

УДК 621.43.057.3
ГРНТИ:73.34.35
DOI 10.56525/NCBE3655

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

САХНО К.Н.

Астраханский государственный
технический университет
г. Астрахань, РФ
E-mail: k.sakhno@mail.ru

Аннотация. Выполненное исследование открывает новые перспективы для оптимизации работы судовых дизелей. Анализ индикаторных диаграмм позволяет более точно определить зависимость ключевых характеристик рабочего процесса от содержания влаги в топливе, что в свою очередь может привести к улучшению эффективности и экономичности судового двигателя.

С помощью регрессионного анализа и пакета программы *MS Excel* удалось не только обработать и анализировать данные, но и визуализировать полученные результаты. Это позволило лучше понять взаимосвязь между влагосодержанием в топливе и работой двигателя, что является ключевым моментом при разработке новых технологий и методов в области морской транспортной промышленности.

Интересные выводы исследования могут послужить основой для дальнейших работ в этой области. Подробное изучение влияния влагосодержания на работу судовых дизелей может принести значительные выгоды как в экономическом, так и в экологическом плане. Научные исследования в этом направлении могут привести к разработке новых методов и технологий, которые могут повысить эффективность и устойчивость работы судовых двигателей в условиях различных климатических и эксплуатационных условий.

Приобретенные результаты дают возможность выявить плюсы и минусы этого способа, кроме того создать теоретическую базу последующих исследований согласно использованию ВТЭ в судовых дизелях.

Ключевые слова: водотопливные эмульсии, судовой дизель, рабочий процесс, дизельное топливо, экстремумы параметров, экспериментальные работы, регрессионный анализ.

Введение. В основе формирования двигателей внутреннего сгорания было подмечено, что объединение двух несовместимых жидкостей - воды и горючего, способствует улучшению технических показателей рабочего процесса ДВС.

Искусственно изготовленные смеси топлива углеводородного содержания и пресной воды, именуемые в дальнейшем водотопливными эмульсиями (ВТЭ), изменяют классическое понимание касательно процессов, совершаемых в камере сгорания двигателя, а также дают возможность по-другому дать оценку значимости воды, её воздействия на процессы горения. Влага в составе эмульсии проявляет абсолютно иное влияние, чем просто как однородный элемент в своём обычном физиологическом состоянии [1].

Финансовая, а также экологическая престижность ВТЭ спровоцировала и продолжает пробуждать потребность развития методологических баз теории и выполнения подробных исследований применения эмульгированных топлив и установок изготовления данных типов эмульсий.

Кроме существенного числа опытных трудов, посвящённых применению ВТЭ, проводятся углублённые экспериментальные работы вместе с исследованием ключевых теоретических утверждений о системах впрыскивания, а также динамики формирования водотопливного впрыска, горения ВТЭ, воздействия ВТЭ на рабочие процессы внутри камеры сгорания судового ДВС.

Материалы и методы исследования. Опытные испытания дизеля с использованием ВТЭ велись на стендовом аппарате лаборатории тепловых двигателей в Астраханском государственном техническом университете (АГТУ), Российская федерация. Предмет тестирования – дизель 3Ч17,5/24, переделанный в одноцилиндровый двигатель мощностью $N_e = 15,33$ кВт при частоте вращения коленчатого вала $n = 630$ мин⁻¹ [2]. Детальное представление конструкции рассмотрено в публикациях работников АГТУ, в частности в труде [3]. Единый тип опытной конструкции представлен на рисунке 1, а принципиальная схема конструкции изображена на рисунке 2.



Рисунок 1 - Общий вид экспериментальной конструкции с дизелем 3Ч17,5/24.

В качестве нагрузочного приспособления дизеля применялся источник непрерывного тока 2 с самовозбуждением напряжения 220 В и мощностью 48 кВт, входящий в набор промышленного агрегат-гальванического аппарата. Гальваническая электроэнергия генератора поглощалась аппаратом 3 с типовыми электронагревательными компонентами (ТЭН-400) [4].

С целью обеспечения нагрузки дизеля от 25 до 110 % номинальной мощности, ТЭНы объединены в группу. Достоверность формируемой нагрузки гарантирует ступенеобразное подключение ТЭНов. Подсоединение к генератору выполняется при помощи стенда управления 4, оборудованного системой подключения, защиты и контроля. Согласно свидетельствам амперметра 5 и вольтметра 6 устанавливается действенная производительность дизеля. Частота вращения коленвала индексируется тахометром 7. Концепция подготовки горючего заключается в расходно-отстойной цистерны дизельного топлива 8 (Л-0,2-40 ГОСТ 305-82) объёмом 0,150 м³, поршневого топливоподающего насоса 9 с кулачковым приводом от дизеля, ТНВД 10, посредством трубопровода, объединённого с форсункой 11, фильтров горючего 12, 13 и трубопровода с запорно-разъёмной арматурой. При работе дизеля горючее из расходно-отстойной цистерны 8

поступает в фильтр 12 и топливоподающим насосом 9 направляется в камеру нагнетания ТНВД при давлении 0,1 МПа, затем через форсунку направляется в цилиндр дизеля. В порядке замера расхода, ёмкость 7 выключается, и горючее используется с измерительного бака 14. Часовой расход горючего находится взвешенным методом с применением весов 16 и миллисекундомера СК-1.

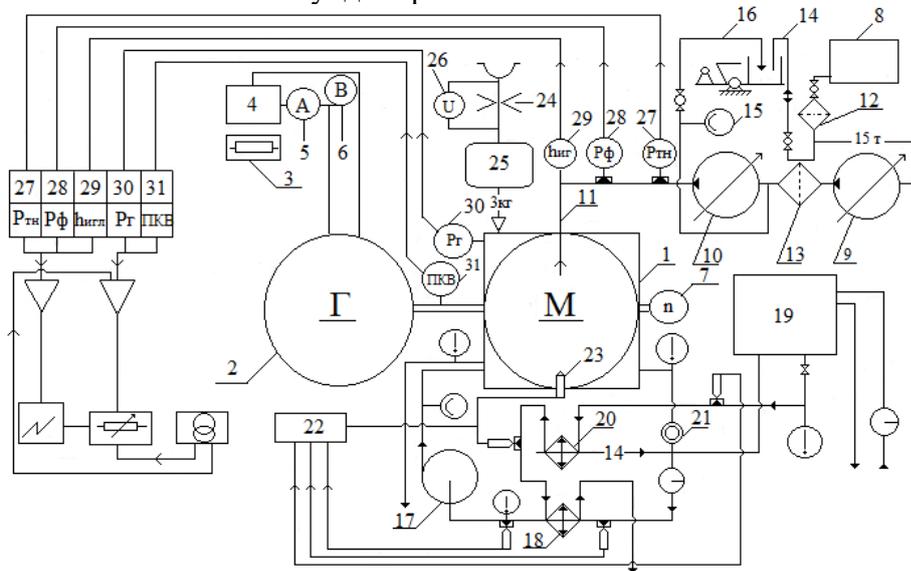


Рисунок 2 - Принципиальная схема экспериментальной конструкции.

Охлаждение установки использует замкнутую систему, двухконтурную. Потребление воды наружного контура через холодильник обуславливается маршрутом замера времени наполнения измерительной ёмкости, а внутреннего – расходомером 21. Температура воды в требуемых местах вычисляется хромель-копелевыми термопарами, электродвижущая сила (ЭДС) которых определяется потенциометром ПП-6322. Температура плоскости цилиндрической крышки на участке намечаемого максимума термического потока фиксируется термопарой 23.

Определение расхода воздуха дизелем выполняется удвоенной диафрагмой 24, устранение вибраций атмосферы выполняется с помощью ресивера 25. Разность давлений в удвоенной диафрагме записывается согласно жидкостного манометра 26, а характеристики окружающей среды барометром-анероидом и ртутным градусником. Регистрирование давлений выполняется ёмкостными указателями 27, 28, 29 компании "Дон Электроник". Для фиксирования подъёма иглы форсунки и меток углов поворота коленвала и верхней мёртвой точки, применяются индуктивные указатели 30, 31. Результаты тестирования дизеля осуществлялись согласно методологии ГОСТ 10448-80. Схема тестирований включала нахождение мощностных и экономических характеристик двигателя на режимах нагрузочной характеристики Производительность, а также удельный расход горючего сводились к классическим обстоятельствам.

Перед основной выполнением тестирований контрольно-замерными устройствами и техникой, выполнили поверку приборов. Класс используемой техники и устройств, давал обеспечение достоверности выполняемых замеров в согласовании с общепринятыми мерами, установленными ГОСТ 10448-80. Достоверность замеров характеристик рабочего процесса двигателя расценивается согласно типичной квадратичной погрешности. С целью последующих изучений в данной научной сфере, были проведены серии исследований с разным количеством воды в топливных эмульсиях.

Фиксирование давления изнутри цилиндра, сведения топливной аппаратуры и температура внутренней плоскости цилиндрической крышки отмечались шлейфовым осциллографом Н-115. Сигналы на осциллограф фиксировались с измерительно-усилительного комплекса «Дон Электроник».

Оцифровывание осциллограмм осуществлялось вместе с применением проекта *Get Data Graph Digitizer* – очень комфортного, функционального, а также элементарного прибора. Графическое отображение итогов оцифровки осциллограммы показано в рисунке 3, где в зависимости от угла поворота коленвала (*ДПКВ*) отображены конфигурации давления газов (*P_Г*), температуры поверхности камеры сгорания (*Δt_{ст}*), давление горючего в подиглолочном пространстве форсунки (*P_ф*), давление горючего в топливном насосе высокого давления (*P_{ТНВД}*) и передвижения иглы форсунки (*h* иглы).

С целью разбора характеристик рабочего процесса двигателя была применена программа «*Диаграмма+*», созданная научно-производственной компанией «Гарант» совместно с Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом [5, 6].

- 1 – давление газов (*P_Г*); 2 – температура поверхности камеры сгорания (*Δt_{ст}*);
 3 – давление горючего в форсунке (*P_ф*); 4 – давление горючего в ТНВД (*P_{ТНВД}*);
 5 – передвижения иглы форсунки (*h* иглы).

Рисунок 3 - Графическое отображение итогов оцифровки осциллограммы.

Результаты исследования. Результаты проведённых исследований изучались на основе регрессионного анализа с применением пакета *MS Excel* [7].

Регрессионный анализ (линейный) — статический способ изучения связи между зависимой переменной *Y* и одной или несколькими независимыми переменными *X₁, X₂, ..., X_p*. Независимые переменные называют регрессорами либо предикторами, а зависимые — критериальными. Номенклатура зависимых и независимых переменных отображает только математическую зависимость переменных.

Комплект *MS Excel* применим с целью заключения проблем аппроксимирования с таблично установленными функциями маршрута дополнения подобранных регрессий (линий тренда – *trend lines*) в диаграмму, выстроенную на базе таблицы сведений с целью исследуемой характеристики процесса.

Согласно диапазону общедоступных функций, *MS Excel* на сегодняшний день практически никак не уступает особым программам обрабатывания статистических сведений.

Плюсы использованного комплекса регрессионного анализа *MS Excel* состоят из:

- сравнительной лёгкости вычисления на диаграммах линии тренда без формирования для неё таблицы сведений;
- довольно обширного списка видов рекомендованных линий трендов, причём в данный список вступают часто применяемые виды регрессии;

- вероятность моделирования действия исследуемого хода на случайное количество движений вперёд или назад (в границах разумного значения);
- вероятность извлечения уравнения линии тренда в аналитическом виде;
- допустимость, при необходимости, извлечения оценки достоверности проведённой аппроксимации.

Анализ надёжности линии тренда к практическим сведениям выполняется по признаку определённости либо величине R в квадрате. R может изменяться от 0 до 1. Чем выше величина этого показателя, тем достовернее линия тренда. Значение R^2 автоматически вычисляется *Excel* при выборе линии тренда к показателям.

Уравнения многофункциональных связей и значимость R^2 , были применены в данном материале и отображены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Аналитические связи ключевых характеристик рабочего процесса дизеля от влагосодержания водотопливной эмульсии дизельного горючего.

Характеристики	Символ	Параметр	Уравнение	Достоверность аппроксимации, R^2
Среднее эффект. давление	p_{me}	МПа	$y = -0,0003C_w^2 + 0,0057C_w + 0,5539$	1,00
Удельный эффективный расход горючего	b_e	г/кВтч	$y = 0,1087C_w^2 - 1,8428C_w + 225,99$	0,99
Время подачи горючего	τ_n	мс	$y = 0,0425C_w + 10,676$	0,99
Время задержки воспламенения	τ_i	мс	$y = 0,0261C_w + 2,6953$	0,99
Максимальная скорость выделения тепла	$(dx/d\varphi)_{max}$	1/°ПКВ	$y = -0,00005C_w^2 + 0,001C_w + 0,0436$	0,97
Максимальный коэф-нт использования тепла	ξ_{max}		$y = -0,0007C_w^2 + 0,0126C_w + 0,7888$	0,99
Термохимический коэф-нт эффективности горения	η_{mx}		$y = -0,0007C_w^2 + 0,0121C_w + 0,9321$	0,97
Продолжительность горения	φ_z	°ПКВ	$y = 0,0266C_w^2 - 0,7137C_w + 72,778$	0,99
Индикаторный КПД	η_i		$y = -0,0001C_w^2 + 0,0022C_w + 0,451$	0,97
Макс. температура процесса	T_{max}	К	$y = -0,377C_w^2 + 9,638C_w + 1603$	0,99
Макс. давление процесса	p_{max}	МПа	$y = -0,0017C_w^2 + 0,0413C_w + 6,0059$	0,99
Максимальная скорость нарастания давления	Wp_{max}	Мпа/°ПКВ	$y = 0,0013C_w^2 + 0,0016C_w + 0,2056$	1,00
Температура выпускных газов	t_g	°С	$y = 0,2514C_w^2 - 4,3248C_w + 340,1$	0,98

Таблица 2 - Аналитические связи ключевых характеристик рабочего процесса дизеля от влагосодержания водотопливной эмульсии моторного горючего.

Привлекательность выбранного инструмента *Microsoft Excel*, предоставляет доступный и простой в использовании инструмент для регрессионного анализа, делая его доступным даже для пользователей с ограниченными знаниями в этой области. Выполненные регрессионные модели позволяют обнаруживать аномальные значения влагосодержания, связанные с различными аспектами рабочего процесса.

На основании полученных результатов, можно сделать вывод о том, что оптимальное влагосодержание для рабочего процесса должно находиться в определенном диапазоне значений. Например, слишком высокое содержание влаги может привести к ухудшению качества продукции или нестабильности процесса производства. С другой стороны, недостаточное содержание влаги также может негативно сказаться на результате работы и привести к нежелательным последствиям.

Дальнейшие исследования и расчеты могут позволить определить оптимальные параметры влагосодержания для конкретного рабочего процесса и принять соответствующие меры для их достижения. Кроме того, важно учитывать различные факторы, влияющие на содержание влаги в материалах или продукции, такие как температура, влажность окружающей среды и др.

Таким образом, анализ и обсуждение результатов расчетов позволяют принимать обоснованные решения по оптимизации работы процесса производства с учётом влагосодержания. Дальнейшая работа в этом направлении может привести к улучшению качества продукции, повышению эффективности процесса и снижению рисков возможных проблем или отклонений от установленных параметров. Полученные модели регрессии были использованы для выявления экстремальных значений влагосодержания дизельного и моторного топлива и отображены в таблицах 3 и 4. Эти аномальные значения указывают на возможные проблемы или отклонения в процессе хранения или обращения с топливом. Эти примеры демонстрируют ценность использования регрессионного анализа для идентификации потенциальных проблем, связанных с влагосодержанием в топливе. Результаты анализа могут служить основой для дальнейших исследований или корректирующих мер для оптимизации процессов хранения и обращения, тем самым

Характеристики	Символ	Параметр	Уравнение	Достоверность аппроксимации, R^2
Среднее эффект. давление	p_{me}	МПа	$y = -0,00003C_w^2 + 0,001C_w + 0,5794$	1
Удельный эффективный расход горючего	b_e	г/кВтч	$y = 0,1105C_w^2 - 3,2884C_w + 281,3$	1,00
Время подачи горючего	τ_n	мс	$y = 0,1507C_w + 12,354$	0,97
Время задержки воспламенения	τ_i	мс	$y = 0,07C_w + 2,4663$	0,95
Максимальная скорость выделения тепла	$(dx/d\varphi)_{max}$	1/°ПКВ	$y = -0,00004C_w^2 + 0,0009C_w + 0,0261$	0,99
Максимальный коэф-нт использования тепла	ξ_{max}		$y = -0,0002C_w^2 + 0,0069C_w + 0,672$	0,99
Термохимический коэф-нт эффективности горения	η_{mx}		$y = -0,0004C_w^2 + 0,0123C_w + 0,8048$	0,99
Продолжительность горения	φ_z	°ПКВ	$y = 0,1125C_w^2 - 3,3747C_w + 135,56$	0,99
Индикаторный КПД	η_i		$y = -0,0002C_w^2 + 0,0061C_w + 0,357$	1,00
Макс. температура процесса	T_{max}	К	$y = -0,6869C_w^2 + 12,764C_w + 1695,2$	1,00
Макс. давление процесса	p_{max}	МПа	$y = -0,004C_w^2 + 0,0711C_w + 5,5485$	0,99
Максимальная скорость нарастания давления	Wp_{max}	МПа/°ПКВ	$y = 0,009C_w + 0,1494$	1,00
Температура выпускных газов	t_g	°С	$y = -2,7936C_w + 398,82$	1,00

обеспечивая качество топлива и уменьшая риски, связанные с высоким влагосодержанием [8].

Таблица 3 - Значения влагосодержания водотопливной эмульсии дизельного горючего, соответствующие экстремумам характеристик рабочего процесса.

Характеристики	С _в , %
Среднее эффективное давление, МПа	9,50
Удельный эффективный расход горючего, г/кВтч	8,48
Максимальная скорость выделения тепла, 1/°ПКВ	10,00
Максимальный коэффициент использования тепла	9,00
Термохимический коэффициент эффективности горения	8,64
Продолжительность горения, °ПКВ	13,42
Индикаторный КПД	11,00
Максимальная температура процесса, К	12,78
Максимальное давление процесса, МПа	12,15
Температура выпускных газов, °С	8,6

Таблица 4 - Значения влагосодержания водотопливной эмульсии моторного горючего, соответствующие экстремумам характеристик рабочего процесса.

Характеристики	С _в , %
Среднее эффективное давление, МПа	16,7
Удельный эффективный расход горючего, г/кВтч	14,9
Максимальная скорость выделения тепла, 1/°ПКВ	11,3
Максимальный коэффициент использования тепла	17,3
Термохимический коэффициент эффективности горения	15,4
Продолжительность горения, °ПКВ	15,0
Индикаторный КПД	15,3
Максимальная температура процесса, К	9,3
Максимальное давление процесса, МПа	8,9
Температура выпускных газов, °С	8,0

Заключение. Исследования показали, что оптимальное соотношение компонентов водотопливных эмульсий играет ключевую роль в эффективности работы судовых дизелей. Резкое изменение влагосодержания в топливе может привести к экстремальным показателям, что в свою очередь может негативно отразиться на работе двигателя. Поэтому совершенствование методов контроля и оптимизации компонентов водотопливных эмульсий является актуальной задачей для отрасли [9].

Дальнейшие исследования в этой области могут включать в себя более глубокий анализ влияния влагосодержания в топливе на процессы сгорания в двигателях, и разработку более точных моделей предсказания параметров рабочего процесса. Также важно изучить возможности использования более современных технологий и их адаптацию для улучшения работы судовых дизелей [10].

В целом, данное исследование подчеркивает необходимость продолжения работы в этом направлении и разработку новых методов оптимизации водотопливных эмульсий. Только через более глубокое понимание процессов, происходящих в двигателях судов, можно повысить эффективность и экологическую безопасность данного вида транспорта. Проведённый анализ данных даёт возможность полагать, что использование водотопливных эмульсий в судовых дизелях остаётся одним из проблемных направлений, обуславливающих результативность применения углеводородного горючего, которое обеспечивают топливную экономичность, а также природоохранную защищённость данного типа энергетических установок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Данилов И.Я. Особенности водоземulsionных топлив / И.Я. Данилов, Р.А. Данилова. – М.: Химия и технология топлив и масел, №2. 2017. С. 30 – 33.
- [2]. Сисин В.Д. Установка для приготовления водотопливной эмульсии / В.Д. Сисин. – М.: Речной транспорт, № 10. 2014. С. 32 – 33.
- [3]. Теренин И.Н. Влагометрия судового горючего: учебное пособие / И.Н. Теренин, М.Н. Покусаев. – Астрахань: Нова, 2016. – 173 с.
- [4]. Лебедев О.Н. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях / О.Н. Лебедев, В.А. Сомов, В.Д. Сисин. – СПб.: Судостроение, 2018. – 108 с.
- [5]. Гаврилов В.В. Кинетическая модель предпламенных реакций в дизеле с объёмным смесеобразованием. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. / В.В. Гаврилов. – М.: Машиностроение, №1. 2023. С. 21 – 28.
- [6]. Патров Ф.В. Управление программой «Диаграмма+» при обработке осциллограмм испытаний среднеоборотного судового дизеля с использованием водотопливных эмульсий / Ф.В. Патров, А.Н. Громов. – Астрахань: Вестник АГТУ, Серия: Морская техника и технологии №5. 2018. С. 94 – 97.
- [7]. Язык компьютера: пер. с англ.; под ред. и с предисл. В.М. Курочкина. Я41 – М.: Мир, 2019. – 240 с.
- [8]. Ильичев Л.В. Эффективность проектируемых элементов сложных систем / Л.В. Ильичев, В.Д. Волков, В.А. Грушанский. – М.: Высшая школа, 2015. – 280 с.
- [9]. Клопотной А.Е. О применении топливно-водяных эмульсий в судовых дизелях / А.Е. Клопотной, О.Н. Лебедев. – М.: Транспорт, вып. 165. 2019. С. 26 – 32.
- [10]. Мироненко И.Г. Применение водотопливных эмульсий для увеличения срока эксплуатации судовых дизелей: дис. ... д-ра тех. наук: 05.04.02 / Мироненко Игорь Геннадьевич. – Барнаул, 2017. – 283 с.

REFERENCES

- [1]. Danilov I.Ya. Features of water-based emulsion fuels / I.Ya. Danilov, R.A. Danilova. – M.: Chemistry and technology of fuels and oils, No. 2. 2017. pp. 30-33.
- [2]. Sisin V.D. Installation for the preparation of a water-fuel emulsion / V.D. Sisin. – M.: River transport, No. 10. 2014. pp. 32-33.
- [3]. Terenin I.N. Moisture measurement of marine fuel: a textbook / I.N. Terenin, M.N. Pokusaev. Astrakhan: Nova, 2016. 173 p
- [4]. Lebedev O.N. Water-fuel emulsions in marine diesels / O.N. Lebedev, V.A. Somov, V.D. Sisin. – St. Petersburg: Shipbuilding, 2018. – 108 p.
- [5]. Gavrilov V.V. Kinetic model of pre-flame reactions in diesel with volumetric mixing. Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. / V.V. Gavrilov. – M.: Mechanical Engineering, No. 1. 2023. pp. 21-28.
- [6]. Patrov F.V. Management of the "Diagram+" program in the processing of oscillograms of tests of medium-speed marine diesel using water-fuel emulsions / F.V. Patrov, A.N. Gromov. Astrakhan: Bulletin of the AGTU, Series: Marine Engineering and Technology No.5. 2018. pp. 94-97.
- [7]. Computer language: translated from English; ed. and with a preface by V.M. Kurochkin. Ya41 – M.: Mir, 2019. – 240 p.
- [8]. Ilyichev L.V. Efficiency of the designed elements of complex systems / L.V. Ilyichev, V.D. Volkov, V.A. Grushansky. – M.: Higher School, 2015. – 280 p
- [9]. Klopotnoy A.E. On the use of fuel-water emulsions in marine diesels / A.E. Klopotnoy, O.N. Lebedev. – M.: Transport, vol. 165. 2019. pp. 26-32.
- [10]. Mironenko I.G. The use of water-fuel emulsions to increase the service life of marine diesel engines: dis. ... doctor of Technical Sciences: 05.04.02 / Mironenko Igor Gennadievich. – Barnaul, 2017. – 283 p.

Сахно Константин Николаевич

Астрахань Мемлекеттік Техникалық Университеті, Астрахань, Ресей Федерациясы

**СУ-ОТЫН ЭМУЛЬСИЯЛАРЫНДА ЖҰМЫС ІСТЕУ КЕЗІНДЕ КЕМЕ
ДИЗЕЛЬДЕРІН СЫНАУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Аңдатпа. Аяқталған зерттеулер теңіз дизельді қозғалтқыштарының жұмысын оңтайландырудың жаңа перспективаларын ашады. Индикаторлық диаграммаларды талдау жұмыс процесінің негізгі сипаттамаларының отынның ылғалдылығына тәуелділігін дәлірек анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде теңіз қозғалтқышының тиімділігі мен тиімділігін арттыруға әкелуі мүмкін.

Регрессиялық талдау мен MS Excel бағдарламалық жасақтамасының көмегімен деректерді өңдеуге және талдауға ғана емес, сонымен қатар алынған нәтижелерді визуализациялауға да мүмкіндік туды. Бұл жанармайдағы ылғалдылық пен қозғалтқыштың жұмысы арасындағы байланысты жақсырақ түсінуге мүмкіндік берді, бұл теңіз көлігі өнеркәсібі саласындағы жаңа технологиялар мен әдістерді дамытудың негізгі нүктесі болып табылады.

Зерттеудің қызықты нәтижелері осы саладағы әрі қарайғы жұмыстарға негіз бола алады. Ылғалдылықтың теңіз дизельді қозғалтқыштарының жұмысына әсерін егжей-тегжейлі зерттеу экономикалық жағынан да, экологиялық жағынан да айтарлықтай пайда әкелуі мүмкін. Осы бағыттағы ғылыми зерттеулер әртүрлі климаттық және пайдалану жағдайларында теңіз қозғалтқыштарының тиімділігі мен тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік беретін жаңа әдістер мен технологиялардың дамуына әкелуі мүмкін.

Алынған нәтижелер бұл әдістің оң және теріс жақтарын анықтауға мүмкіндік береді, сонымен қатар теңіз дизельдерінде VTE қолдану бойынша кейінгі зерттеулердің теориялық негізін құруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: су-отын эмульсиялары, теңіз дизельдері, жұмыс процесі, дизель отыны, экстремалды параметрлер, эксперименттік жұмыстар, регрессиялық талдау.

Сахно Константин Николаевич

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

**INVESTIGATION OF THE TEST RESULTS OF MARINE DIESEL ENGINES WHEN
WORKING ON WATER-FUEL EMULSIONS**

Annotation. The completed research opens up new prospects for optimizing the operation of marine diesel engines. The analysis of indicator diagrams makes it possible to more accurately determine the dependence of the key characteristics of the workflow on the moisture content in the fuel, which in turn can lead to improved efficiency and efficiency of the marine engine.

With the help of regression analysis and the MS Excel software package, it was possible not only to process and analyze the data, but also to visualize the results obtained. This made it possible to better understand the relationship between the moisture content in the fuel and the operation of the engine, which is a key point in the development of new technologies and methods in the field of marine transport industry.

The interesting findings of the study can serve as a basis for further work in this area. A detailed study of the effect of moisture content on the operation of marine diesel engines can bring significant benefits both economically and environmentally. Scientific research in this direction can lead to the development of new methods and technologies that can improve the efficiency and stability of marine engines in various climatic and operational conditions.

The acquired results make it possible to identify the pros and cons of this method, in addition to create a theoretical basis for subsequent studies according to the use of VTE in marine diesels.

Key words: water-fuel emulsions, marine diesel, workflow, diesel fuel, parameter extremes, experimental work, regression analysis.