

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

На правах рукописи

ВЕРЛАМОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
С ВИХРЕВЫМИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ПИТАНИЯ ДЛЯ
НИЗКОЦЕТАНОВЫХ ТОШЛИВ

Специальность 05.20.03 Эксплуатация, восстановление
и ремонт сельскохозяйственной техники

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических
наук

Одесса - 1996



00757129 (V)

Диссертация есть рукопись

Работа выполнена в отделе "Газовая динамика"
института Сухопутных Войск.

Научный руководитель -

Заслуженный деятель науки и техники Украины,
доктор технических наук, профессор, академик
Барсуков Сергей Иванович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Лышко Георгий Парфенович,

кандидат технических наук, профессор

Яковенко Анатолий Николаевич.

Ведущая организация -

проблемная лаборатория машиностроения военно-промышленного
комплекса и конверсии Украины.

Защита состоится "25" декабря 1996 г. в 10⁰⁰ часов
на заседании специализированного ученого совета К 05.ІЗ.0І. при
Одесском сельскохозяйственном институте, 270039, г.Одесса,
ул.Канатная, 99.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "20" ноября 1996 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УЧЕНОГО СОВЕТА,

профессор, К.И.Шмат

46-36.133

В В Е Д Е Н И Е

Постоянный рост парка дизелей народного хозяйства, в том числе и сельскохозяйственного производства, ставит задачу перед двигателестроением создания систем питания двигателей, процессов смесеобразования и сгорания из расчета снижения дефицита дизельного высококачественного топлива.

Требования многотопливности ставят задачу использования топлив широкого фракционного состава от чистых кембрийских нефтей до легких топлив (бензинов), но при этом системы питания дизелей, от механического привода до электронного управления впрыскиванием, в эксплуатации не должны претерпевать каких-либо конструктивных или эксплуатационных перенастроек, чего рабочий процесс дизеля, в принципе, не терпит при любой культуре технического обслуживания, в связи с этим возникает актуальная проблема использования продуктов, составляющих добычу нефти (газ, газоконденсат) без дополнительной переработки их.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Использование топлив широкого фракционного состава вызывает необходимость разработки дополнительных систем питания, работающих параллельно с основной, но с требованиями такими, чтобы потеря энергии, за счет худших качеств используемого топлива, восстанавливалась за счет качества подготовки части рабочей смеси в дополнительной системе питания. Отсюда и актуальность проблемы, дизель становится многотопливной машиной и кроме того, использование чистых стабильных газоконденсатов (30-40% от дебета при добыче нефти) как топливо для дизелей понижают значительно рост скорости дефицита. Значит, создание и исследование эксплуатационных характеристик дизелей с вихревыми дополнительными системами питания для низкоцетановых топлив является актуальной проблемой, это позволит дополнительно:

- расширить многотопливность дизеля;
- снизить стоимость эксплуатации дизеля за счет снижения стоимости топлива и снижения простоя автомобилей, работающих в сельском хозяйстве;
- повысить готовность транспортных средств народного хозяйства;
- увеличить экономичность и снизить токсичность рабочего процесса дизеля за счет увеличения полноты и скорости сгорания.

Настоящая диссертационная работа по созданию дополнительных систем питания для низкоцетановых топлив (стабильных газоконденсатов, печных топлив ЦЧ-35) выполнялась по плану научных работ, Международной инженерной академии на 1991-1996 г. по Одесскому отделению, утвержденному ИИА от 11.07.92 г., задание 1.2. "Испаритель-смеситель низкосортных топлив (с цетановым числом 25-35) для автотракторных дизелей" и плану научных работ научного отдела "Газодинамика" ОИСВ, утвержденному Генеральным штабом МО Украины от 09.10.93 г.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработка теории, опытных образцов, испытание и отработка эксплуатационных характеристик вихревой дополнительной системы питания дизеля низкоцетановым топливом и анализ рабочих процессов смесеобразования и сгорания с целью корректирования рабочей документации дополнительной системы для серийного производства.

Поставленная цель достигается решением следующих ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ:

1. Разработать математический аппарат и инженерные методы расчета для анализа процессов подачи и смесеобразования основной и дополнительной системами питания дизельного двигателя для использования низкоцетановых топлив.

2. Рассчитать, спроектировать и изготовить дополнительную

систему питания в виде вихревого испарителя-смесителя, работающую на низкоцетановом топливе.

3. Научно обоснованно оценить индикаторные и эффективные характеристики дизеля, работающего на низкоцетановом топливе с основной и дополнительной системами питания.

4. Провести сравнительную оценку пригодности вихревого испарителя-смесителя для использования низкоцетанового топлива на транспортной технике Сухопутных войск с дизельными двигателями типа КАМАЗ-5410.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ является военно-транспортная техника с дизелями КАМАЗ-5410 с дополнительной системой питания в виде вихревого испарителя-смесителя для низкоцетанового топлива.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Теоретические и экспериментальные исследования вихревой дополнительной системы питания дизеля низкоцетановым топливом совместно с системой высокого давления и анализ рабочих процессов дизеля и динамических качеств автомобиля в зависимости от параметров подготовки рабочей смеси.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Разработана теория рабочего процесса дополнительной вихревой системы питания дизеля низкоцетановым топливом и топливной аппаратуры дизеля на основе теории малых отклонений на базе которой:

- разработаны (на основе известных теорий) математические модели процессов дробления, испарения и смешения низкоцетанового топлива с отработавшими газами дизеля;

- разработана математическая модель оценки рабочего процесса дизеля на основе теории малых отклонений;

- разработана полная техническая документация дополнительной вихревой системы питания низкоцетановым топливом для серийного

производства.

На защиту выносятся следующие основные НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

1. Теоретические разработки процессов испарения, смешения и инженерные методы расчета дополнительной системы питания в виде вихревого испарителя-смесителя для полного и бездетонационного сгорания низкоцетановых топлив.

2. Экспериментальные результаты исследования дизеля КАМАЗ на низкоцетановом топливе, сравнительные характеристики и параметры автомобиля КАМАЗ по тяговодинамическим показателям при установке дополнительной системы питания низкоцетановым топливом.

3. Результаты решения задачи повышения показателей эффективности (боевой готовности) эксплуатации военно-транспортных средств путем расширения сортности топлив.

Кроме этого АВТОР ЗАЩИЩАЕТ:

1. Разработанный математический аппарат и инженерные методы расчета для анализа процессов подачи и смесеобразования основной и дополнительной системами питания дизельного двигателя для использования низкоцетановых топлив.

2. Теоретические и экспериментальные данные по результатам анализа процессов распыливания низкоцетанового топлива, основной и дополнительной системами питания.

3. Спроектированную и изготовленную дополнительную систему питания в виде вихревого испарителя-смесителя, работающего на низкоцетановом топливе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ. Результаты приведенных исследований позволили разработать методику инженерного расчета параметров вихревой дополнительной системы питания дизеля низкоцетановым топливом, подготовлена к серийному производству техническая доку-

ментация испарителя-смесителя для дизелей с рабочим объемом 2,5 - 12,5 л. Применение дополнительной системы питания в виде вихревого испарителя-смесителя, позволяет повысить боевую готовность военно-транспортных средств с дизельными двигателями расширить фракционный состав топлива.

РЕАЛИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ. Результаты диссертационной работы внедрены в Украине (в/ч А-1103). Получено пять удостоверений на рационализаторские предложения и пять актов об использовании рационализаторских предложений.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты диссертации, докладывались: на межвузовской конференции г.Одесса: ОИСВ, 1995, 1996, на постоянно действующем научно-техническом семинаре при кафедре № 12 ОИСВ, 1995, 1996 гг.

ПУБЛИКАЦИИ. Основные положения диссертации опубликованы в восьми печатных работах, в пяти удостоверениях на рационализаторские предложения.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация содержит 153 страниц основного текста, 47 рисунков, 3 таблицы и состоит из введения и списка использованной литературы, включающего 88 наименований, в том числе, 3 наименования зарубежных.

Автор диссертации приносит искреннюю признательность научному консультанту канд. техн. наук Кнауб Л.В. за постоянное внимание и обсуждение полученных результатов исследований и оказанную помощь в разработке методик и решении теоретических задач.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе на основе анализа литературных научных данных по дополнительным системам и средствам, обеспечивающим рост полноты сгорания дизельного топлива установлено, что все системы предназначены для нормальных по цетановому числу топлив (40-60), а некоторые даже при этом топливе приводят к росту жесткости процесса сгорания, например, корректирующие устройства подачи. Разработан-

ная классифицирующая схема дополнительных систем питания для дизеля показала ряд отрицательных качеств существующих дополнительных систем, как-то: наличие подвижных узлов и деталей, сочетания в приводах электроники, пневматики и гидродинамики, электрических воспламенителей, специальных регулирующих средств и др. Сравнивая предлагаемую дополнительную систему находим ее свободной от указанных качеств – отсутствие подвижных деталей и узлов, необходимости регулировок и регуляторов, что является самым важным для использования любого типа топлив от высоковязких до легких.

Рассмотрены основные функции дополнительных систем и установлены функции, определяющие характеристики и параметры впрыскивания (рис.1), корректирование которых в эксплуатации можно осуществлять путем изменения кинематических характеристик нагнетательного клапана основной системы питания дизеля (рис.2). Вводя новые параметры в математическую модель расчета основной системы – жесткость пружины клапана $K_n = F_{жк} / h_0$, которая формирует передний и задний фронты подачи можно восстановить качество распыливания топлива d_{30} (рис.1), за счет снижения $\Delta Q_{лф}$ и $\Delta Q_{зф}$. Анализ изменения качества распыливания производился по разработанной математической модели:

- перемещение плунжера

$$h_n = \int 6n \cdot K_\phi \cdot t dt + \psi_0; \quad (1)$$

- перемещение нагнетательного клапана

$$h_k = \int \frac{dt}{m_k} \left[\left[f_k(P_n - P_k) + Z \left(f_n \frac{dh_n}{dt} - f_k \frac{dh_k}{dt} - \frac{dQ_n}{dt} \right) \sigma - \right. \right. \\ \left. \left. - \delta_k h_k - F_{жк} \right] dt; \quad (2)$$

- перемещение иглы распылителя

$$h_{ur} = \int \frac{dt}{m_{ur}} \int (P_p f_{ur} - \delta_{\Phi} h_{ur} - F_{ж\Phi}) dt; \quad (3)$$

- давление в надплунжерной полости

$$P_n = \frac{1}{\beta V_n} \int \left[\left(t_n \frac{dh}{dt} - f_k \frac{dh_k}{dt} \right) (1-\sigma) - \frac{dQ_n}{dt} (1-\sigma) \right] dt; \quad (4)$$

- давление в полости штуцера нагнетательного клапана

$$P_k = \frac{1}{\beta V_k} \int \left[t_k \frac{dh_k}{dt} (1-\sigma) + \left(f_n \frac{dh_n}{dt} - \frac{dQ_n}{dt} \right) \sigma - \frac{f_r}{Z} P_k - 2f_r e^{-\alpha L} \cdot W_t \right] dt; \quad (5)$$

- давление в распылителе форсунки

$$P_p = \frac{1}{\beta V_p} \int \left[2f_r e^{-\alpha L} \left(\frac{P_k}{Z} + e^{-\alpha L} W \right)_{(t-\tau)} - f_{ur} \frac{dh_{ur}}{dt} - f_r \frac{P_p}{Z} - \frac{dQ}{dt} \right] dt \quad (6)$$

- отраженная волна

$$W_{(t+\tau)} = e^{-\alpha L} \left(\frac{P_k}{Z} + e^{-\alpha L} \cdot W \right)_{(t-\tau)} - \frac{P_p}{Z}; \quad (7)$$

- расход через отсечные окна

$$Q_n = \int \left(\mu_o f_o \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{P_p - P_u} \right) dt; \quad (8)$$

- характеристика впрыскивания

$$Q = \mu_p f_p (h_{ur}) \sqrt{\frac{2}{\rho}} \int \left[(P_p - P_u)^{\frac{1}{2}} \right] dt; \quad (9)$$

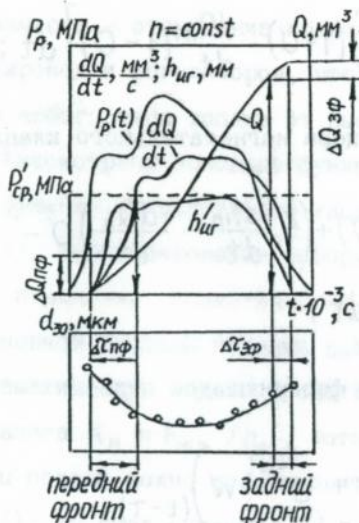


Рис.1. Функции определяющие характеристики впрыскивания и параметры характеристик впрыскивания.

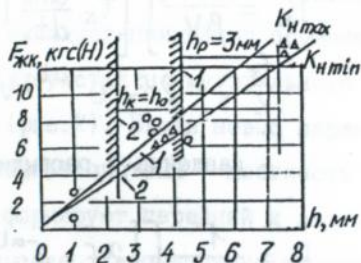


Рис.2. Характеристики предлагаемых пружин нагнетательных клапанов индекс "Н": 1-пригодные; 2-непригодные.

- средний объемный диаметр капли распыливания топлива

$$d_{30} = A q \rho W_e^{-0,24} \cdot L \rho^{0,0082} \quad (10)$$

Разработанная математическая модель (I-10) положена в основу анализа изменения параметров впрыскивания (рис. I) по малым отклонениям топливной аппаратуры в эксплуатации (износу, изменению регулировок, сорта топлива и др.).

На основе изложенного сформулированы следующие задачи исследования:

1. Разработать математический аппарат и инженерные методы расчета для анализа процессов подачи и смесеобразования основной и дополнительной системами питания дизельного двигателя для использования низкоцетановых топлив.

2. Теоретически и экспериментально обосновать процессы распыливания низкоцетанового топлива, основной и дополнительной системами питания.

3. Научно обоснованно оценить индикаторные и эффективные характеристики дизеля, работающего на низкоцетановом топливе с основной и дополнительной системой питания.

4. Рассчитать, спроектировать и изготовить дополнительную систему питания в виде вихревого испарителя-смесителя, работающую на низкоцетановом топливе.

5. Провести сравнительную оценку пригодности вихревого испарителя-смесителя и низкоцетанового топлива для дизеля по тягово-динамическим показателям автомобиля КАМАЗ-5410.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ рассмотрены теоретические исследования математической модели основной системы питания дизеля и разработанной дополнительной системы вихревого (испарителя-смесителя) как они представлены на рис.3.

Математическая модель основной системы в малых отклонениях представляется следующей системой уравнений (из уравнений I-I0):

$$\delta \left(\frac{dh_n}{dt} \right) = \delta_n (\delta_n) t + V_0 \delta (V_0); \quad (11)$$

$$\delta \left(\frac{dh_k}{dt} \right) = K_1 + K_2 + K_3 \delta (\delta_k) - K_4 \delta (F_{жк}); \quad (12)$$

$$\delta \left(\frac{dh_{ur}}{dt} \right) = K_5 + K_6 \delta (\delta_\varphi) + K_7 \delta (F_{ж\varphi}); \quad (13)$$

$$\delta (P_H) = K_8 \delta \left(\frac{dh}{dt} \right) + K_9 \delta \left(\frac{dh_k}{dt} \right) + K_{10} \delta \left(\frac{dQ_n}{dt} \right) (1 - \sigma); \quad (14)$$

$$\delta (P_K) = K_{11} \delta \left(\frac{dh_k}{dt} \right) + K_{12} \delta \left(\frac{dh}{dt} \right) + K_{13} \delta \left(\frac{dQ}{dt} \right) + K_{14} \delta (P_K) + K_{15} \delta (W_t); \quad (15)$$

$$\delta (P_P) = K_{16} \delta (P_{K-\tau}) + K_{17} \delta (W)_{t-\tau} + K_{18} \delta \left(\frac{dh_{ur}}{dt} \right) + K_{19} \delta (P_P) + K_{20} \delta \left(\frac{dQ}{dt} \right); \quad (16)$$

$$\delta (Q_n) = K_{21} \delta (P_H)^{\frac{1}{2}} + K_{22} \delta (P_{bc})^{\frac{1}{2}}; \quad (17)$$

$$\delta (Q) = K_{23} \delta (\mu_\varphi f_p (h_{ur})) + K_{24} \delta (P_P) + K_{25} \delta (P_u); \quad (18)$$

$$\delta (W_{t-\tau}) = K_{26} \delta (P_{K(t-\tau)}) + K_{27} \delta (W_{t-\tau}) + K_{28} \delta (P_P); \quad (19)$$

$$\delta (d_{30}) = K_{29} \left[\delta (W_e) \cdot \delta (L_p) \right]^{q_p}, \quad (20)$$

где K_{1-29} - постоянные коэффициенты уравнений I-I0.

Математическая модель дополнительной системы питания сводится к определению газодинамических параметров на выходе и геометричес-

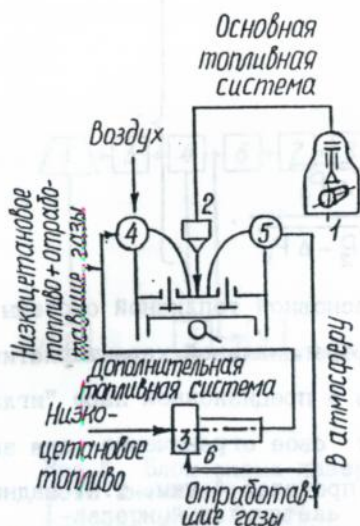


Рис.3. Система питания низоцетановым топливом дизеля КАМАЗ-5410:
 1-топливный насос высокого давления; 2-форсунка; 3-вихревой испаритель-смеситель; 4-всасывающий патрубок; 5-выхлопной патрубок; 6-газозаборник.

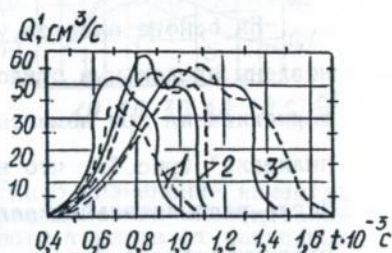


Рис.4. Дифференциальные характеристики подачи топлива при различных зазорах в паре "игла-распылитель":
 1- $Q_{ц} = 14 \text{ мм}^3/\text{ц}$; 2- $Q_{ц} = 46 \text{ мм}^3/\text{ц}$;
 3- $Q_{ц} = 80-94 \text{ мм}^3/\text{ц}$;
 — $\delta = 1,2 \text{ мкм}$;
 ---- $\delta = 4 \text{ мкм}$.

ких размеров для оценки распыливания испарения и смешения низкоцетанового топлива с отработавшими газами

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 V_{\varphi}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial V_{\varphi}}{\partial r} &= 0; \\ \frac{\partial P}{\partial r} &= -\rho \frac{V_{\varphi}^2}{r}; \\ h_c &= \frac{\mu_0 f_0 \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{\Delta P_{\nu}}}{\mu \nu_p (f \nu_p) \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{P_2 - \Delta P_{\nu}}} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

На основе анализа уравнений основной топливной системы установлены предельные отклонения дифференциальной характеристики впрыскивания при изменении зазоров в прецизионной паре "игла-распылитель" (рис.4), что накладывает свое ограничение для зазоров "игла-распылитель" дизеля КАМАЗ в пределах 4 мкм, т.к. задний фронт увеличивается в 2 раза, который отрицательно сказывается на качестве распыливания.

Особым параметром дополнительной системы следует считать теплосодержание отработавших газов, поступающих в испаритель-смеситель как:

$$dQ = \Delta T \cdot m C_{p \text{ ср}} \cdot dM, \quad (17)$$

которое определяет дробление, испарение и смешение топлива. По анализу ΔT для всех режимов и расходных характеристик dQ получены предельные значения ΔT для стабильного газоконденсата в пределах $70,0-350^{\circ}\text{C}$.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ приводится разработанная методика качества распыливания низкоцетанового топлива лазерным анемометром (рис.5) и результаты исследования влияния газодинамических и теплофизических параметров потока и топлива на основе изменения критериев Вебера и Лапласа

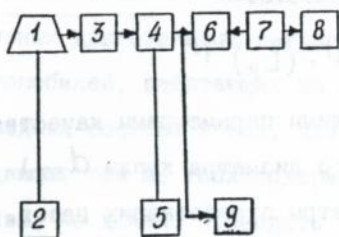


Рис.5. Блок-схема лазерного анемометра:
 1-лазерный излучатель ЛГ-126; 2-блок питания лазерного излучателя;
 3-измерительная ячейка;
 4-фотоприемный блок;
 5-стабилизированный блок питания фотоприемника;
 6-калорамный анализатор спектра СЧ-25; 7-генератор высокочастотных колебаний;
 8-электронносчетный частотомер; 9-цифровой вольтметр.



Рис.6. Изменение качества распыливания низкоцетанового топлива от расходных характеристик вихревого испарителя-смесителя $G = \approx 31 \text{ кг/с}^2$; $T_r = 800 \text{ К}$:
 1-4-расход отработавшего газа 8; 6; 3, 5; 1, 5 $\text{м}^3/\text{ч}$, соответственно;
 5-6-фактор динамичности распыливания для суммарного расхода топлива.

$$W_e = \frac{Q_T \cdot d_c \cdot U_K}{\sigma_T};$$

$$L_p = \frac{d_c \cdot Q_T \cdot \sigma_T}{\mu_T},$$

произведения которых дают зависимость:

$$d_{30} = A_{qP} (W_e)^{a_{qP}} \cdot (L_p)^{b_{qP}}.$$

Установлено, что определяющими параметрами качества распыливания топлива (среднего объемного диаметра капли d_{30}) являются поверхностное натяжение и параметры отработавших газов, входящего потока в вихревой испаритель-смеситель (рис.6 и 7). Результаты анализа определяющие рабочие зоны по расходу отработавших газов (рис.6) и фактору динамичности распыливания для суммарного расхода низкоцетанового топлива дизелем автомобиля КАМАЗ, удовлетворяют диапазону скоростного и нагрузочного режимов работы. Кроме того, получена многопараметрическая связь качества распыливания вихревым испарителем-смесителем в зависимости от параметров вихря (рис.7), которая подтверждает, что $d_{30} < 1,0$ мкм в дополнительной системе, что приводит к росту вероятности воспроизведения рабочего цикла для всех режимов работы дизеля.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ приводятся результаты анализа характеристик дизеля с вихревыми дополнительными системами питания низкоцетановым топливом. Установлено, что полученные значения эффективных показателей ($\eta_e, M_{кр}, g_e$) при работе на низкоцетановом топливе с дополнительной системой питания соответствуют требованиям ГОСТ 305-82, на основании которых определена рабочая зона по количеству рециркуляции отработавших газов. На основании этого определены значения (области) потери мощности в зависимости от коэффици-

ента остаточных газов по скоростному режиму (рис.8), более того, такая зависимость подтвердила положительное качество простоты конструкции дополнительной системы, которая не требует регулятора, т.е. дополнительная система саморегулирующаяся по газодинамическим параметрам.

ПЯТАЯ ГЛАВА посвящена анализу эксплуатационных характеристик дизельных двигателей с вихревыми дополнительными системами питания и автомобилей, работающих на низкоцетановом топливе. Важность этого раздела состоит в том, что использование низкоцетановых топлив, обладающих тем же теплосодержанием что и стандартные дизельные топлива, не должно приводить к большим ухудшениям тяговодинамических качеств автомобиля.

В результате ходовых испытаний установлено, что изменение максимальной мощности, динамического фактора и ускорения, динамики разгона автомобиля при одинаковых расходах топлива не выходят за пределы допуска на точность измерения при испытаниях.

На рис.9 приведены изменения динамического фактора и ускорения на 3-й передаче (для примера), которые подтверждают достоверность предыдущих исследований и, дополнительно, что максимальные значения D , J остаются практически без изменения.

Установленный факт является последним и достоверным аргументом, что поставленные задачи исследования диссертации решены полно, достоверно и всесторонне.

Заключительным параграфом диссертации "альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания" показаны перспективы использования низкоцетановых топлив для любых транспортных дизелей при использовании дополнительных систем питания в виде вихревых испарителей-смесителей, рабочий процесс в которых осуществляется полно и бездетонационно.

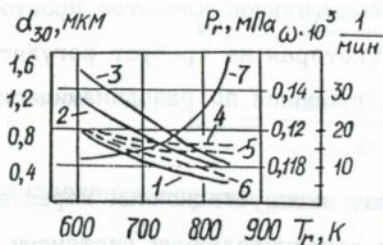


Рис. 7. Влияние параметров отработавших газов на качество распыливания:

1-3- $Q_{ц}$ =20;40;60 мм³/цикл;
 4-6- P_r =0,118;0,12;0,13 ±
 ±0,14 МПа;
 7-частота вращения вихрей на срезе.

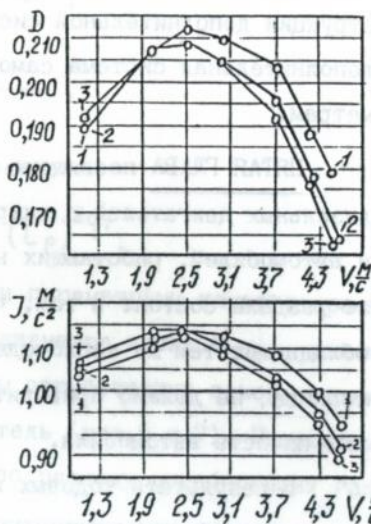


Рис. 9. Изменение динамического фактора и ускорения на третьей передаче:

1-ЦЧ-56 без вихревой трубки;
 2-ЦЧ-56 с вихревой трубкой;
 3-ЦЧ-34 с вихревой трубкой.

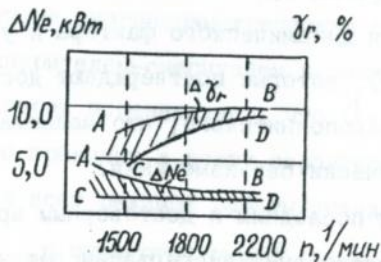


Рис. 8. Потери мощности и диапазон изменения коэффициента остаточных газов в зависимости от скоростного режима.

В Ы В О Д Ы

1. В основу исследований положена теория вихревого эффекта Ранка, на основе которой решается проблема использования низкоцетановых топлив при полном бездетонационном сгорании без антидетонационных присадок в двигателях военно-транспортной техники. Разработаны математические модели, описывающие процесс подачи топлива в малых отклонениях основной системой и дополнительной топливной системой – вихревым испарителем-смесителем, с последовательными процессами испарения и смешения низкоцетанового топлива с отработавшими газами. Разработан инженерный метод расчета основных геометрических параметров вихревого испарителя-смесителя по входным газодинамическим параметрам отработавших газов с оценкой выходных термодинамических показателей.

2. Установлены взаимосвязи влияния параметров прецизионных пар топливной аппаратуры и режимов работы дизеля на изменение характеристик впрыскивания. Установлены закономерности изменения дифференциальной характеристики впрыскивания в зависимости от технического состояния прецизионных пар основной топливной системы, работающей на низкоцетановом топливе. Выведены уравнения, определены изменения температуры на выходе вихревого испарителя-смесителя в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов работы дизеля при использовании стабильного газоконденсата.

3. Разработана и использована полная методика исследования качества распыливания низкоцетанового топлива для дизеля на основе двухлучевого лазерного анемометра, на основе доплеровского эффекта. Научно обосновано и введено понятие динамического показателя распыливания для суммарного расхода топлива основной и дополнительной системами питания, на основании которого определена рабочая зона суммарного расхода топлива, при которой средний объемный диаметр

капли удовлетворяет требованию смесеобразования дизеля. Установлены важные закономерности влияния отработавших газов на качество распыливания низкоцетанового топлива вихревым испарителем-смесителем. Произведенный анализ качества распыливания в зависимости от нагрузочного режима основной и дополнительной системами показывает об абсолютной пригодности низкоцетанового топлива для дизеля в широком диапазоне изменения поверхностного натяжения при изменении температуры окружающей среды с $+20^{\circ}\text{C}$ до -38°C .

4. Показаны диапазоны изменения эффективных показателей по скоростному режиму дизеля в зависимости от количественного отношения коэффициента остаточных газов при использовании стандартного топлива и стабильного газоконденсата. Определена рабочая зона дизеля по нагрузочному и скоростному режимам по пределам рециркуляции отработавших газов через дополнительную систему питания низкоцетановым топливом и установлены значения потери мощности к оценке коэффициентов для определения тягово-динамических качеств автомобиля.

5. Получены данные изменения динамического фактора, ускорения времени и пути разгона автомобиля при использовании дополнительной системы питания по сравнению со стандартной, позволившей установить, что тяговые и динамические данные практически остаются без изменения (в пределах допуска на измерения в эксперименте) при работе на низкоцетановом топливе. Применение дополнительной системы питания в виде вихревого испарителя-смесителя делает дизельную военно-транспортную технику многотопливной (применение широкого диапазона фракционного состава топлив), увеличивает экономичность на 6-8%, снижает токсичность на 17% по CO рабочего процесса за счет увеличения полноты и скорости бездетонационного сгорания, что способствует улучшению и безотказности запуска двигателя в различных климатических условиях. Годовой экономический эффект составляет 66626 грив./автом.

1. Абросимов В.Г., Верламов А.М. Определение температуры газов на входе и выходе вихревого испарителя-смесителя.- Одесса: ОИСВ, Динамика систем, вып.2, 1996.
2. Барсуков С.И., Анисимов В.Ф., Верламов А.М., Абросимов В.Г. Изменение параметров впрыскивания топлива при эксплуатации дизелей.- Одесса: ОИСВ, Динамика систем, вып.2, 1996.
3. Барсуков С.И., Абросимов В.Г., Верламов А.М. Изменение цикловой подачи топлива от технического состояния прецизионных пар топливного насоса.- Одесса: ОИСВ, Динамика систем, вып.1, с. 81-84, 1995.
4. Верламов А.М. Математическая модель качества распыливания топлива на основе дифференциальных уравнений, описывающих впрыскивание.- Одесса: ОИСВ, Динамика систем, вып.1, 1995, с.78-81.
5. Кнауб Л.В., Верламов А.М. Анализ изменения эксплуатационных и динамических характеристик автомобиля КАМАЗ-5410 с дополнительной системой питания, работающего на низкоцетановом топливе.- Одесса: ОИСВ, Динамика систем, вып.2, 1996.
6. Барсуков С.И., Кнауб Л.В., Верламов А.М., Абросимов В.Г. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания.- Харьков: ХВУ, Сборник научных трудов, вып.10, 1996.
7. Удостоверение на рационализаторское предложение № 817 (А-1108) Определение оптимальной температуры для вихревого испарителя-смесителя низкоцетанового топлива. Автор Верламов А.М., 1995.
8. Удостоверение на рационализаторское предложение № 3480(А-1108) Улучшение динамических характеристик автомобиля КАМАЗ на низкоцетановом топливе. Автор Верламов А.М., 1995.

9. Удостоверение на рационализаторское предложение № 3480 (А-1108)
Улучшение динамических характеристик автомобиля КАМАЗ на низкоцетановом топливе. Автор Верламов А.М., 1995.
10. Удостоверение на рационализаторское предложение № 158 (А-1108)
Восстановление технического состояния прецизионных пар топливной аппаратуры. Автор Верламов А.М., 1995.
11. Удостоверение на рационализаторское предложение № 2345 (А-1108)
Улучшение качества распыливания топлива дизельными форсунками, отработавшими первый гарантийный срок эксплуатации. Автор Верламов А.М., 1995.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$h, h_{акт}$ - текущее значение и активный ход плунжера; f_n, f_k, f_T - площадь поперечного сечения соответственно плунжера, нагнетательного клапана по разгрузочному пояску, трубопровода высокого давления; $F_{жк}, F_{жф}$ - установочное усилие соответственно пружины клапана, затяжки иглы; P_n, P_k, P_p, P_o, P_f - соответственно давление топлива в надпоршневой полости, штуцере нагнетательного клапана, распылителе форсунки, остаточное давление в трубопроводе высокого давления и давление начала подъема иглы распылителя; $Q, \frac{dQ}{dt}$ - интегральная и дифференциальная характеристики впрыска; Q_u, q_u - цикловая соответственно объемная и массовая подача топлива; V_o - скорость топлива на срезе сопла распылителя; d_{30} - средний объемный диаметр капли; μ_T - динамическая вязкость; σ_T - поверхностное натяжение топлива; ρ_T - плотность топлива; φ_k - угол поворота кулачкового вала топливного насоса; h_k, h_{k_o} - перемещение клапана и перемещение клапана до выхода разгрузочного пояска из канала; $\frac{dh_k}{dt}$ - скорость перемещения нагнетательного клапана; $h_{иг}, \frac{dh_{иг}}{dt}$ - соответственно перемещение и скорость перемещения иглы распылителя форсунки; σ - единичная функция; K_f - коэффициент ускорения плунжера;

v_0 - начальная скорость плунжера в момент перекрытия наполнительного окна; f_0 - площадь сечения окна; Z - акустическое сопротивление; β - сжимаемость топлива; V_H, V_K, V_F - соответственно объем топлива в надплунжерной полости, полости клапана и распылителя; L - длина трубопровода; α - коэффициент затухания; A - скорость распространения звука в топливе; P_{8c} - давление подкачивающего насоса; μ_0, μ_p - коэффициент истечения топлива через отсечное окно и распылитель; $P_{ц}$ - давление в цилиндре; δ_K, δ_{cp} - жесткость пружины клапана, форсунки.

И Н Д Е К С Ы

ЖК - жесткость пружины клапана; ПФ - передний фронт; ЗФ - задний фронт; К - клапан; ИГ - игла; Р - распылитель; Ц - цикл; Т - топливо; КР - крутящий; Ф - форсунка.

А Н О Т А Ц І Я

ВЕРЛАМОВ О.М. Експлуатаційні характеристики дизельних двигунів з вихорними додатковими системами живлення для низькоцетанових палив. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.20.03 - Експлуатація, відновлення та ремонт сільхозтехніки, Одеський інститут Сухопутних військ, 1996 р. Захищається 8 наукових робіт і 5 свідоцтв на раціоналізаторські пропозиції, які вміщують результати теоретичних і експериментальних досліджень, зв'язаних з використанням додаткової системи живлення у вигляді вихорного випаровувача - змішувача на сільхозтехніки, котра забезпечує підвищення її готовності. Додатково знижує вартість експлуатації за рахунок зменшення вартості палива, збільшує економічність на 6-8%, знижує токсичність робочого процесу дизеля на 17% по CO за рахунок підвищення повноти та швидкості горіння палива. На основі проведених досліджень запропонованої додаткової системи живлення на дизельних двигунах у вигляді

ді вихорного випаровувача-змішувача, який підвищує ефективність сільхозтехнічних засобів підвищення показників ефективності експлуатації сільхозтранспортних засобів шляхом розширення сортності палив, що використовуються в сільському господарстві.

Ключові слова:

дослідження, вихорний випаровувач-змішувач, токсичність, ефективність, сортність, експлуатація, вартість.

VERIAMOV A.M. Exploitation performances of diesel engines with whirlwind extra feeding systems for different fuels. Thesis for the degree of the Candidate of the Technical Sciences of speciality 05.20.03 - Exploitation and maintenance of fuld vehicles. Odessa Army Institute, 1996. Defended are 8 research works including 5 rationalization proposals containing the results of theoretical and experimental researches on a whirlwind evaporating and mixing device as an extra feeding system in the military diesel vehicles. This device provides the growth of the vehicles' combat readiness, cuts down the value of the exploitation of diesel engines due to lowering of the fuel cost, and increases engines' economy for 6-8%. It also reduces the toxicity of the engines' working process for 17% (as in CO) due to combustion being more rapid and complete. On the basis of the researches made on the extra feeding system represented by the whirlwind evaporating and mixing device which allows 0,11 growth of combat readiness of the military transport the main problem how to make more efficient the vehicles exploitation by means of expanding the grade of the fuels being used can be solved. Key words: exploitation, efficient, researches, mixing device.

