

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ СВОЙСТВ ВИХРЕКАМЕРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ МОРСКИХ СУДОВ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ТОПЛИВА

А. Ф. Дорохов¹, С. А. Каргин², В. В. Шахов¹, В. А. Петровский¹, Хуссам Еддин Май¹

¹ Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация

² Каспийский институт морского и речного транспорта,
филиал Волжского государственного университета водного транспорта,
Астрахань, Российская Федерация

Дизельные двигатели являются основой энергетической установки спасательных шлюпок на всех видах судов: морских, речных и смешанного плавания (согласно Международной конвенции по охране человеческой жизни на море – СОЛАС). В Российской Федерации для этих целей выпускают два типа двигателей: 4ЧСП9,5/11 («Каспий 30») с вихрекамерным смесеобразованием и 4ЧСП9,5/11 («Каспий 40») с камерой сгорания в поршне и объёмно-плёночным смесеобразованием. Двигатель «Каспий 40» характеризуется хорошими пусковыми свойствами и не требует оснащения дополнительными средствами ускорения пуска. Двигатель «Каспий 30», ввиду особенностей конструкции камеры сгорания, необходимо оснащать устройством подогрева топливной смеси в камере сгорания, которое должно работать до выхода двигателя на устойчивый режим функционирования. Этим устройством являются свечи накаливания, питаемые от аккумуляторной батареи и соединённые последовательно, так что выход из строя одной свечи влечёт за собой неработоспособность всей цепи. При необходимости реализации спасательной операции двигатели спасательных шлюпок должны быть запущены на палубе судна без теплоносителя (заборной воды) в системе охлаждения и должны проработать в таких условиях не менее 10–15 мин, пока в шлюпку не загрузится экипаж и она не будет спущена на воду, после чего в систему охлаждения поступит заборная вода. Если при этом произойдёт отказ системы накаливания свечей, особенно в условиях низкой температуры окружающей среды, запуск двигателя в установленные сроки может вообще не состояться. Исследовано влияние магнитной обработки топлива перед запуском и в период запуска на энергию активации молекул топлива и их вступления в реакцию горения без применения внешнего теплового воздействия.

Ключевые слова: спасательные шлюпки, вихрекамерный дизель, пусковые свойства, магнитная обработка топлива, магнитное поле.

Для цитирования: *Дорохов А. Ф., Каргин С. А., Шахов В. В., Петровский В. А., Хуссам Еддин Май.* Исследование пусковых свойств вихрекамерных дизелей средств коллективного спасения экипажей морских судов магнитной обработкой топлива // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 114–122. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-114-122.

Введение

Вихрекамерные дизели характеризуются сравнительно «мягким» рабочим процессом, т. е. скорость нарастания ($dp/d\varphi$) в них более низкая, чем у двигателей с открытой или полуразделённой камерами сгорания, что способствует более низкому уровню шума и вибраций. Вихрекамерные дизели имеют сравнительно лучшие экологические показатели, особенно в части дымности. Однако по экономичности и пусковым свойствам они уступают двигателям с непосредственным впрыском топлива в цилиндр, что объясняется конструкцией камеры сгорания (КС).

Материалы исследования

Согласно рис. 1 сферическую КС от полости охлаждения отделяет стенка толщиной 6 мм с большой относительной поверхностью теплоотдачи, что предопределяет большие потери теплоты в полость охлаждения при достаточно высоком коэффициенте теплопроводности (для чугуна $SЧ 25 \lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$).

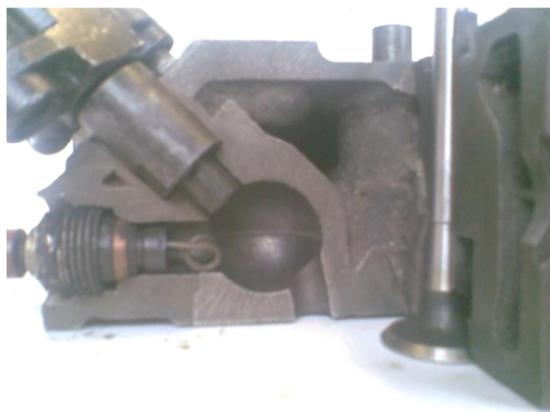


Рис. 1. Разрез крышки цилиндров и вихревой камеры дизеля типа Ч9,5/11

Одним из направлений уменьшения потерь теплоты и ускорения пуска двигателя, а также повышения его экономичности является увеличение термического сопротивления теплопередачи стенки. Этого можно достигнуть путём формирования её многослойной конструкции. Такой вариант конструкции был предложен в работах [1–3] и приведён на рис. 2.

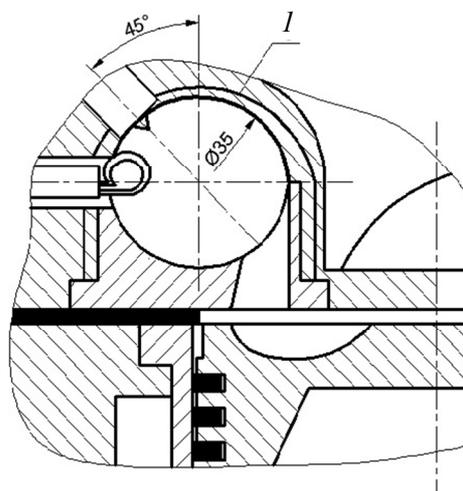


Рис. 2. Схема многослойной цилиндросферической стенки вихревой КС:
1 – титановая цилиндросферическая вставка

Для ограничения уровня тепловых потерь через сферическую стенку участка свободной теплопередачи предполагается увеличить термическое сопротивление теплопередаче посредством формирования в стенке вихревой камеры многослойной конструкции. Такие технические решения для вихревых КС имеют место [4]. Вставка 1 изготавливается из титана марки ВТ 1-0, устанавливается в песчаную форму головки цилиндров перед заливкой, закрепляется фиксаторами, и форма заливается чугуном. Температура плавления титана выше, чем температура плавления чугуна, поэтому вставка сохраняет свою форму и размеры. Толщина вставки из конструкторских и технологических соображений ограничена 1 мм. Для обеспечения эффекта термического сопротивления выпуклая поверхность вставки покрывается термоизоляционным составом (Al_2O_3 , ZrO_2). Нанесение термоизолятора производится путём плазменного напыления, технология которого описана в специальной литературе. Толщина термоизолятора – 0,5 мм.

Мы рассматриваем, однако, данный дизель в его шлюпочном варианте, когда запуск двигателя, в случае реализации спасательной операции и команды «экипажу покинуть судно», производится на палубе судна без воды в системе охлаждения (согласно требованиям Международной конвенции по охране человеческой жизни на море СОЛАС). В таких условиях двигатель должен проработать в течение 10–15 мин, пока будет завершена погрузка экипажа и шлюпка

будет спущена на воду, а в систему охлаждения поступит забортная вода. Поэтому в данном случае ожидать слишком большой теплоотдачи в воздух полости охлаждения, видимо, не следует, хотя опыт запуска дизелей подобного типа без воды в системе охлаждения свидетельствует о недопустимо высоком времени ожидания запуска, о чём будет сказано ниже.

Магнитная обработка топлива

В результате обработки магнитным полем (МП) особенно значительные изменения претерпевают параметры дизельного топлива (так, кислотность дизельного топлива, определяемая по ГОСТ 5985-79, увеличивается на 25–30 %, есть изменения содержания смол).

Изменения свойств топлива при воздействии МП существенно влияют на эксплуатационные свойства топливосмазочных материалов:

- противоизносные свойства;
- полнота сгорания топлива;
- нагарообразование;
- воспламеняемость;
- степень очистки в топливном фильтре;
- коррозионная активность.

Магнитное поле снимает электростатический заряд с молекул топлива, который они получили при прокачивании по трубам, понижает его вязкость. При воздействии МП (нужной напряжённости и величины магнитного потока) на углеводородные жидкости (бензин, керосин, дизтопливо, мазут, печное топливо) и газ происходит поляризация топлива с одновременной ориентацией хаотично двигающихся его частиц. При этом происходит снятие статических зарядов топлива, разрушаются молекулярные связи между частичками топлива. Частички топлива получают дополнительный положительный заряд (рис. 3).

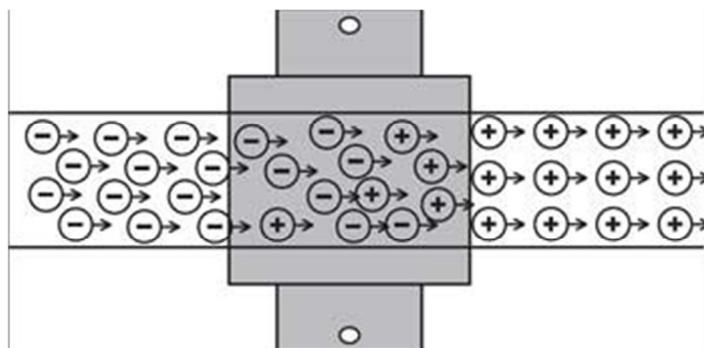


Рис. 3. Схема магнитной активации топлива

Как известно, кислород воздуха имеет отрицательный заряд. Разноимённость зарядов топлива и кислорода интенсифицирует процесс их взаимодействия. В результате этого ускоряются реакции окисления топливовоздушной смеси (т. е. горение топлива). Под действием МП в углеводородной жидкости снижаются силы молекулярного притяжения, или, как их чаще называют, силы поверхностного натяжения. Это облегчает испаряемость, диспергирование топлива, что приводит к лучшему распылению его в КС двигателя.

В топливе образуются разные радикалы: из метана – метил, из этана – этил, из бутана – бутил и т. д. Свободные радикалы – это сравнительно устойчивые осколки органических соединений, в которых отсутствует один атом водорода, т. е. радикалы имеют электрический заряд со знаком «минус». Радикалы малого молекулярного веса менее устойчивы. Этих радикалов больше в лёгких бензинах «А-95», «А-98». Радикалы большего молекулярного веса (бутил и др.) более устойчивы. Последних радикалов больше образуется в бензинах низких марок, дизтопливе, мазуте и печном топливе. Радикалы ведут себя как ионы, которые легче окисляются кислородом воздуха. Много внимания магнитной обработке топлива уделяется в России фирмой «ДС-Технология», ООО «Фирма Флаттер» и др. Серьёзные работы по физическим методам обработки топлива проводятся в Японии. На Украине магнитной обработкой топлива занимаются

несколько фирм: Научно-производственная фирма «Эковод», Центральная научно-исследовательская лаборатория АО «Укрнефть» и др. Материалы по магнитной обработке опубликованы в работах [5–9].

Конструкция магнетизёра

Рассмотрим схему конструкции магнетизёра топлива «МТ-1» накладного типа, позволяющего обрабатывать топливо на значительной длине. Последнее достоинство обеспечивается тем, что он выполнен многомодульным с возможностью его установки на любом участке топливопровода. Магнетизёр «МТ-1» предельно прост по конструкции (рис. 4).

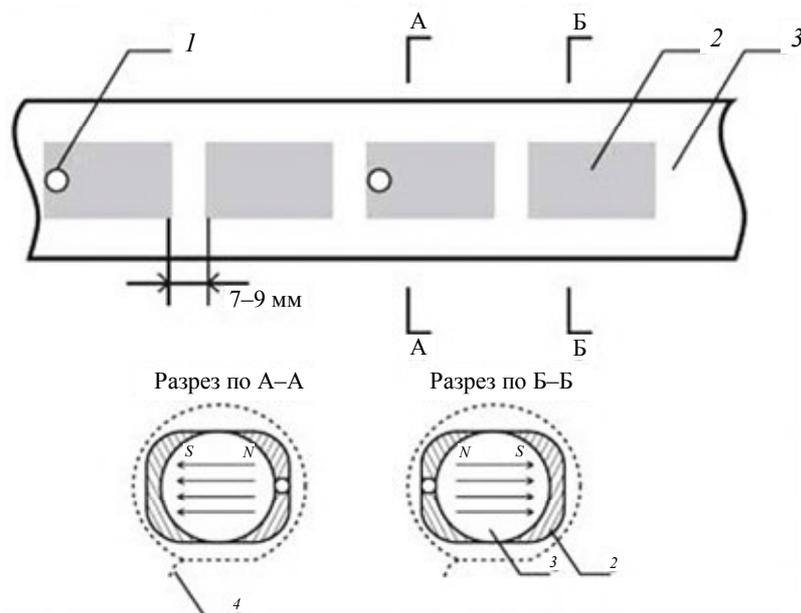


Рис. 4. Магнетизёр топлива «МТ-1»:

1 – белая точка на рис. – северный полюс магнита; 2 – магнит;
3 – топливный шланг; 4 – гибкая защёлка

Магнетизёр «МТ-1» состоит из четырёх модулей, каждый из которых имеет пару магнитов 2. Каждая пара магнитов 2 установлена на топливопроводе 3 таким образом, чтобы северный полюс 1 одного магнита находился против южного полюса другого магнита (не обозначен цифрой). После установки (это будет один магнитный модуль) на шланговом трубопроводе 3 обоих магнитов, как это представлено на рис. 4, они закрепляются гибким элементом 4 (гибкой защёлкой, скотчем).

Расчленённость магнетизёра на несколько отдельных модулей даёт возможность устанавливать его на любом участке топливопровода, в том числе и изогнутом. При этом первый модуль рекомендуется устанавливать перед топливным фильтром (рис. 5).

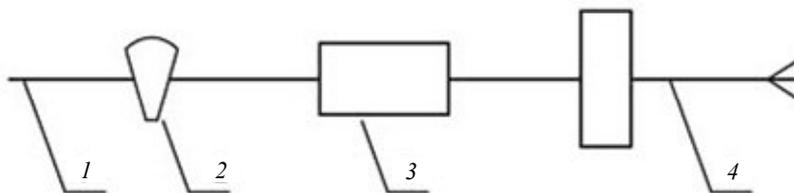


Рис. 5. Схема установки магнетизёра: 1 – топливопровод; 2 – топливный фильтр;
3 – топливный насос; 4 – узел впрыска топлива в КС

В данном случае значительно повышается эффективность задержки загрязнителей топлива, особенно железа, в топливном фильтре. Остальные модули следует установить между насосом и узлом подачи топлива в КС (карбюратором, инжектором или между топливной аппаратурой

и форсунками на дизельных двигателях). Общая длина пути обработки магнитами должна быть не менее 200 мм. При меньшем пути эффективность обработки будет ниже. Чтобы эффективность была достаточной, нужно устанавливать магниты с напряжённостью не ниже 50 мТл. Пары магнитов 2 обязательно устанавливать с осевым зазором между модулями не менее 7–9 мм (рис. 5).

Экспериментальное исследование

В лаборатории тепловых двигателей Астраханского государственного технического университета были проведены экспериментальные исследования, в качестве объекта исследования использован судовой двигатель 2Ч9,5/11 с вихрекамерным способом смесеобразования. Для получения исходных данных был проведён пробный пуск двигателя без свечей накаливания при отсутствии воды в системе охлаждения (рис. 6).



Рис. 6. Двигатель 2Ч9,5/11 без системы МП

Результаты испытаний.

Температура – 26 °С; давление $P_{\text{атм}} = 755$ мм ртут. столба; влажность – 18 %.

Время пуска: первый период вращения стартера – 15 с; перерыв – 15 с; второй период вращения стартера (пуск двигателя) – 9 с.

Суммарное время пуска с выходом на устойчивую работу $\Sigma t = 39$ с.

Стартер приходилось включать периодически, т. к. разрешённое время непрерывной работы стартера – 13 с.

Следующим этапом была подготовка и установка магнетизёра, схема которого приведена на рис. 7.

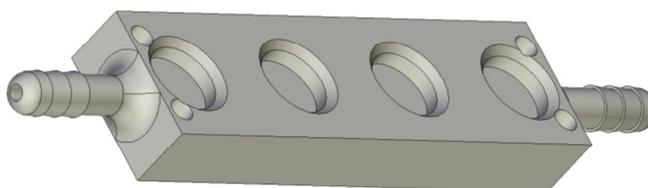


Рис. 7. Общий вид магнетизёра

На рис. 8 представлен вид дизеля с установленным магнетизёром.



Рис. 8. Вид двигателя с магнетизёром

Результаты испытаний.

Температура – 26 °С; давление $P_{\text{атм}} = 758$ мм ртут. столба; влажность – 32 %.

Суммарное время запуска и выхода на устойчивую работу двигателя $\Sigma t = 16$ с.

Таким образом, время запуска дизеля двигателя при наличии МП меньше в два раза, чем при обычном запуске (при отсутствии МП).

На следующем этапе испытаний на топливопровод был установлен второй магнетизёр (рис. 9).



Рис. 9. Вид двигателя с двумя магнетизёрами

Результаты испытаний.

Время пуска и выхода на устойчивую работу двигателя – 11–12 с; температура – 24 °С; давление $P_{\text{атм}} = 760,8$ мм ртут. столба.

Очередной пуск был произведён через два дня для оценки сохраняемости действия МП на топливо в топливопроводе. Время пуска и выхода на устойчивую работу составило 13–14 с; температура – 26 °С; давление $P_{\text{атм}} = 762$ мм ртут. столба.

Заключение

Обработка топлива магнитным полем ведёт к более чем двукратному сокращению времени запуска вихрекамерного дизеля без применения дополнительного теплового воздействия (свечей накаливания). Ещё большее воздействие на скорость запуска двигателя оказывает увеличение количества магнетизёров.

Магнитная обработка топлива в топливпроводе двигателя обеспечивает повышение энергии активации молекул топлива, изменение их магнитной ориентации, что приводит к повышению уровня воспламеняемости топлива за счёт быстрого вступления в реакцию окисления.

Нахождение топлива без движения в топливпроводе под действием МП практически не оказывает влияния на скорость пуска двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дорохов П. А., Алексеев В. В.* Увеличение термического сопротивления стенки вихревой камеры сгорания // Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 14–17 апреля 2015 г.). СПб.: Изд-во СПбПУ, 2015. С. 185–189.
2. *Алексеев В. В.* Повышение надёжности и функциональных характеристик двигателей средств коллективного спасения экипажей морских судов: дис. ... канд. техн. наук. Н. Новгород, 2015. 164 с.
3. *Дорохов П. А., Алексеев В. В.* Некоторые вопросы модернизации и повышения эксплуатационной готовности двигателей спасательных шлюпок // Мор. вестн. 2014. № 4. С. 102–105.
4. *Пат. РФ № 2008455.* Вихревая камера сгорания дизеля / Новосёлов А. Л., Сеницын В. А., Вольских С. В., Матиевский Д. Д.; опубл. 28.02.1994.
5. *Микипорис Ю. А.* Улучшение экологических показателей автомобильных двигателей электромагнитной обработкой топлива: учеб. пособие. Ковров: Изд-во КГТА, 2008. 167 с.
6. *Инжекторный активатор топлива.* URL: <http://shop.new-energy21.ru/inzhektorniy-aktivator-topliva-2.html> (дата обращения: 08.06.2019).
7. *Устройство для трибоэлектрической обработки топлива и топливоздушную смеси.* URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/122101> (дата обращения: 08.06.2019).
8. *Устройство для обработки топлива.* URL: http://www.ntpo.com/patents_fuel/fuel_2/fuel_64.shtml (дата обращения: 08.06.2019).
9. *Магнитный активатор топлива.* URL: http://www.vaztt.ru/2006/08/16/magnitnyjj_aktivator_topliva.html (дата обращения: 08.06.2019).

Статья поступила в редакцию 19.09.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дорохов Александр Федорович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; dorokhovaf@rambler.ru.

Каргин Сергей Александрович – Россия, 414000, Астрахань; Каспийский институт морского и речного транспорта, филиал Волжского государственного университета водного транспорта; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры судомеханических дисциплин; dorokhovaf@rambler.ru.

Шахов Василий Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; vaskas@mail.ru.

Петровский Валерий Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; v_a_petrovsky@mail.ru.

Хуссам Еддин Май – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; vaskas@mail.ru.



STUDYING START UP PROPERTIES OF VORTEX DIESELS
OF COLLECTIVE RESCUE MEANS
OF SEA VESSEL CREWS USING FUEL MAGNETIC TREATMENT

A. F. Dorokhov¹, S. A. Kargin², V. V. Shakhov¹, V. A. Petrovsky¹, Hussam Eddin May¹

¹ Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation

² Institute of Caspian Sea and River Transport,
Federal branch of Volga State University of Water Transport,
Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The paper considers the diesel engines as the hearts of the lifeboat power plants of all types of vessels: sea, river and mixed navigation, according to the International Convention on the Protection of Human Life at Sea - SOLAS. In the Russian Federation there are two types of engines produced for this purpose: 4-9.5/11 ("Kaspiy 30") with vortex-chamber mixing and 4-9.5/11 ("Kaspiy 40") with a combustion chamber in piston and volume-film mixing. The Kaspiy 40 engine is characterized by good starting properties and does not require additional acceleration of the launch. The Kaspiy 30 engine, due to the design of the combustion chamber, must be equipped with a fuel mixture heating device in the combustion chamber, which must work before the engine reaches a stable mode of operation. This device is glow plugs powered by a rechargeable battery and connected sequentially, so that failure of one plug entails the inoperability of the entire chain. If the rescue operation is necessary, the lifeboat engines must be started on deck without a coolant (sea water) in the cooling system and must work for at least 10 - 15 minutes until the crew gets into the boat and the boat is launched, after which the cooling system will take the sea water. If the glow plug system fails, especially when the ambient temperature is low, the start of the engine in the prescribed time may not take place at all. There has been studied the effect of magnetic treatment of fuel before the launch and during the launch on the activation energy of fuel molecules and their reaction in the combustion without external heat.

Key words: lifeboats, vortex diesel, launch properties, fuel magnetic treatment, magnetic field.

For citation: Dorokhov A. F., Kargin S. A., Shakhov V. V., Petrovsky V. A., Hussam Eddin May. Studying start up properties of vortex diesels of collective rescue means of sea vessel crews using fuel magnetic treatment. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;4:114-122. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-114-122.

REFERENCES

1. Dorokhov P. A., Alekseev V. V. Uvelichenie termicheskogo soprotivleniya stenki vihrevoj kamery sgoraniya. Tekhnologiya uprochneniya, naneseniya pokrytij i remonta: teoriya i praktika [Increasing thermal resistance of vortex combustion chamber wall. Technology of hardening, coating and repair: theory and practice]. *Materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Sankt-Peterburg, 14–17 aprelya 2015 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo SPbPU, 2015. 546 p. Pp. 185-189.
2. Alekseev V. V. *Povyshenie nadyozhnosti i funkcional'nyh harakteristik dvigatelej sredstv kollektivnogo spaseniya ekipazhej morskikh sudov: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Improving reliability and functional characteristics of engines of collective rescue means of sea vessel crews: diss. cand. tech. sci.]. Nizhnij Novgorod, 2015. 164 p.
3. Dorokhov P. A., Alekseev V. V. Nekotorye voprosy modernizacii i povysheniya ekspluatacionnoj gotovnosti dvigatelej spasatel'nyh shlyupok [Aspects of modernization and operational availability of lifeboat engines]. *Morskoy vestnik*, 2014, no. 4, pp. 102-105.
4. Novosyolov A. L., Sinicyn V. A., Vol'skih S. V., Matievskij D. D. *Vihrevaya kamera sgoraniya dizelya* [Vortex combustion chamber of diesel engine]. Patent RF, no. 2008455, 28.02.1994.
5. Mikiporis Yu. A. *Uluchshenie ekologicheskikh pokazatelej avtomobil'nyh dvigatelej elektromagnitnoj obrabotkoj topliva: uchebnoe posobie* [Improving environmental performance of automotive engines with fuel electromagnetic treatment: teaching guide]. Kovrov, Izd-vo KGTA, 2008. 167 p.
6. *Inzhektornyj aktivator topliva* [Fuel injector activator]. Available at: <http://shop.new-energy21.ru/inzhektornyj-aktivator-topliva-2.html> (accessed: 08.06.2019).
7. *Ustrojstvo dlya triboelektricheskoj obrabotki topliva i toplivovozdushnoj smesi* [Device for triboelectric processing of fuel and air-fuel mixture]. Available at: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/122101> (accessed: 08.06.2019).

8. *Ustrojstvo dlya obrabotki topliva* [Fuel processing device]. Available at: http://www.ntpo.com/patents_fuel/fuel_2/fuel_64.shtml (accessed: 08.06.2019).

9. *Magnitnyj aktivator topliva* [Magnetic fuel activator]. Available at: http://www.vaztt.ru/2006/08/16/magnitnyjj_aktivator_topliva.html (accessed: 08.06.2019).

The article submitted to the editors 19.09.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dorokhov Alexander Fedorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Shipbuilding and Power Engineering Complexes; dorokhovaf@rambler.ru.

Kargin Sergey Aleksandrovich – Russia, 414000, Astrakhan; Caspian Institute of Sea and River Transport, Federal branch of Volga State University of Water Transport; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Engineering Disciplines; dorokhovaf@rambler.ru.

Shakhov Vasily Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department of Shipbuilding and Power Engineering Complexes; vaskas@mail.ru.

Petrovsky Valery Alexandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department of Shipbuilding and Power Engineering Complexes; v_a_petrovsky@mail.ru.

Hussam Eddin May – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Shipbuilding and Power Engineering Complexes; vaskas@mail.ru.

