

Нормы учета вредных веществ находятся под контролем и ограничиваются требованиями ГОСТа 31967–2012, а также «Технического кодекса по контролю за выбросами окислов азота из судовых дизельных двигателей» (в составе приложения МАРПОЛ 73/78). Тем не менее очень сложно снизить уровень выбросов уже находящихся в эксплуатации СЭУ и тем более снятых с производства, но по-прежнему эксплуатируемых [1]–[5]. Об этом свидетельствует информация из Регистровой книги Российского речного регистра (РРР) Обского пароходства, согласно которым в настоящее время находятся официально в эксплуатации более тысячи судов (табл. 1) [6], на которых применяются около 29 типоразмеров поршневых дизельных двигателей (табл. 2), СЭУ различного срока производства, выбросы которых невозможно снизить в соответствии с нормами, указанными в действующем законодательстве [7].

Таблица 1

**Сведения по судовым энергетическим установкам (дизелям)
Обского пароходства (главные и вспомогательные)
согласно Регистровой книге РРР**

Сведения по СЭУ	Алтайский край и Республика Алтай	г. Новосибирск и Новосибирская обл.	г. Томск и Томская обл.	г. Кемерово и Кемеровская обл.	Итого
Всего судов	146	234	755	19	1154
Всего судов с дизелями	85	133	346	15	579
Всего дизелей	105	198	443	15	761

Таблица 2

**Сведения по размерностям судовых энергетических установок (дизелей)
Обского пароходства (главные и вспомогательные)
согласно Регистровой книге РРР**

Размер- ность	Алтайский край и Республика Алтай	г. Новосибирск и Новосибирская обл.	г. Томск и Томская обл.	г. Кемерово и Кемеровская обл.	Кол-во, шт.	Доля, %
23/30	5	9	33	—	47	6,18
24/36	10	28	11	—	49	6,44
15/18	21	21	36	3	81	10,64
18/26	5	23	68	—	96	12,61
18/22	27	53	72	—	152	19,97
13/14	15	23	150	10	198	26,02
Остальные	22	41	73	2	138	18,13
Итого:					761	100,00

Методы и материалы (Methods and Materials)

В последнее десятилетие во всем мире допустимые нормативные значения выбросов оксидов азота для дизелей значительно ужесточились (ГОСТ Р 51249–99, МАРПОЛ 73/78, ЕРА, ЕВРО-нормы). Ужесточившиеся нормы заставили крупные двигателестроительные компании разрабатывать новые и совершенствовать уже существующие способы снижения токсичности отработавших газов дизелей. Для таких систем западными производителями [8] разработаны каталитические фильтры, демонстрирующие механическую и термомеханическую стабильность при высокой степени очистки, что, к сожалению, может быть достигнуто лишь при условии согласования работы производителей двигателей и поставщиков соответствующего оборудования. В настоящее время всю совокупность способов снижения токсичности отработавших газов СЭУ можно свести к следующим основным направлениям:

- конструктивные изменения систем и конструкции двигателя;
- использование альтернативных видов топлива и присадок;
- регулировка топливной аппаратуры;
- капитальный ремонт и восстановление деталей цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры;
- каталитическая нейтрализация отработавших газов (последнее направление представляется наиболее перспективным).

В результате сравнения эффективности основных методов очистки отработавших газов СЭУ с оценкой их предотвращенного экологического ущерба (табл. 3), можно сделать вывод о том, что метод каталитической нейтрализации является максимально эффективным [9], [10].

Таблица 3

Методы очистки отработавших газов СЭУ (дизелей)

Метод	Изменение выбросов вредных веществ, %			Предотвращенный экологический ущерб, тыс. руб./год
	NO _x	CO	C _x H _y	
Абсорбция	25	0	60	116,1
Жидкостная нейтрализация	30	72	0	145,7
Пламенная нейтрализация (термическая)	30	30	0	140,8
Эжекционно-пламенное дожигание	30	30	0	140,8
Каталитическая нейтрализация	65	90	80	155,1

Таблица 3
(Окончание)

Термокаталитическая нейтрализация (кипящий слой)	0	90	80	12,8
Подача воздуха в выпускной трубопровод	0	20	0	2,3
Элементы из керамики с пропиткой или нанесением катализатора	20	60	70	100,6
Дожигание в выпускном коллекторе	12	70	0	63,1

Система каталитической нейтрализации (Selective Catalytic Reduction (SCR)) представляет собой новый уровень систем очистки отработавших газов СЭУ. SCR является «умной» системой очистки, так как обладает избирательным действием, что позволяет повысить скорость определенных окислительно-восстановительных химических реакций в реакторе каталитического нейтрализатора [11]. Однако, чтобы обеспечить надежное функционирование SCR-системы каталитической нейтрализации отработавших газов необходимо применение принципиально новых каталитических материалов, использование различных составов и носителей, например, на основе отходов машиностроения и металлообработки (окалины легированной стали), литейного производства (формовочной глины) [12].

Исследование физических и физико-механических свойств изучаемых материалов (на основе окалины стали и формовочной глины) проводилось в соответствии со стандартными методиками:

- среднего приведенного диаметра пор методом сканирования шлифов образцов и обработки результатов электронной микроскопии;
- извилистости пор в материале — методом получения и обработки слепков сырой резины ИРП-1068 с последующей вулканизацией;
- удельной поверхности материала — по ГОСТу 23401–90;
- пористости материала — по ГОСТу 25281–82;
- механической прочности на сжатие — по ГОСТу 25.503–97;
- механической прочности на изгиб — по ГОСТу 9454–78.

Исследования функциональных свойств материалов по очистке отработавших газов СЭУ от вредных веществ проводились в соответствии с ГОСТами 30574–98 и 31967–2012.

Данные о составах шихты, характеристиках и свойствах СВС-каталитических материалов на основе окалины легированной стали [13] и формовочной глины [14] приведены в (табл. 4) [6].

Таблица 4

Данные о составах шихты, характеристиках и свойствах СВС-каталитических материалов

Отдельные характеристики	Базовая основа состава шихты	
	Окалина легированной стали	Формовочная глина
Содержание компонентов шихты в процентах по массе		
Окалина легированной стали (18ХНВА, 18ХНМА, 40ХНМА и др.)	42,50–52,50	12,10–12,80
Оксиды формовочной глины	–	54,10–58,5
Оксид хрома	18,00	–
Хром	6,7–6,90	6,90
Никель	12,40	12,40
Алюминий	8,10–17,90	8,60–12,30
Иридий	0,20	–
Родий	0,10	–
Медь	2,00	–
Церий	–	0,30
Физические характеристики		
Средний приведенный диаметр пор, мкм	112–177	110–159

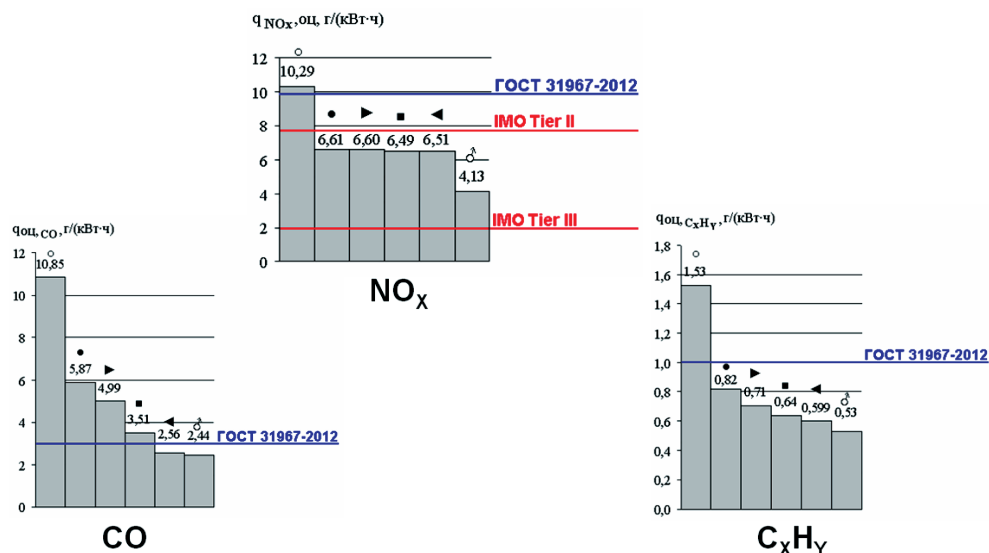
Таблица 4
(Окончание)

Извилистость пор при $\delta_{\text{см}} = 10$ мм	1,12–1,35	1,11–1,32
Удельная поверхность материала, м ² /г	85–133	80–121
Пористость	0,29–0,47	0,26–0,44
Физико-механические свойства		
Механическая прочность при сжатии, МПа	6,7–13,8	5,7–8,9
Механическая прочность при изгибе, МПа	2,9–3,7	2,2–2,8
Функциональные свойства материала при полной мощности дизеля		
Степень очистки от CO, %	80–85	68–72
Степень очистки от NO _x , %	28–56	25–42
Степень очистки от C _x H _y , %	56–58	40–49

По результатам исследований получены данные, на основе которых можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительным является материал на основе окалины легированной стали с точки зрения обеспечения более эффективной очистки отработавших газов от вредных веществ. Применение новых пористых проницаемых каталитических материалов, полученных по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в системах SCR-нейтрализации отработавших газов СЭУ, позволяет снизить выбросы оксидов азота на 50–60 % от исходного уровня при испытаниях дизеля по Правилам ЕЭК ООН № 49.

Результаты (Results)

Предлагаемый каталитический материал на основе отходов машиностроения (окалина легированной стали), полученный по технологии СВС, является чрезвычайно перспективным для использования в системах SCR-нейтрализации СЭУ, так как он позволяет обеспечить качество очистки отработавших газов в процессе функционирования с учетом требований, предъявляемым к системам очистки отработавших газов и материалам нейтрализаторов.



Воздействие отдельных мероприятий на повышение эффективности очистки отработавших газов судового дизеля 6C15/18 на удельные оценочные выбросы

Условные обозначения:

- — дизель без каталитического нейтрализатора; ● — дизель с многоступенчатым нейтрализатором
- СВС — каталитическим материалом на основе окалины легированной стали;
- — подача воздуха на входе в нейтрализатор;
- — подача 10%-го раствора соли Се на входе в нейтрализатор;
- ◄ — подача воздуха на входе в нейтрализатор, нагрев каталитических блоков;
- ♂ — нагрев блоков, подача воздуха и соли церия на входе в нейтрализатор

Апробация материала для каталитического многоступенчатого SCR-нейтрализатора использованием СВС-каталитического материала на основе окарины легированной стали осуществлялась в рамках воздействия отдельных мероприятий, направленных на повышение эффективности каталитической очистки отработавших газов судовой энергетической установки (наиболее используемого «грязного» дизеля 3Д6 (6Ч 15/18)) [6]. Результаты воздействия [6] приведены на диаграммах на с. 1137.

Обсуждение (Discussion)

Исходя из полученных результатов, а также с учетом более жестких требований МАРПОЛ 73/78 относительно требований ГОСТа 31967–2012 можно сделать вывод о том, что метод каталитической очистки отработавших газов с использованием SCR-каталитических пористых проницаемых металлокерамических материалов, полученных по технологии СВС, является более эффективным, чем метод с использованием в настоящее время материалов на основе металлических носителей или керамики. Замена СВС-каталитических блоков нейтрализатора возможна без привлечения сторонних специалистов с использованием запаса деталей, в том числе запасных фильтрующих блоков, которые должны быть на судне вместе с ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности).

Материал, созданный по технологии СВ-синтеза [6], уникален тем, что изготовление, переработка и регенерация СВС-фильтров может осуществляться без привлечения дополнительных специалистов и ресурсов в местах ремонта и стоянки судов, а при необходимости непосредственно на судне. Составной частью рассматриваемой проблемы является то, что место установки каталитического нейтрализатора относительно СЭУ не учитывается, что, в свою очередь, оказывает влияние на продолжительность времени прогрева блоков нейтрализатора и изменение расчетной температуры отработавших газов. Данную проблему можно решить путем тепловой изоляции системы выпуска на участке от СЭУ до каталитического нейтрализатора на этапе модернизации судна. Этот процесс не представляет технологических сложностей и может быть осуществлен силами экипажа судна при проведении очередного технического обслуживания СЭУ.

Заключение (Conclusion)

В результате оценки состояния проблемы снижения вредных выбросов дизельных СЭУ и сравнения эффективности применяемых методов было выявлено, что метод каталитической нейтрализации является оптимальным с точки зрения снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах, особенно для обеспечения постоянно ужесточающихся норм снижения выбросов отработавших газов согласно Международной конвенции МАРПОЛ 73/78.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что предложенный пористый проницаемый СВС-каталитический материал на основе окарины легированной стали в большей степени распространенный и доступный является в настоящее время наиболее эффективным для применения в системах очистки отработавших газов СЭУ. Кроме того, системы каталитической нейтрализации на основе СВС-материалов имеют огромное преимущество по сравнению с известными способами очистки отработавших газов, так как позволяют повышать качество очистки отработавших газов от вредных веществ СЭУ путем организации селективной очистки отработавших газов. В перспективе исследования предполагается рассмотрение и решение проблемы снижения функциональности каталитического нейтрализатора ввиду химической, физической или механической дезактивации каталитических блоков, вибрационного и термического разрушения носителей катализаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78). — Кн. III, пересмотр. изд. — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. — 336 с.

2. Живлюк Г. Е. Особенности развития экологически безопасных современных дизельных энергетических установок / Г. Е. Живлюк, А. П. Петров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 581–596. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-581-596.

3. Иванченко А. А. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов / А. А. Иванченко, А. П. Петров, Г. Е. Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 3(31). — С. 103–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-103-112.

4. Живлюк Г. Е. Экологическая безопасность судовых ДВС. Выбор эффективного способа соответствия новым требованиям 2020 г. по выбросам серы / Г. Е. Живлюк, А. П. Петров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 4. — С. 727–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-727-744.

5. Петров А. П. Экологическая безопасность. Ограничение выбросов серы судовыми энергетическими установками / А. П. Петров, Г. Е. Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 1. — С. 130–145. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-130-145.

6. Медведев Г. В. Металлокерамические фильтры очистки токсичных газов: водный транспорт: монография / Г. В. Медведев; под. ред. В. П. Горелова. — М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. — 247 с. DOI: 10.23681/459342.

7. Живлюк Г. Е. Анализ возможностей снижения выбросов вредных веществ, эксплуатируемых СДЭУ / Г. Е. Живлюк, А. П. Петров // Двигателестроение. — 2015. — № 1 (259). — С. 30–34.

8. Heibel A. Lösungen zur Einhaltung der Grenzwerte für Nutzfahrzeug – emissionen der nachsten Dekade basierend auf ЕРА 2007 und EUV / A. Heibel, U. Zink // MTZ-Motortechnische Zeitschrift. — 2007. — Vol. 68. — Is. 7–8. — Pp. 570–574. DOI: 10.1007/BF03227422.

9. Новиков Л. А. Оценка дополнительных затрат судовладельцев при использовании SCR-технологии на судах / Л. А. Новиков, В. С. Корчинский // Двигателестроение. — 2016. — № 3 (265). — С. 23–31.

10. Телидис К. К. Перспективный метод очистки вредных выбросов в атмосферу из судовых дизелей с помощью гидрогазоочистителя / К. К. Телидис // Материалы IV межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России», 15–16 мая 2013 г. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. — С. 223–228.

11. Панчишный В. И. Нейтрализация оксидов азота в отработавших газах дизелей / В.И. Панчишный // Двигателестроение. — 2005. — № 2 (220). — С. 35–42.

12. Камышов Ю. Н. Система очистки отработавших газов дизелей судовых энергетических установок на основе пористых проницаемых коррозионностойких материалов / Ю. Н. Камышов, Г. В. Медведев, Н. Н. Горлова // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2019. — № S2. — С. 187–197. DOI: 10.24937/2542-2324-2019-2-S-I-187-197.

13. Пат. 2530187 Российская Федерация, МПК В22F 3/23, С22С 1/05, С22С 29/12, С04В 38/00. Шихта с родием и иридием для получения пористого проницаемого каталитического материала / Н. Н. Горлова, А. Л. Новоселов, Г. В. Медведев, Д. С. Печенникова, А. А. Новоселов; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ). — № 2013139974/02; заявл. 27.08.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.

14. Пат. 2530184 Российская Федерация, МПК В22F 3/23, С22С 1/05, С22С 29/12, С04В 38/00. Шихта для получения пористого проницаемого каталитического материала / Н. Н. Горлова, А. Л. Новоселов, Г. В. Медведев, Д. С. Печенникова, А. А. Новоселов; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ). — № 2013139722/02; заявл. 27.08.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.

REFERENCES

1. *International Convention for Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78)*. SPb.: ZAO «TsNIIMF», 2012.

2. Zhivljuk, Grigorij E., and Aleksandr P. Petrov. “Features of the development of environmentally safe modern diesel power plants.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 9.3 (2017): 581–596. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-581-596.

3. Ivanchenko, A. A., A. P. Petrov, and G. E. Zhivlyuk. "Energy efficiency of ships and regulation of greenhouse gas emissions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(31) (2015): 103–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-103-112
4. Petrov, Aleksandr P., and Grigorij E. Zhivljuk. "Ecological safety of ship internal combustion engines. Selecting the efficient method for compliance with the new requirements of 2020 for sulfur emissions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.4 (2019): 727–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-727-744.
5. Petrov, Aleksandr P., and Grigorij E. Zhivljuk. "Environmental safety. Limitation of sulfur emissions by the ship power plants." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 130–145. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-130-145
6. Medvedev, G. V. *Metallokeramicheskie fil'try ochistki toksichnykh gazov: vodnyi transport: monografiya*. Edited by V. P. Gorelov. M.; Berlin: Direkt-Media, 2017. DOI: 10.23681/459342
7. Jivlyuk, G. E., and A. P. Petrov. "Reserves of Improvement in Emission Performance of Marine Diesel Engines." *Dvigatelistroyeniye* 1(259) (2015): 30–34.
8. Heibel, Achim, and Uwe Zink. "Lösungen zur Einhaltung der Grenzwerte für Nutzfahrzeugemissionen der nächsten Dekade basierend auf EPA 2007 und EUV." *MTZ-Motortechnische Zeitschrift* 68.7-8 (2007): 570–574. DOI: 10.1007/BF03227422
9. Novikov, L. A., and V. S. Korchinsky. "Evaluation of Shipowner's Additional Expences Involved in SCR Technology Implementation." *Dvigatelistroyeniye* 3(265) (2016): 23–31.
10. Telidis, K. K. "Perspektivnyi metod ochistki vrednykh vybrosov v atmosferu iz sudovykh dizelei s pomoshch'yu gidrogazoochistitelya." *Materialy IV mezhvuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii aspirantov, studentov i kursantov «Sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya vodnogo transporta Rossii»*. SPb.: GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2013. 223–228.
11. Panchishnyi, V. I. "Neutralisation of Nitrogen Oxides in Engine Exhaust Gases." *Dvigatelistroyeniye* 2(220) (2005): 35–42.
12. Kamyshev, Yuri N., Gennady V. Medvedev, and Nina N. Gorlova. "Purification of marine diesel exhaust gases by means of porous permeable corrosion-resistant materials." *Transactions of the Krylov State Research Centre* S2 (2019): 187–197. DOI: 10.24937/2542-2324-2019-2-S-I-187-197
13. Gorlova, N. N., A. L. Novoselov, G. V. Medvedev, D. S. Pechennikova, and A. A. Novoselov. RU 2 530 187 C1, IPC B 22F 3/23, C 22C 1/05, C 22C 29/12, C 04B 38/00. Shikhta s rodium i iridiem dlya polucheniya poristogo pronitsaemogo kataliticheskogo materiala. Russian Federation, assignee. Publ. 10 Oct. 2014.
14. Gorlova, N. N., A. L. Novoselov, G. V. Medvedev, D. S. Pechennikova, and A. A. Novoselov. RU 2 530 184 C1, IPC B 22F 3/23, C 22C 1/05, C 22C 29/12, C 04B 38/00. Shikhta dlya polucheniya poristogo pronitsaemogo kataliticheskogo materiala. Russian Federation, assignee. Publ. 10 Oct. 2014.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Медведев Геннадий Валериевич —
кандидат технических наук, доцент
Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова
656038, Российская Федерация, Алтайский край,
г. Барнаул, пр. Ленина, 46
e-mail: Genatswaly@mail.ru
Горлова Нина Николаевна —
кандидат технических наук, доцент,
Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова,
656038, Российская Федерация, Алтайский край,
г. Барнаул, пр. Ленина, 46
e-mail: Gnn.09@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Medvedev, Gennady V. —
PhD, associate professor
Polzunov Altai State Technical
University
46 Lenin Av., Barnaul, 656038,
Russian Federation
e-mail: Genatswaly@mail.ru
Gorlova, Nina N. —
PhD, associate professor
Polzunov Altai State Technical
University
46 Lenin Av., Barnaul, 656038,
Russian Federation
e-mail: Gnn.09@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18 ноября 2019 г.
Received: November 18, 2019.