

# СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И МАШИННО-ДВИЖИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-61-68  
УДК 665.753.4.004.18:[621.436]

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА НА РАБОТУ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Н. А. Пивоварова, А. Ф. Дорохов, В. В. Шахов, Г. В. Власова, Ю. Ш. Байрамова*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

Многие судовладельцы заинтересованы в снижении расхода судового топлива. Топливная экономичность является одним из важных показателей работы двигателя судна. Существуют различные методы, позволяющие улучшить качество топлива. Помимо традиционных физических и химических методов, применяются также волновые воздействия, например магнитная обработка. Эффективность магнитной обработки для дизельных топлив подтверждается многими исследованиями. Проводится анализ влияния магнитной обработки дизельного топлива при магнитной индукции 0,4 Тл на работу судового двигателя 4ЧН9,5/11 при разных режимах. Магнитная обработка топлива производилась посредством создания магнитного поля постоянными магнитами NdFeB (неодим – железо – бор), установленными в специальных магнетизаторах на топливопроводе к топливному насосу высокого давления. Рассматривается методика анализа изменения внешних показателей двигателя 4ЧН9,5/11 при магнитной обработке топлива. Приведены фотоснимки двигателя 4ЧН9,5/11 во время испытаний. Представлены результаты показателей дизеля 4ЧН9,5/11 (эффективная мощность, частота вращения, среднее эффективное давление, часовой расход топлива, удельный эффективный расход топлива) при испытаниях по нагрузочной и по винтовой характеристике до или после установки магнетизатора. Стендовые испытания подтвердили, что снижение расходов топлива при испытаниях дизеля на магнитообработанном топливе составляет от 5 до 8 %. Отмечено, что с другими видами судового топлива и на других моделях двигателей возможно уточнение способов применения магнитной обработки на морском и речном транспорте.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, магнитное поле, магнитная обработка, нагрузка двигателя, частота вращения.

**Для цитирования:** Пивоварова Н. А., Дорохов А. Ф., Шахов В. В., Власова Г. В., Байрамова Ю. Ш. Исследование влияния магнитной обработки топлива на работу судового двигателя // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 61–68. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-61-68.

### Введение

В последние годы для компаний-перевозчиков обостряется проблема роста цен на судовое топливо. В связи с этим многие судовладельцы стали рассматривать вопрос применения на судах более дешевых тяжелых сортов топлива, альтернативных дорогостоящим легким сортам. Сложившаяся ситуация усугубляется ухудшением качества судовых тяжелых топлив в целом ввиду того, что нефте- и газоперерабатывающие заводы стремятся к повышению глубины переработки нефти и газовых конденсатов [1]. При этом важным эксплуатационным показателем работы двигателя является и топливная экономичность, которая характеризуется расходом топлива судна в различных условиях, связанных с выполнением его работы по перевозке грузов или пассажиров.

### Способы улучшения работы судовых двигателей

Для улучшения топлив, особенно тяжелых сортов, используют различные химические и физические методы. В процессе производства или эксплуатации в топливо вводятся присадки, но их стоимость довольно высока, а взаимодействие с топливом может приводить к образованию нежелательных продуктов сгорания.

Физические методы являются безреагентными и заключаются в отстаивании, центрифугировании, фильтровании топлив, которые позволяют избавляться от взвешенных частиц механических примесей и воды.

Одним из нетрадиционных методов обработки топлива считается магнитная обработка. Применение постоянного магнитного поля уменьшает расход топлива, содержание в отработанных газах несгоревших углеводородов и монооксида углерода, повышает тепловой эффект работы двигателя. Механизм воздействия магнитной обработки на нефтяные системы рассмотрен во многих литературных источниках. Подтверждено, что магнитная обработка снижает плотность, вязкость, поверхностное натяжение и увеличивает степень дисперсности дизельного топлива, что приводит к образованию в топливовоздушной смеси более мелких капель, их перемешиванию с горячей газовой средой и в итоге к более полноценному сгоранию топливовоздушной смеси [2].

На эффективность использования постоянного магнитного поля при обработке дизельного топлива указывают многие исследователи.

Авторами [3] установлено, что расход топлива при оптимальных условиях соответствует 5 % экономии топлива по сравнению с расходом необработанного топлива, при этом содержание монооксида углерода в отработавших газах уменьшается в 1,7 раза. Значения варьируемых параметров составляют 0,18 Тл и 0,7 м/с.

В исследовании [4] к дизельному топливу применялись различные способы магнитной обработки с использованием статических магнитных полей магнитной индукцией 0,36 Тл. Магнитные кондиционеры (МК) были установлены в различных местах топливных магистралей в двигателе, а также осуществлялась магнитная обработка дизельного топлива перед его помещением в баки двигателя. Исследование проводилось с использованием четырехтактного двухцилиндрового двигателя Lister Petter (LPWS2) со степенью сжатия 23,5:1 и постоянной частотой вращения двигателя 1 500 об/мин. Были измерены выбросы окиси углерода, двуокиси углерода, кислорода, оксидов азота, а также температура выхлопных газов и массовый расход топлива. Наивысшие уровни снижения были достигнуты с помощью магнитной обработки, при которой МК размещается непосредственно в трубопроводах двигателя. По мере увеличения количества МК в трубопроводах двигателя выбросы загрязняющих газов уменьшаются. С обработкой, при которой один МК – перед каждой форсункой, два МК – на входе в фильтр и два МК – на возврате топлива, смогли увеличить выделение  $O_2$  на 6,9 % и снизить выбросы CO примерно на 21,3 % при последней нагрузке генераторной установки. При таком подходе удалось добиться снижения расхода топлива на 5 % при нагрузке двигателя 80 %.

Основная цель работы [5] – обработка дизельного топлива в магнитном поле, создаваемом магнитным полюсом с индукцией 0,12 Тл, для улучшения физических свойств и цетанового числа дизельного топлива, произведенного на Хартумском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) (Судан). Физические характеристики и цетановое число использованного образца были испытаны в соответствии со стандартами ASTM (Американское общество испытаний и материалов), включая такие физические свойства, как плотность и кинематическая вязкость. Цетановое число дизельного топлива, использованного в этой работе, составляло 55,6 пунктов до прохождения магнитного поля. После обработки свойства образца были улучшены до пределов, установленных ASTM и Хартумским НПЗ. Цетановое число было увеличено до 60,3 пунктов.

Целью исследования [6] являлось выяснение влияния интеграции методов магнитной обработки и нагрева перед впрыском в двигатель на такие показатели, как крутящий момент, мощность и расход топлива. Было использовано биодизельное топливо, состоящее на 95 % из чистого дизельного топлива и на 5 % из растительных масел с переменным числом оборотов двигателя – 1 200, 1 500, 1 700, 2 100 и 2 500 об/мин, температурой нагрева перед впрыском 70 °С, индукция магнитного поля – 0,0314 Тл. В ходе работы было установлено, что при нагрузке двигателя в 1 700 об/мин и использовании нагрева топлива и магнитного поля перед впрыс-

ком был получен максимальный крутящий момент с использованием упомянутого выше биодизельного топлива. Эффективность совместного использования магнитного поля и предварительного нагрева также была доказана получением максимальной мощности двигателя, соответствующей данному методу обработки. В следующем эксперименте было установлено, что применение совместной обработки нагревом и магнитным полем благоприятно сказалось на расходе топлива, что подтверждается уменьшением расхода топлива по сравнению со значением, соответствующим необработанному топливу.

В работе [7] исследовано влияние акустического, высокочастотного электромагнитного излучения, совместного акустического и высокочастотного электромагнитного излучения на групповой и фракционный состав нефти и нефтяного остатка при их термической переработке. Проиллюстрировано, что при обработке нефти акустическим излучением, совместным акустическим и высокочастотным электромагнитным излучением наблюдается эффект «последствия» до нескольких суток после воздействия, сопровождающийся снижением вязкости, температуры начала кипения и температуры застывания. Приводятся данные о влиянии природы волнового излучения на групповой состав нефти. На основании полученных результатов предполагается механизм спинового катализа термического крекинга нефти и нефтяных остатков.

Согласно данным авторов работы [8], благодаря магнитной обработке топлива перед сжиганием основные факторы, влияющие на процесс горения, такие как качество топлива и качество распыления, претерпевают изменения, и процесс горения существенно улучшается. При воздействии на топливо определенной последовательности магнитных волн переменной полярности, генерируемых постоянными магнитами, что является одной из инновационных особенностей системы, предложенной в рассматриваемой статье, происходит интенсификация процесса изменения стереохимии молекул. Эти изменения приводят к увеличению сродства молекул топлива к другим молекулам и ионам, находящимся в непосредственной близости, таким образом, неявно к молекулам кислорода, которые имеют выраженное парамагнитное поведение, и сгорание топлива будет происходить с большей интенсивностью. В рассматриваемой работе испытана и подтверждена серией экспериментальных испытаний на горение инновационная система, используемая для магнитной обработки горючих жидкостей перед сжиганием.

В исследовании [9] при обработке топлива электромагнитной энергией происходит снижение расхода топлива в четырехтактном дизельном двигателе. Электромагниты с различной интенсивностью (0,45; 0,6; 0,85 и 1 Тл) были установлены вдоль топливопровода с сотовой структурой мини-канала и линии всасывания воздуха. Эксперимент проводили на стенде для испытания четырехтактных дизельных двигателей с переменной нагрузкой на двигатель путем приложения магнитного поля средней напряженности к магистрали подачи воздуха и топлива. Было замечено, что воздействие обработки магнитным полем значительно увеличило тепловой КПД тормоза примерно на 13 %, а максимальное снижение расхода топлива на 11 % было получено для индукции поля 1 Тл.

Энергия постоянных магнитов использовалась в исследовании [10] для обработки автомобильного топлива (иракский бензин) с целью снижения потребления, а также сокращения выбросов топливных газов. Эксперименты в данном исследовании включают использование постоянных магнитов с различной индукцией (0,2; 0,4; 0,6; 0,9 Тл), которые устанавливаются на топливную линию двухтактного двигателя и изучают их влияние на расход бензина, а также количество выхлопных газов. Испытания показали хорошие результаты, согласно которым расход бензина снизился на 1 % при индукции 0,6 Тл, а выбросы CO и несгоревших углеводородов снизились на 30 и 40 % соответственно. Процентное содержание CO<sub>2</sub> в выхлопных газах увеличилось на 10 %. Спектр поглощения инфракрасного и ультрафиолетового излучения проиллюстрировал изменение физико-химических свойств в структуре молекул под воздействием магнитного поля. Поверхностное натяжение бензина, подвергнутого воздействию различных напряжений магнитного поля, измеряли и сравнивали с необработанным образцом.

*Целью настоящей работы* является исследование влияния магнитной обработки дизельного топлива при магнитной индукции 0,4 Тл на работу судового двигателя 4ЧН9,5/11 при разных режимах.

### Методы и объект исследования

В качестве объекта исследования рассматривается дизельное топливо Д-Л-К5.

Согласно результатам экспериментальных исследований наиболее благоприятные условия улучшения показателей топлива создаются при магнитной индукции постоянного магнитного поля 0,4 Тл, линейной скорости потока в активном зазоре 0,2 м/с и четырехкратном пересечении активного зазора. Эти параметры легли в основу разработки магнетизатора с постоянными магнитами. Магнитное поле создается магнитами NdFeB (неодим – железо – бор), встроенными в пластмассовый корпус, изготовленный на 3D-принтере. Соответствие значений магнитной индукции созданного устройства проверено с помощью прибора WT10A Teslameter (производитель – Weiete Magnetic Technology Co Ltd).

Магнитная обработка топлива производилась посредством создания магнитного поля постоянными магнитами, установленными в специальных магнетизаторах на топливопроводе к топливному насосу высокого давления согласно рис.



*а*



*б*

Вид двигателя 4ЧН9,5/11 во время испытаний: *а* – двигатель до установки магнетизатора; *б* – с установленным магнетизатором

Методика анализа изменения внешних показателей двигателя 4ЧН9,5/11 при магнитной обработке топлива заключается в следующем: до проведения измерений дизель запускается и прогревается на холостом ходу ( $n = 800$  об/мин), пуск дизеля производится с датчиком давления, установленного во втором цилиндре; после запуска двигатель прогревается до установления рабочей температуры охлаждающей жидкости. Далее устанавливается требуемый режим и после достижения установившегося температурного состояния производятся измерения регистрируемых параметров: температуры воды внутреннего контура охлаждения, масла, температуры уходящих газов; контроль частоты вращения. Запись индикаторных диаграмм производится с помощью программного продукта Oscilloscope PCSU1000.

Расход топлива регистрируется следующим образом: штихпробер отключается от цистерны основного запаса и двигатель питается топливом только из штихпробера. Регистрируется время расхода определенного количества топлива, которое при соответствующем пересчете представляет собой часовой расход топлива. Удельный расход топлива оценивается соотношением часового расхода к мощности, развиваемой двигателем при данном испытании.

Измерения проводятся после достижения двигателем установившегося режима под нагрузкой, т. е. до достижения рабочей температуры охлаждающей жидкости и масла (75 и 50 °С соответственно).

### Результаты исследований

Основные внешние показатели двигателя, испытанного по нагрузочной и винтовой характеристикам топлива, до и после магнитной обработки приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

**Испытания дизеля 4ЧН 9,5/11 по нагрузочной характеристике до и после установки магнетизатора**

Показатели		Режим, нагрузка				
		Холостой ход	25 %	50 %	75 %	100 %
Эффективная мощность $N_e$ , кВт	До установки	0	6,75	13,5	20,3	27
	После установки	0	6,75	13,5	20,3	27
Среднее эффективное давление $p_e$ , МПа	До установки	–	0,17	0,34	0,52	0,69
	После установки	–	0,17	0,34	0,52	0,69
Часовой расход топлива $G_T$ , кг/ч	До установки	1,46	2,39	3,56	4,75	6,8
	После установки	1,35	2,25	3,38	4,56	6,53
Удельный эффективный расход топлива $g_e$ , кг/(кВт·ч)	До установки	–	0,354	0,264	0,234	0,26
	После установки	–	0,33	0,25	0,22	0,24

Таблица 2

**Испытаний дизеля 4ЧН 9,5/11 по винтовой характеристике до и после установки магнетизатора**

Показатели		Режим, нагрузка		
		50 %	75 %	100 %
Частота вращения $n$ , об/мин	До установки	1 190	1 360	1 510
	После установки	1 190	1 360	1 510
Эффективная мощность $N_e$ , кВт	До установки	17	22,4	27
	После установки	17	22,4	27
Среднее эффективное давление $p_e$ , МПа	До установки	0,549	0,633	0,687
	После установки	0,549	0,633	0,687
Часовой расход топлива $G_T$ , кг/ч	До установки	3,67	4,77	6,8
	После установки	3,41	4,48	6,46
Удельный эффективный расход топлива $g_e$ , кг/(кВт·ч)	До установки	0,216	0,213	0,26
	После установки	0,2	0,2	0,24

Согласно табл. 1 при прочих равных параметрах работы двигателя по нагрузочной характеристике часовой расход топлива уменьшился на 4–6 % после магнитной обработки топлива,

а удельный расход топлива проиллюстрировал большее снижение – на 6–8 %. Наибольшие изменения расхода топлива имели место при нагрузке 25 и 100 %.

При работе двигателя по винтовой характеристике эффект влияния магнитной обработки на расход топлива (как часовой, так и удельный) проявился несколько больше: до 5–6,5 и 6,5–8,3 % соответственно. Наибольшие изменения расхода топлива имели место при нагрузке 50 и 100 %.

Для уточнения возможностей применения магнитной обработки на морском и речном транспорте следует продолжить исследования с другими видами судового топлива и на других моделях двигателей.

### Выводы

1. Стендовые испытания проиллюстрировали снижение расхода топлива при испытаниях дизеля на топливе, обработанном в постоянном магнитном поле, на 5–8 %. При винтовой нагрузке двигателя этот эффект заметнее.

2. Наибольшее сокращение удельного расхода топлива происходит при работе двигателя с полной нагрузкой (100 %), как при нагрузочной характеристике, так и при винтовой.

3. Результаты испытаний по винтовой характеристике подтверждают, что при режиме работы 100 % происходит наибольшее сокращение удельного расхода топлива.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митягин В. Г., Окунев В. Н., Мартыанов В. В. Проблемы эксплуатации судовых дизелей на различных видах топлива // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2013. № 3. С. 49–53.
2. Пивоварова Н. А., Акишина Е. С., Сальникова Т. В., Лагарова И. Р., Нурмамбетов Д. Д. Преимущество магнитной обработки дизельных топлив // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2019. № 2 (68). С. 7–15.
3. Пивоварова Н. А., Дорохов А. Ф., Велес Парра Р. Технология магнитной обработки топлив для дизелей рыбопромысловых и транспортных судов // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2019. № 5. С. 941–950.
4. Arias Gilart R., Ungaro M. R. B., Rodriguez C. E. A., Hernández J. F. F., Sofia M. S., Verdecia D. D. Performance and exhaust gases of a diesel engine using different magnetic treatments of the fuel // Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2020. N. 1. P. 6285–6294.
5. Elamin Abdelnabi A., Ezeldin Mohamed, Masaad Ali M., Suleman Nawal M. Effect of magnetic field on some physical characteristics and cetane number of diesel fuel // American Journal of Applied Chemistry. 2015. N. 3. P. 212–216.
6. Sirajudin M., Husaini A., Widagdo T., Mataram A. The effect of magnetic field and heater in biodiesel fuel line toward torque, power, and fuel consumption of one cylinder four stroke diesel engine at maximum load // Journal of Physics: Conference Series. 2019. N. 1198. P. 1–4.
7. Винокуров В. А., Крестовников М. П., Фролов В. И., Лесин С. В., Назаров А. В. Влияние электромагнитного излучения на групповой и фракционный состав нефтей и нефтяных остатков // Химия и технология топлив и масел. 2015. № 4. С. 3–6.
8. Ciobanu R., Repetto M., Dontu O., Besnea D., Spanu A. Experimental research on magnetic treatment of fuel fluids before burner for in-creasing thermal efficiency and reducing emissions resulting from the burning process // Applied Mechanics and Materials. 2015. N. 772. P. 526–530.
9. Chandrasekaran M., Prakash S., Prakash K. B., Ravikumar M. Influence on performance and emission characteristics of diesel engine by introducing medium strength magnetic field in fuel and air lines // MS&E. 2020. N. 1. P. 764.
10. Faris Ali S., Al-Naseri Saadi K., Jamal N., Isse R. Effects of magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions in twostroke engine // Energy Procedia. 2012. N. 18. P. 327–338.

Статья поступила в редакцию 21.10.2020

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Пивоварова Надежда Анатольевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой химической технологии переработки нефти и газа; nadrivov@live.ru.

**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.

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

**Власова Галина Владимировна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; ganec2003@mail.ru.

**Байрамова Юлия Ширбалаевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры химической технологии переработки нефти и газа; bair567897@gmail.com.



## STUDYING INFLUENCE OF FUEL MAGNETIC TREATMENT ON MARINE ENGINE OPERATION

*N. A. Pivovarova, A. F. Dorokhov, V. V. Shakhov, G. V. Vlasova, Ju. Sh. Bairamova*

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** The article considers the influence of the fuel magnetic treatment onto the operation of a ship engine. Many shipowners are interested in reducing their fuel consumption. Fuel efficiency is one of the most important indicators of a ship's engine. There are various methods to improve the fuel quality. In addition to traditional physical and chemical methods, wave effects are also used, for example, a magnetic treatment. The magnetic treatment effectiveness for diesel fuels has been confirmed by many studies. The analysis of the influence of the magnetic treatment of diesel fuel with a magnetic induction of 0.4 T on the operation of a 4CHN9.5/11 marine engine under different modes is carried out. Magnetic treatment of the fuel was carried out by creating a magnetic field with permanent magnets NdFeb (neodymium - iron - boron) installed in special magnetizers on the fuel line to the high-pressure fuel pump. The methods of analysis of changes in external indicators of the 4CHN9.5/11 engine during magnetic treatment of fuel are considered. The pictures of the 4CHN9.5/11 engine tested are presented. The results of the parameters of the 4CHN9.5/11 diesel engine (effective power, speed, average effective pressure, hourly fuel consumption, specific effective fuel consumption) during tests on load and screw characteristics before or after installation of the magnetizer are presented. The bench tests have confirmed that the reduction in fuel consumption when testing a diesel engine running on magnetically treated fuel makes 5-8%. It is noted that with other types of marine fuel and on other models of engines it is possible to clarify the methods of using magnetic processing in sea and river transport.

**Key words:** diesel fuel, magnetic field, magnetic treatment, engine load, rotation speed.

**For citation:** Pivovarova N. A., Dorokhov A. F., Shakhov V. V., Vlasova G. V., Bairamova Ju. Sh. Studying influence of fuel magnetic treatment on marine engine operation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2020;4:61-68. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-61-68.

### REFERENCES

1. Mitiagin V. G., Okunev V. N., Mart'ianov V. V. Problemy ekspluatatsii sudovykh dizelei na razlichnykh vidakh topliva [Problems of marine diesel engines operation on various types of fuel]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2013, no. 3, pp. 49-53.
2. Pivovarova N. A., Akishina E. S., Sal'nikova T. V., Lagarova I. R., Nurmambetov D. D. Preimushchestva magnitnoi obrabotki dizel'nykh topliv [Benefits of magnetic processing of diesel fuels]. *Vestnik Astrakhanского государственного технического университета*, 2019, no. 2 (68), pp. 7-15.

3. Pivovarova N. A., Dorokhov A. F., Veles Parra R. Tekhnologiya magnitnoi obrabotki topliv dlia dizelei rybopromyslovykh i transportnykh sudov [Technology of magnetic treatment of fuels for diesel engines of fishing and transport vessels]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2019, no. 5, pp. 941-950.
4. Arias Gilart R., Ungaro M. R. B., Rodríguez C. E. A., Hernández J. F. F., Sofia M. S., Verdecia D. D. Performance and exhaust gases of a diesel engine using different magnetic treatments of the fuel. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 2020, no. 1, pp. 6285-6294.
5. Elamin Abdelnabi A., Ezeldin Mohamed, Masaad Ali M., Suleman Nawal M. Effect of magnetic field on some physical characteristics and cetane number of diesel fuel. *American Journal of Applied Chemistry*, 2015, no. 3, pp. 212-216.
6. Sirajudin M., Husaini A., Widagdo T., Mataram A. The effect of magnetic field and heater in biodiesel fuel line toward torque, power, and fuel consumption of one cylinder four stroke diesel engine at maximum load. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, no. 1198, pp. 1-4.
7. Vinokurov V. A., Krestovnikov M. P., Frolov V. I., Lesin S. V., Nazarov A. V. Vliianie elektromagnitnogo izlucheniia na gruppovoi i fraktsionnyi sostav neftei i neftiannykh ostatkov [Influence of electromagnetic radiation on group and fractional composition of oils and oil residues]. *Khimiia i tekhnologiya topliv i masel*, 2015, no. 4, pp. 3-6.
8. Ciobanu R., Repetto M., Dontu O., Besnea D., Spanu A. Experimental research on magnetic treatment of fuel fluids before burner for in-creasing thermal efficiency and reducing emissions resulting from the burning process. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, no. 772, pp. 526-530.
9. Chandrasekaran M., Prakash S., Prakash K. B., Ravikumar M. Influence on performance and emission characteristics of diesel engine by introducing medium strength magnetic field in fuel and air lines. *MS&E*, 2020, no. 1, p. 764.
10. Faris Ali S., Al-Naseri Saadi K., Jamal N., Isse R. Effects of magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions in twostroke engine. *Energy Procedia*, 2012, no. 18, pp. 327-338.

The article submitted to the editors 21.10.2020

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Pivovarova Nadezhda Anatolievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; nadpivov@live.ru.

**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.

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

**Vlasova Galina Vladimirovna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; ranec2003@mail.ru.

**Bairamova Julia Shirbalaevna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas; bair567897@gmail.com.

