

На правах рукописи

АЖИМОВ Василий Владимирович

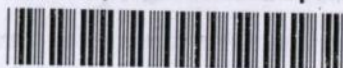
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ
И ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Специальность 05.14.04 - промышленная теплотехника

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Киев - 1993



00339974 (Z)

21.4
21.311.22
Работа выполнена в Киевском
кафедре

Научные руководители :

кандидат технических наук, доцент ПОЛЯКОВ А. П. ;
кандидат технических наук НЕМЧИН А. П.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук КОСАЧ В. П. ;
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник ПРИХОДЬКО Н. А.

Ведущая организация - Научно-исследовательский институт
транспортного машиностроения.

15⁰² Защита состоится "29" июля 1993г. в
15⁰² часов на заседании специализированного совета К 016.43.02
в Институте технической теплофизики АН Украины по адресу:
252057, г. Киев - 57, ул. Желябова, 2а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИТТФ АН Украины.

Автореферат разослан "26" мая 1993г.

Ученый секретарь
спец. элизиованного совета
кандидат технических наук

Кривошея
КРИВОШЕЯ Ф. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Улучшение экологических, энергетических и топливно-экономических показателей дизельных двигателей являются общепризнанными задачами современного двигателестроения. Актуальны эти задачи и для Украины. Уровень загрязнения воздуха в ряде городов по некоторым нормируемым компонентам значительно превышает установленные санитарные нормы. Обостряется также положение с топливными ресурсами, что, наряду с применением мероприятий по экономии традиционных жидких топлив, стимулирует расширение использования альтернативных топлив.

Развитие двигателестроения показывает, что широкое практическое применение каких-либо новых экологически чистых и высокоэкономичных типов двигателей связано с относительно длительной их разработкой, поэтому требуется одновременное интенсивное проведение работ по повышению эксплуатационных показателей используемых дизелей, а также по созданию на их базе новых конструкций силовых установок, позволяющих наиболее полно и с меньшей эмиссией вредных веществ преобразовывать энергию топлива.

Анализ отечественных и зарубежных работ показал, что эффективность борьбы с загрязнением атмосферы городов отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания и уровень их топливной экономичности во многом зависят от простоты (с точки зрения организации массового внедрения) методов и способов, а также обеспечения надежной работы силовой установки в целом.

Интерес исследователей к водотопливным эмульсиям (ВТЭ) обусловлен рядом обстоятельств: качество применяемых сегодня углеводородных топлив не позволяет реализовать потенциальные возможности дизелей, в свою очередь, из-за быстротечности процессов смесеобразования и сгорания не полностью используется химическая энергия топлива; присутствие диспергированной свободной воды в углеводородном топливе интенсифицирует процессы смесеобразования и сгорания рабочего цикла; работа дизелей на ВТЭ характеризуется улучшением экономических показателей, что связано с более полным сгоранием топлива; анализ отработавших газов показывает снижение дымности и содержания окислов азота.

Перечисленные особенности использования ВТЭ в качестве топлива позволяют комплексно решать задачи по повышению экономичности дизельных двигателей и снижению токсичности отработавших газов.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы является экспериментально-теоретическое обоснование возможности совершенствования рабочих процессов быстроходных дизелей путем применения ВТЭ, получаемых в суперкавитирующих эмульгаторах (СКЭ) непосредственно перед подачей их в цилиндры дизеля, разработка мероприятий по совершенствованию конструкций систем питания топливом и обеспечению надежной работы СУ.

На основании проведенного анализа состояния проблемы и сформулированной цели работы были определены задачи исследований:

- 1) разработка расчетного метода прогнозирования и оценки влияния ВТЭ на топливно-энергетические показатели быстроходных дизелей на режимах стандартизированных испытаний;
- 2) разработка научно-методических основ применения СКЭ, реализующих жесткие режимы гидродинамической кавитации и ударных волн в двухфазной смеси, для получения ВТЭ в системах питания дизелей топливом;
- 3) экспериментальное исследование нагрузочных и скоростных режимов быстроходных дизелей при работе на ВТЭ дизельного топлива;
- 4) прогнозирования наиболее рациональных (по соображениям надежности работы СУ) композиций ВТЭ и ингибиторов коррозии.

Научная новизна. При исследовании рассматриваемой проблемы теоретически обоснована необходимость комплексного влияния на экологические, экономические и энергетические показатели дизелей путем совершенствования процессов смесеобразования и сгорания рабочего цикла.

Разработана методика расчета процесса сгорания рабочего цикла дизеля и оценки его показателей, учитывающая изменение теплосемости и количества рабочего тела от концентрации дисперсной фазы в эмульсии.

Определены экспериментально-теоретические зависимости, характеризующие влияние концентрации воды в эмульсии, на основные показатели быстроходных дизелей типа В-2.

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, достигалась проведением экспериментальных исследований дизелей С. Е. М. Т. - "ПИЛЛИК" 3РАЧ-185, В-55В, Д-54, Б6-ПТ (6Ч 15/18) и опытного отсека ЧН 8,5/11 с использованием дымомера МК-3 "HARTRIDGE", газоанализаторов углеводородов и окиси углерода "UREX-201" и окислов азота 344ХЛО1. Для получения индикаторных диаграмм использовался индикатор "МАИ-2А". Расчеты выполнены на ЭВМ "ЕС-1045" и ПЭВМ "СМ 1914".

На защиту выносятся:

- Основы методики расчета процесса сгорания и оценки качества рабочего цикла дизеля при работе на ВТЭ
- Прогрессивные композиции ВТЭ и ингибиторов коррозии, обеспечивающих реализацию требований к надежности работы СУ.
- Предложения по совершенствованию систем питания дизелей топливом.
- Результаты экспериментальных исследований.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложенная методика получения ВТЭ перед непосредственным их использованием в быстроходных дизелях:

- способствовала обоснованию требований к конструкции СКЭ нового поколения;
- является основой построения схем включения СКЭ в топливную систему дизеля и выбора рациональной структуры ВТЭ.

Разработанная композиция ВТЭ с ингибиторами коррозии, обладающая более высокими защитными свойствами по сравнению с исходным топливом, позволяет:

- исключить необходимость прокачивания чистого топлива по системе после остановки дизеля, в целях удаления водной фазы;
- уменьшить вредное влияние релаксационно-продленных явлений на сохранность прецизионных поверхностей топливной аппаратуры от электро-химической коррозии, как при кратковременной, так и длительной стоянке дизеля;
- предотвратить снижение пропускной способности фильтрующих элементов тонкой очистки, которое наблюдается при быстром расслоении ВТЭ.

Реализация экспериментально-теоретических исследований.

Результаты диссертационной работы используются в работах по снижению дымности отработавших газов автомобилей предприятием НПО "Якуталмаз", в ПОНИЛ ДИВЭДС института технической теплофизики АН Украины при разработке СК-аппаратов, внедрены в учебный процесс Киевского института Сухопутных войск и используются в лекциях и дипломном проектировании по кафедре двигателей.

Результаты исследований также могут быть использованы на курсах повышения квалификации специалистов, работающих в области экологии и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на заседании межотраслевого научно-технического семинара "Обеспечение надежности эксплуатации БТЭ в войсках" (г. Киев, КИСВ, январь 1991г.), на научно-техническом семинаре лабораторий и специалистов ИТФ АН Украины (г. Киев, октябрь 1990г.), на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава КИСВ (1992-1993г г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в четырех статьях (из них две в соавторстве) и в пяти отчетах. Получено одно авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка, 12 таблиц. Список использованной в работе литературы содержит 56 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении в виде аннотации освещается степень разработки данной темы в настоящее время, обосновывается актуальность выполненных исследований, приводится целевое направление и назначение работы.

В первой главе приведен обзор и анализ работ, в которых рассматриваются вопросы получения БТЭ, их физико-химические свойства, дается оценка условий применения воды в целях интенсификации процессов рабочего цикла ДВС. Рассмотрены преимущ-

щества и недостатки основных способов эмульгирования углеводородных топлив водой.

Основываясь на исследованиях В. М. Иванова, О. Н. Лебедева, В. М. Ивченко, Н. Х. Дьяченко, Ю. Н. Шехтера, И. Пироола и других известных ученых, сделан вывод: что наличие диспергированной воды в топливе интенсифицирует процессы смесеобразования и сгорания в дизеле; работа дизелей на ВТЭ характеризуется улучшением экономических показателей, что связано с более полным сгоранием топлива; анализ отработавших газов показывает снижение дымности и содержания окислов азота. Перечисленные особенности использования ВТЭ в качестве топлива позволяют комплексно решать задачи по повышению экономичности дизельных двигателей и снижению токсичности отработавших газов, что особенно важно в условиях роста проблем, связанных с защитой окружающей среды.

Установлено, что использование ВТЭ позволяет существенно снизить теплонапряженность элементов двигателя и открывает большие возможности для применения присадок к топливу, которые в нем не растворимы, но хорошо растворяются в воде. Наконец, применение ВТЭ не требует значительных изменений конструкции силовой установки, не связано с использованием дефицитных материалов, не нуждается в больших капиталовложениях.

Однако на пути реализации указанных преимуществ ВТЭ стоит немало нерешенных проблем: получение стабильных эмульсий на основе относительно легких дизельных топлив, в том числе в суперкавитирующих устройствах; повышение надежности работы топливной аппаратуры и двигателя в целом; разработка рациональной композиции эмульгированного топлива.

Осуществить комплексное решение этих проблем позволит кавитационная обработка смеси топлива и воды перед непосредственной подачей ее в камеру сгорания дизеля, при этом ВТЭ рассматривается как новый вид топлива с расширенным диапазоном свойств.

Несомненно, на получение оптимального пространственно-временного распределения массы ВТЭ в камере сгорания будут влиять ее физико-химические свойства. При этом, учитывая универсальную способность дизельного двигателя удовлетворительно работать на топливах со значительными различиями величин поверхностного натяжения σ , вязкости ν , плотности ρ и детанового числа, вполне допустимы изменения этих показателей и у эмульсий на их основе.

Выбор концентрации воды C_w будет определяться прежде всего стабильностью эмульсии. Так как просвет между частицами воды с повышением ее концентрации уменьшается и при $C_w=10\%$ становится меньше их диаметров, это определяет их быструю коагуляцию. При этом цикловая подача собственно топлива в каждый цилиндр не постоянна и не контролируется топливным насосом высокого давления. Двигатель работает неустойчиво, динамические нагрузки на его кривошипно-шатунный механизм резко возрастают. Так же установлено, что с увеличением $C_w > 30\%$ вода является не столько источником окислителя O_2 и горючего H_2 , сколько замедлителем процесса горения, вследствие значительного отвода тепла на ее прогрев, испарение и диссоциацию.

Таким образом, накопленный опыт использования углеводородного топлива, эмульгированного водой, подтверждает эффективность влияния нового вида топлива на характеристики и показатели двигателя. Однако, одновременно с этим установлена тесная зависимость этого влияния не только от концентрации воды, но и от способа получения и подачи эмульсии в камеру сгорания.

Совокупность физико-химических свойств ВТЭ предопределила способы ее получения и подачи в камеру сгорания дизеля. После изучения ассортимента устройств наиболее успешно используемых в настоящее время для получения высокодисперсных эмульсий, был выбран суперкавитирующий аппарат марки СК-04 (рис. 1.).

Принцип действия его основан на реализации "жестких" режимов гидродинамической кавитации и ударных волн в двухфазной смеси (рис. 2.).

Реализация метода дискретно-импульсного ввода энергии значительно интенсифицирует процессы массообмена и структурообразования в жидкостной системе. Влияние ВТЭ, получаемых данным методом, на работу дизелей в настоящее время не изучено. Вместе с тем требуются дополнительные исследования поведения ВТЭ в быстроходных дизелях, так как эта категория двигателей имеет свои специфические особенности рабочего цикла, а также остается открытым вопрос влияния ВТЭ на коррозионный износ элементов топливной аппаратуры и цилиндро-поршневой группы двигателя. Поэтому решение этих и ряда других задач имеет не только практическое, но и научное значение.

Техническая характеристика
 Производительность... 120 л/ч
 Давление на выходе... 0,2 МПа
 Потребляемая мощность 0,15 кВт
 Масса..... 2,5 кг
 Размеры..... 350x150x150 мм

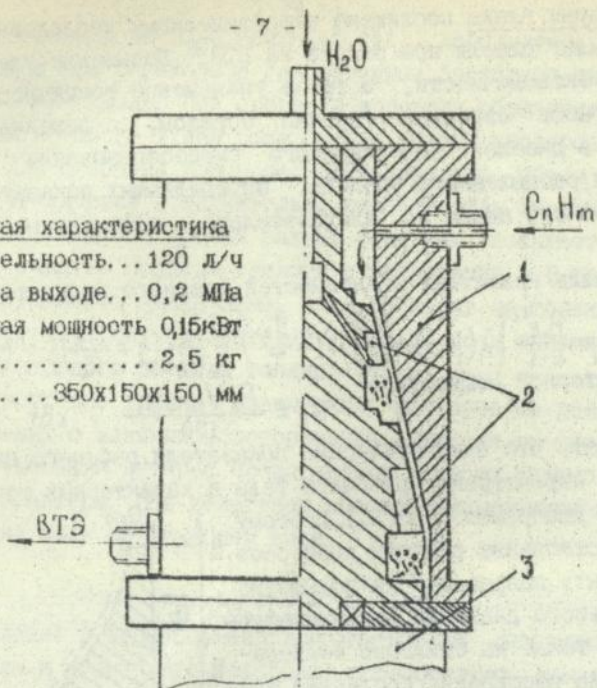


Рис. 1. Принципиальная схема СК-04 :
 1 - корпус; 2 - суперкавитирующие лопатки ротора; 3 - привод.

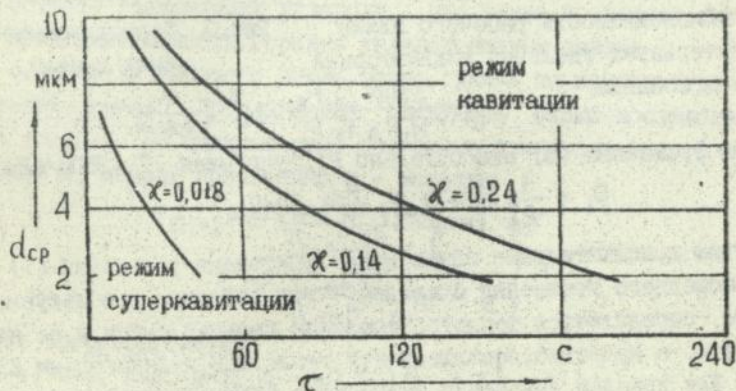


Рис. 2. Зависимость размера капель воды (d_{cp}) в ВТЭ от времени обработки (τ) при различных числах кавитации ($\chi = \frac{P_c - P_k}{0,5\rho v^2}$).

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию рабочего цикла дизеля при работе на ВТЭ. Повышение удельной мощности и экономичности, а также уменьшение токсичности отработавших газов связано, главным образом, с решением основных проблем в дизеле - качественного смесеобразования и полного сгорания распыленного топлива, определяющих показатели термодинамического цикла и, следовательно, эффективные показатели дизеля.

Анализ известных зависимостей среднего индикаторного давления:

$$P_i = \frac{P_a \varepsilon^{\eta_i}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{\eta_i} \left(1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{\eta_i - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right], \text{ МПа} \quad (1)$$

и индикаторной мощности:

$$N_i = \frac{P_i V_h \cdot i \cdot n}{120}, \text{ кВт} \quad (2)$$

показывает, что энергетические показатели рабочего цикла определяются параметрами рабочего тела в характерных точках индикаторной диаграммы (рис. 3). Поэтому совершенствование рабочих процессов должно быть направлено на повышение максимального давления и температуры цикла, а также на снижение температуры конца расширения. Последнее позволяет снизить потерю теплоты с отработавшими газами, которая составляет значительную часть (35...38%) общих потерь.

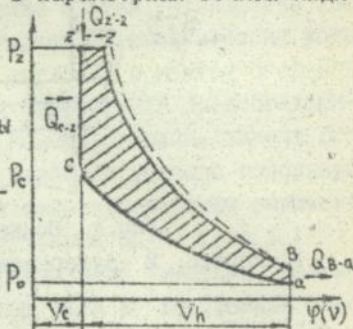


Рис. 3. Термодинамический цикл дизеля.

Экономичность рабочего цикла характеризует удельный индикаторный расход топлива:

$$g_i = \frac{3600 \gamma_v P_c}{M_i R_M T_k P_i} \cdot 10^5, \frac{\text{г}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}} \quad (3)$$

Решив уравнение (3) относительно P_i , учитывая $\gamma_i = 3600 / (\text{Нн } g_i)$:

$$P_i = \frac{1}{R_M} \frac{H_u}{M_i} \gamma_v \gamma_i \frac{P_c}{T_k}, \text{ МПа} \quad (4)$$

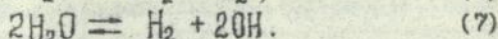
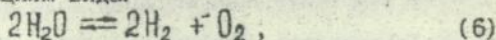
получим дополнительные связи между факторами уравнений (1)-(3). Из последнего уравнения очевидно, что теплота, используемая в цикле, определяется теплотой сгорания горючей смеси и ее количеством, а качество использования теплоты - индикаторным КПД.

Для дизелей изменение количества рабочего тела при сгорании определяется

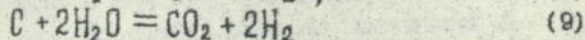
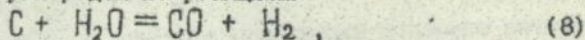
$$\Delta M = M_1 - M_2 = \frac{H_T}{4} + \frac{O_T}{32}, \text{ кмоль} \quad (5)$$

Учитывая состав воды ($O_2=0,889; H_2=0,111$), дополнительно внесенный кислород при переходе в газообразное состояние увеличивает объем на $\frac{C_{w, O_2}}{32}$ кмоль. При сгорании водорода образуется водяной пар, объем которого в два раза больше объема кислорода, необходимого для сгорания водорода, следовательно, объем продуктов сгорания увеличится дополнительно на $\frac{C_{w, H_2}}{4}$ кмоль. Увеличение объема рабочего тела при прочих равных условиях повышает давление цикла на участке подвода теплоты и расширения. В результате, производительность цикла выше, что приводит не только к повышению энергетических показателей (P_1, N_1), но и снижению удельного индикаторного расхода топлива (g_1).

Рассмотрение только физических факторов не дает полного представления о влиянии водотопливной эмульсии на процесс сгорания. Не меньший интерес представляют вопросы химико-кинетического характера. Под действием высокой температуры возможна диссоциация воды по реакциям вида:



Появление в зоне пламени дополнительных активных центров (гидроксила и атомарного водорода) способствует как развитию цепей в реакции окисления, так и инициирует их. При этом взаимодействие воды с углеродом по реакциям:



способствует газификации углерода, что также позволяет сократить продолжительность горения углеводородных топлив.

О качестве рабочего цикла можно судить по температуре отработавших газов. Предлагается следующая схема исследования этого вопроса. По индикаторной диаграмме двигателя (рис. 3.), полученной по методу Гринивецкого - Мааинга:

$$\left. \begin{aligned} n_{i-1} &= \frac{R_{\mu} (T_k - T_n)}{T_k \mu C_v (T_k - T_n) - A} \\ T_k &= T_n m^{n_{i-1}} \\ P_k &= P_n m^{n_i} + \Delta P \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где для процесса сжатия:

$$i-1, k-c, n-a, m-\varepsilon, A - \mu C_v T_n [\varepsilon^{(n-1)} + 1], \text{ а}$$

для процесса расширения:

$$i-k, k-b, n-z, m-1/\delta, A - \mu C_v T_z - \frac{H_u (\xi_1 - \xi_2)}{M_1 (\rho + \gamma_r)},$$

определяется закон сгорания, который характеризует процессы,

происходящие в цилиндре дизеля при горении топлива. По параметрам газа в момент открытия выпускных клапанов подсчитывается температура отработавших газов и сравнивается с опытной, полученной с помощью термомпары.

Модель расчета включает уравнение индикаторного коэффициента выделения теплоты на участке горения:

$$\xi_i = \frac{M_i T_i (19,27 + 2,5 \cdot 10^{-3} T_i) - U_{i-1} + P_{\Delta} V_i - \Delta h}{G_{TЧ} H_u - \frac{M_i T_i}{\Psi} (a + B \cdot 10^{-3} T_i)} \quad (11)$$

Принимая пропорциональное изменение потерь теплоты в стенке цилиндра, закон сгорания определяется как отношение индикаторного коэффициента выделения теплоты к коэффициенту потерь $(x_i - \frac{\xi_i}{\Psi})$. Численное значение коэффициента (Ψ) находим по концу сгорания.

Теплоемкость газов в цилиндре двигателя изменяется в зависимости от состава газа и его температуры. Для данной модели было получено уравнение теплоемкости продуктов сгорания ВТЭ с учетом изменения концентрации воды в исходной эмульсии:

$$\mu C_{v_i} = \left[19,27 + \frac{x_i (1,93 - 0,1 C_w)}{\alpha (1 + \gamma_r)} \right] + \left[2,5 + \frac{x_i (0,9 - 0,6 C_w)}{\alpha (1 + \gamma_r)} \right] \cdot 10^{-3} T_i, \quad (12)$$

кроме того, влияние водяных паров учитывалось при определении текущего количества газов и изменения давления в цилиндре по углу поворота коленчатого вала:

$$\Delta P = \frac{M_i T_i \cdot v'}{V_i^2 - V_{IV}'} \quad (13)$$

Другие элементы модели определялись по общеизвестным формулам.

По окончании сгорания всего топлива, состав газа в цилиндре не меняется и теплоемкость продуктов сгорания будет зависеть только от температуры. Поэтому формула индикаторного коэффициента выделения теплоты примет более простой вид:

$$\xi_i = \frac{M_i T_i [(19,27 + 2,5 \cdot 10^{-3} T_i) + (a + B \cdot 10^{-3} T_i)] - U_{i-1} + P_{\Delta} V_i}{G_{TЧ} H_u} \quad (14)$$

С помощью полученной модели (10)-(14) построен закон сгорания для двигателя В-55в при работе на дизельном топливе и ВТЭ (рис. 4.). Известно, что при ухудшении процесса кривая отклоняется вправо (по ходу процесса), и, наоборот, всякое улучшение процесса горения вызывает отклонение ее влево. Пределом смещения в этом случае является закон впрыскивания (Б), когда действительный процесс смесеобразования и сгорания приближается к теоретическому. Этот теоретический случай был принят за основу методики оценки показателей рабочего цикла при работе дизеля на ВТЭ.

Исходным уравнением является термодинамическое уравнение сгорания. Принимая линейную зависимость теплоемкости от температуры (12), это уравнение можно представить в виде обычного полного квадратного уравнения, из двух его корней имеет смысл один, который больше "0", т.е. решением будет :

$$T_i = \frac{\sqrt{C^2 + 4B_0 Q} - C}{2B_0}, \quad (15)$$

где $Q = \frac{1}{\beta} \left[\frac{X_i H_u}{M_i(1+\gamma_i)} + (\mu C_v + R_m \lambda) T_{i-1} + \gamma_i (\mu C_v + R_m \lambda) T_{i-1} \right];$ (15. а)

$$B_0 = 2,50 + \frac{X_i(0,9 - 0,6C_w)}{\alpha(1+\gamma_i)} \cdot 10^{-5}; \quad (15. б)$$

$$C = 27,58 + \frac{X_i(1,93 - 0,1C_w)}{\alpha(1+\gamma_i)}. \quad (15. в)$$

По результатам расчета построена температурная кривая в цилиндре на участке горения и расширения (рис. 5.). Анализ результатов расчета показывает, что значение максимальной температуры газов при горении возрастает, но вследствие малой длительности этого процесса, к открытию выпускного клапана она заметно падает.

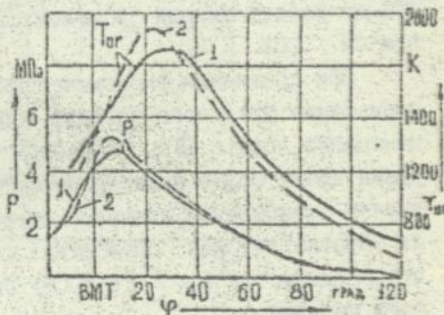
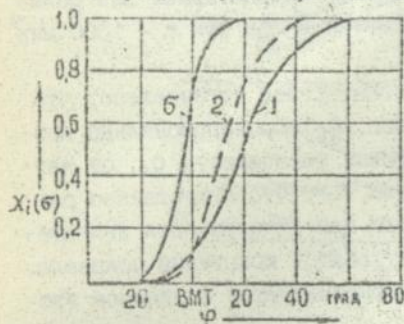


Рис. 4. Закон сгорания для дизеля В-55в при $n = 1300$ мин : 1-дизельное топливо; 2 - ВТЭ ($C_w=0,15$).

Рис. 5. Изменение температуры и давления газа в цилиндре: 1- дизельное топливо; 2-ВТЭ.

Таким образом, снижение температуры отработавших газов при оптимальной концентрации воды в ВТЭ вызвано прежде всего интенсивным характером процесса горения топлива, кроме того, затраты теплоты на прогрев капель распыленной эмульсии компенсируются увеличением количества рабочего тела, участвующего в работе расширения. Целесообразная по соображениям снижения удельного расхода топлива концентрация воды составила 18%.

Третья глава содержит описание методики экспериментальных исследований, объектов испытаний и средств измерений.

Проведенные испытания показали заметные изменения рабочих процессов цикла при переходе на ВТЭ. Сравнение индикаторных диаграмм (рис. 6.) показывает смещение начала горения по ходу процесса, на примечателен тот факт, что при этом не происходит снижения среднего индикаторного давления и соответственно мощности. И только при $C_w > 20\%$ процессе сгорания большей своей частью переходит на линию расширения, а жесткость работы достигает предельных величин $\frac{\Delta P}{\Delta \varphi}$ (1,2...1,4 $\frac{\text{МПа}}{\text{град}}$), что не дает оснований сделать вывод об эффективном влиянии ВТЭ на работу дизеля в целом при $C_w > 20\%$.

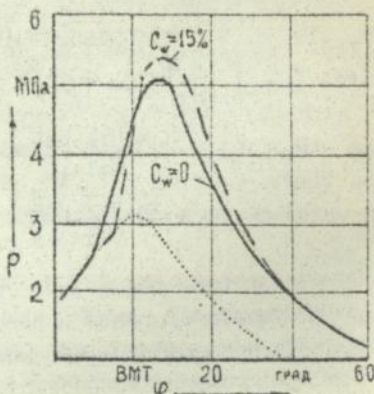


Рис. 6. Индикаторная диаграмма дизеля В-55в при $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$.

При сравнении экономических показателей установлено, что уменьшение удельного расхода топлива (g_e) пропорционально концентрации воды в ВТЭ, при этом кривая зависимости g_e от нагрузки имеет более пологую форму (рис. 7.), что существенно расширяет экономичный диапазон нагрузок при эксплуатации двигателя. Статистическая обработка результатов испытаний показала, что зависимость $g_e = f(P_e, n, C_w)$ аппроксимируется полиномом второго порядка:

$$g_e = 206,48 + 927,36 P_e^2 - 626,13 P_e + 0,057 n - 95,43 C_w, \quad (16)$$

при $0,2 < P_e (\text{МПа}) < 0,6$; $1400 < n (\text{мин}^{-1}) < 2000$; $0,05 < C_w < 0,15$.

Матрица планирования многофакторного эксперимента включала 9 опытов, причем каждый повторялся трижды. Определение значений коэффициентов выполнено методом наименьших квадратов.

Уменьшение эмиссии для дизелей связывают прежде всего с уменьшением дымности (D) и окислов азота (NOx) в отработавших газах. Анализ зависимостей (рис. 7.) показывает, что присадка воды к топливу приводит к снижению дымности во всем диапазоне

нагрузок. Так, при переходе на ВТЭ снижение (D) наблюдалось на 15...40%, в зависимости от режима работы двигателя (P_e) и C_w . Максимальное снижение окислов азота в ОГ составило 15%, лучшие результаты были получены при $C_w > 20\%$. Это объясняется прежде всего снижением локальных значений температуры рабочего тела в камере сгорания. При испытании других дизелей были получены аналогичные результаты, которые приведены в таблицах 1 и 2.

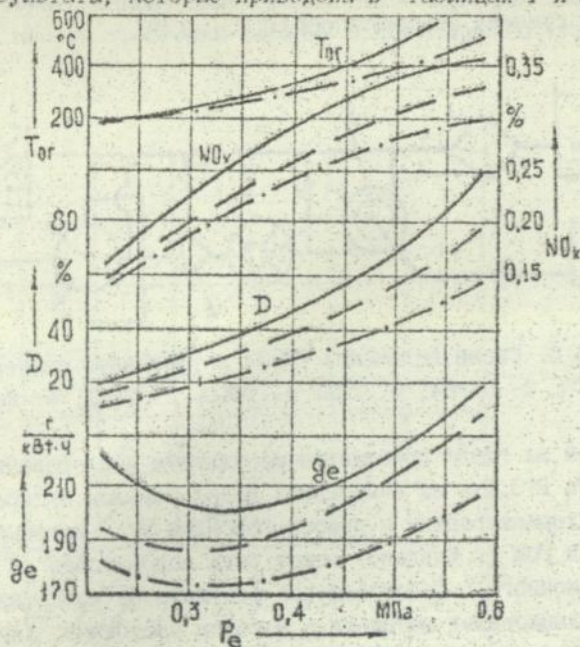


Рис. 7. Нагрузочная характеристика дизеля В-55В при $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$:
 ——— дизельное топливо; - - - - ВТЭ ($C_w=12\%$); - · - · - ВТЭ ($C_w=20\%$).

Таблица 1

Результаты испытаний дизеля Д-54 (40кВт; $n=1100 \text{ мин}^{-1}$)

Таблица 2

Результаты испытаний дизеля ЯРАЧ-185 (0,6 Нном; $n=1100 \text{ мин}^{-1}$)

% H_2O	% CO	% NO_x	% D
0	0,29	0,271	20
5	0,15	0,020	11
10	0,12	0,011	9

% H_2O	CO (мг/м)	NO_x (мг/м)	% D
0	560	175	65
10	180	75	33
20	-	-	37
10+АГМА	105	42	25

Экспериментально установлено изменение характеристик дизеля в зависимости от схемы подключения СК-аппарата в топливную систему (рис. 8.), которая должна быть выполнена проточной через контур рециркуляции. СК-аппарат устанавливается в непосредственной близости от ТНВД перед топливоподкачивающим насосом. При этом подача воды непосредственно в кавитационную камеру обеспечивает получение высокодисперсной эмульсии, даже при малой степени рециркуляции (0,2...0,3).

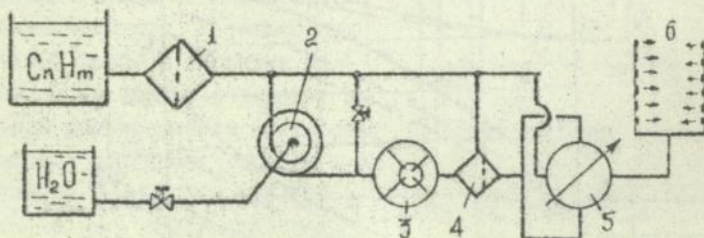


Рис. 8. Схема включения СК-04 в топливную систему :
1- ТНТО; 2- СК-04; 3- ТПН; 4- ТНТО; 5- ТНВД; 6- форсунки.

В этой же главе приводятся результаты исследования защитных свойств БТЭ. Для их измерения использовался экспресс-метод частотных характеристик и прибор "ЭПСИЛОН-М", который по заключению НИИ ГСМ (г. Кунцево) может быть использован в качестве квалификационного. Сопоставление результатов измерений, полученных традиционными методами и методом частотных характеристик, показало, что, чем выше значения выходных частот, тем хуже защитные свойства топлива.

Полученные результаты экспресс-измерений (рис. 9.) показывают, что при эмульгировании дизельного топлива наблюдается снижение выходных частот пропорционально концентрации водной фазы.

Такое снижение частот связано с накоплением статического электричества при трении в плунжерной паре в образующихся элементарных конденсаторах "вода-топливо". Присутствие и периодическое обновление элементарных конденсаторов не только демпфируют разряды в системе "металл - диэлектрик - металл", но и способствуют рассеиванию заряда вне фрикционных пар. Таким образом, наблюдаемое снижение частот может быть расценено как

Была исследована композиция НГ-203р, представляющая собой сульфонатное соединение. В незначительных концентрациях композиция НГ-203р оказалась пригодной для повышения как защитных свойств, так и стабильности эмульсии. Результаты измерений показывают также, что увеличение концентрации защитной присадки не обязательно ведет к повышению положительного эффекта. Поэтому, для конкретных условий эксплуатации необходим тщательный подбор состава ВТЭ. В частности, для ВТЭ на основе дизельного топлива (Л-0,2-40 ГОСТ305-82) целесообразно принять концентрацию НГ-203р (Рязанского НПЗ) не выше 0,06%, при этом даже через 170 часов дисперсность водной фазы в 8...10 раз выше аналогичной водной фазы в ВТЭ без присадки.

В четвертой главе приведен расчет технико-экономической эффективности использования ВТЭ, получаемой в суперкавитирующих аппаратах типа СК-04. Выполненные расчеты предполагаемого экономического эффекта показывают, что целесообразность применения ВТЭ зависит от мощности двигателя, их количества и разности удельных расходов топлива. Использование ВТЭ будет рациональным при снижении удельного расхода топлива не менее 5%, а срок окупаемости при этом составит от 1 до 5 месяцев в зависимости от мощности двигателя.

Расчет экономического эффекта от применения ВТЭ для двигателя В-55в (мощностью 426 кВт) позволил определить зависимости срока окупаемости:

$$\tau_{ок} = \frac{0,828}{n} - 0,067, \text{ лет} \quad (17)$$

и годового экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_{год} = 4,8 \cdot n - 0,39, \text{ млн. руб.} \quad (18)$$

где n - количество двигателей в серии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана методика расчета процесса сгорания и оценки качества рабочего цикла при работе дизеля на ВТЭ, учитывающая изменение теплоемкости и количества рабочего тела от концентрации дисперсной фазы в эмульсии. Математическая модель позволяет определить целесообразную (из соображений экономичности) концентрацию воды в ВТЭ. Сравнение результатов теоретических исследований и эксперимента показало их сходимость в пределах 8...10%.

2. Экспериментальные исследования доказали перспективность использования СК-аппаратов в топливной системе дизеля при условии получения ВТЭ заданной дисперсности (менее 5 мкм) и оптимальной концентрации воды (15...20%). Установлено, что нельзя использовать СК-04 в качестве топливоподкачивающего насоса, так как это приводит к разрушению генерируемой суперкаверны.

3. Результаты стендовых испытаний подтвердили экономическую целесообразность перевода дизелей на ВТЭ. В зависимости от типа двигателя и режима его работы сокращение удельного расхода топлива составляет 7...20%. При повышении максимальной температуры рабочего цикла оптимальная присадка воды возрастает. Во всех случаях отмечается устойчивая работа двигателя при содержании воды в эмульсии до 30%. При снижении нагрузки эффект эмульгирования падает. Поэтому использование ВТЭ на режимах холостого хода не целесообразно.

4. Испытания многоцилиндровых дизелей В-55в, Д-54, 8РАЧ-185 "Пилитик" показали, что присадка воды к топливу приводит к снижению как дымности (до 40%), так и окислов азота (до 12%) в отработавших газах на всем протяжении нагрузочного и скоростного режимов работы. Положительное влияние присадки воды возрастает пропорционально ее процентному содержанию при условии получения высокодисперсной эмульсии.

5. Использование СК-аппарата в качестве гомогенизатора топлива способствует улучшению процесса смесеобразования и сгорания топлива, о чем свидетельствует снижение удельного расхода топлива до 4,5%, при этом дымность уменьшается в 1,2 раза при малых нагрузках и в 1,3 раза - при номинальной.

6. Снижение температуры отработавших газов до 100 С при неизменных эффективных показателях открывает дополнительные возможности форсирования дизеля по среднему эффективному давлению.

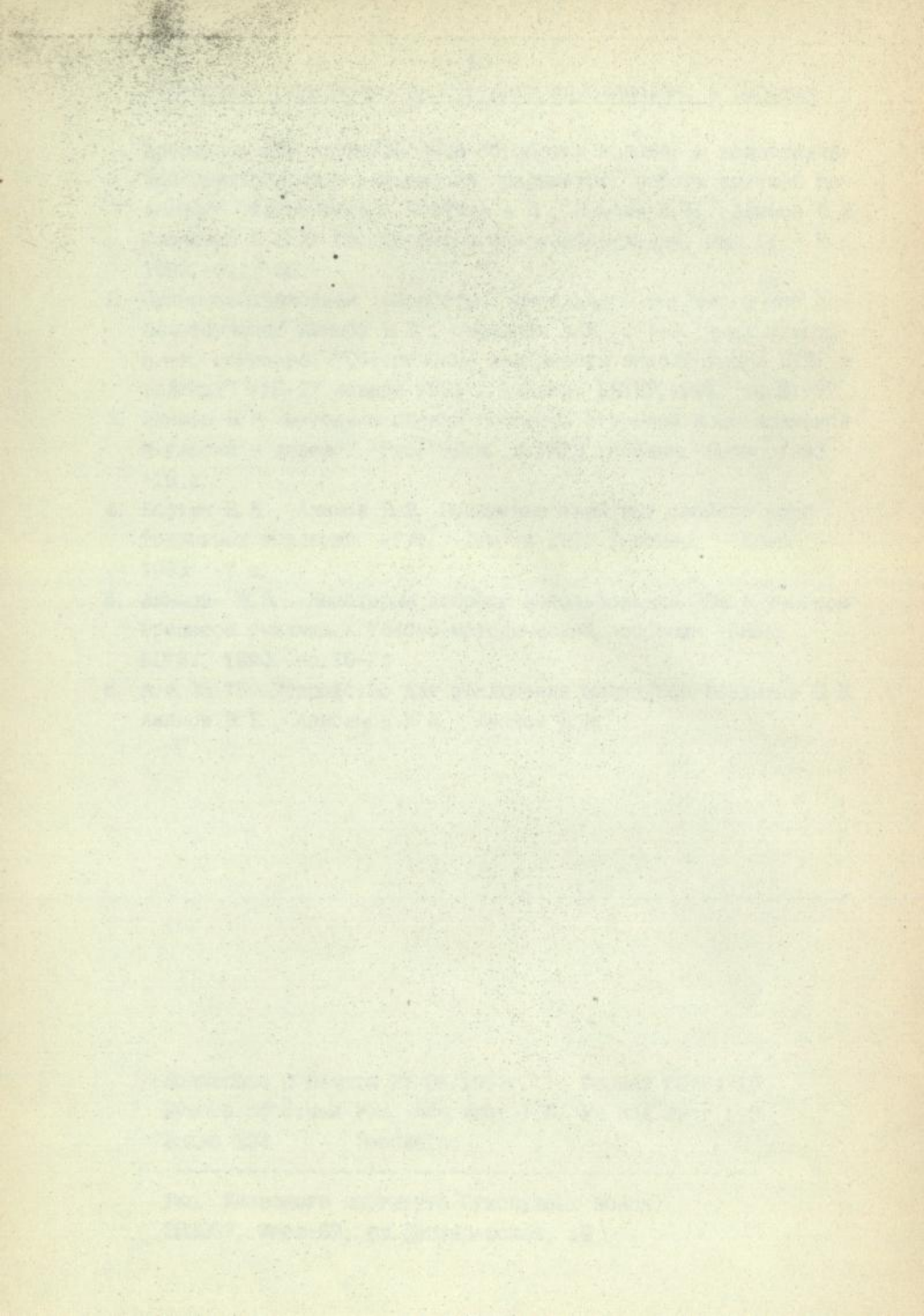
7. Введение в ВТЭ защитных антикоррозионных присадок типа "НГ" позволяет уменьшить вредное влияние релаксационно-продленных явлений на сохранность прецизионных поверхностей топливной аппаратуры от электрохимической коррозии, как при кратковременной, так и длительной стоянке дизеля. Но в виду того, что НГ-203р обладает слабыми свойствами против микробиологического поражения топлива, следует дополнительно использовать антимикробную присадку.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах :

1. Использование кавитационной обработки топлива и водотопливной эмульсии для изменения параметров работы дизелей наземного транспорта. / Поляков А. П., Немчин А. Ф., Ажимов В. В., Савченко Е. В. // Сб. Проблемы энергосбережения, вып. 11. - К.: 1993. - с. 17-25.
2. Суперкавитационная обработка дизельного топлива и его использование / Ажимов В. В., Поляков А. П. // Тез. докл. межотр. н.-т. семинара "Обеспечение надежности эксплуатации БТЭТ в войсках" (16-17 января 1991 г.) - Киев: КВТИУ, 1991. - с. 21-27.
3. Ажимов В. В. Методика оценки процесса сгорания водотопливной эмульсии в дизеле. - Рус. - Деп. в ГИТБ Украины. - Киев: 1993. - 15 с.
4. Костюк В. В., Ажимов В. В. Повышение защитных свойств водотопливных эмульсий. - Рус. - Деп. в ГИТБ Украины. - Киев: 1993. - 7 с.
5. Ажимов В. В. Некоторые вопросы использования ЭВМ в учебном процессе училища. / Учебно-методический сборник. - Киев: КВТИУ, 1990. - с. 15-24
6. А. с. 331750. Устройство для отключения цилиндров / Бовдилов В. В., Ажимов В. В., Анисимов И. А., Леонов В. В.

Подписано к печати 21.05.1993г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная Усл. - печ. лист 1,0. Уч. изд. лист 1,0.
Заказ 224 Бесплатно

Тип. Киевского института Сухопутных войск,
252067, Киев-67, ул. Дегтяревская, 19



270100

AB 27.675