

На правах рукописи



**АБРАМОВ Сергей Викторович**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТРАКТОРНЫХ И  
КОМБАЙНОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ  
ОЧИСТКИ ТОПЛИВА**

**Специальность 05.20.03 – «Технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Саратов 2005**

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор  
**Загородских Борис Павлович**

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор  
**Рудик Феликс Яковлевич**  
кандидат технических наук  
**Сидоров Александр Владимирович**

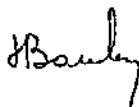
Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет.»

Защита диссертации состоится 27, января 2006 г. на заседании диссертационного совета Д 220.061.03. при ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова» по адресу: 410056, г.Саратов, ул. Советская, д.60, ауд.325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И.Вавилова.

Автореферат разослан 23, декабря 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Волосевич Н.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

**Актуальность темы:** Современное сельскохозяйственное производство является одним из основных потребителей дизельного топлива, т.к. оно оснащено большим количеством автомобилей, тракторов, комбайнов, мобильных сельхозмашин, а также стационарными энергетическими установками, на которых установлены дизельные двигатели.

Надежность работы всей этой техники в значительной степени определяется техническим состоянием топливной системы, т.к. на нее приходится до 50% всех неисправностей, возникающих в этих двигателях при эксплуатации.

Основной причиной выхода из строя агрегатов и приборов системы питания, работающей в условиях сельскохозяйственного производства, является повышенная загрязненность и обводненность дизельного топлива в баках машин, а также недостаточная эффективность и надежность существующих средств очистки.

Решение задачи обеспечения необходимой чистоты топлива в системе питания дизелей повысит ресурс как системы питания, так и двигателя в целом, а также снизит затраты на эксплуатацию техники за счет сокращения простоев, снижения затрат на запчасти и увеличения межремонтного срока работы техники.

В связи с этим исследования, направленные на улучшение очистки топлива в системах топливоподачи дизельных двигателей автомобилей и тракторов, являются актуальными.

**Цель диссертационной работы:** Повышение износостойкости прецизионных деталей топливной аппаратуры путем улучшения эффективности очистки топлива при эксплуатации тракторов и комбайнов.

**Предмет исследования:** Процесс очистки дизельного топлива при помощи электрофилтра.



**Объект исследования:** Прецизионные детали топливной аппаратуры дизелей.

**Методика исследования:** Теоретические и экспериментальные исследования основаны на методах математического анализа, проведении ускоренных сравнительных износных испытаний, теории фильтрации.

**Научная новизна:** Заключается в усовершенствовании системы очистки топлива, применяющейся в настоящее время в системах питания дизельных двигателей тракторов и комбайнов. Разработана и обоснована конструктивно-технологическая схема электрофильтра, позволяющего производить очистку дизельного топлива от механических примесей и воды. Выполнен теоретический анализ рабочего процесса данного устройства. Получены аналитические зависимости для определения его конструктивно-технологических параметров.

**Практическая значимость:** Разработан электрофильтр для очистки топлива от механических примесей и воды, который может быть применен в системе питания дизельного двигателя. Получены экспериментальные зависимости степени очистки топлива от напряжения, подаваемого на электроды электрофильтра. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ на полезную модель №34212. Результаты исследований приняты за основу при создании опытного образца.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- аналитические зависимости, позволяющие определять степень очистки топлива в электрофильтре в зависимости от напряжения, подводимого к электродам фильтра;
- результаты сравнительных, теоретических и экспериментальных исследований влияния очистки топлива на работоспособность топливной аппаратуры дизелей;
- конструкция электростатического фильтра для двигателей внутреннего сгорания;
- оценка эффективности результатов исследования.

**Реализация результатов исследований:** Электрофильтр прошел испытания в лабораториях СГАУ им. Н.И.Вавилова и в СХА «Нива» Базарно-Карабулакского района Саратовской области.

**Апробация работы:** Результаты исследований по диссертационной работе доложены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И.Вавилова в 2001-2005 годах, на международных научно-практических конференциях «Совершенствование технологии и организации обеспечения работоспособности машин с использованием восстановительно-упрочняющих процессов» (г. Саратов 2002 г. и 2003 г.), на межгосударственном научно-техническом семинаре «Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания» (г. Саратов 2004 г.).

**Публикации:** По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 5 печатных работ, опубликованных в сборниках научных трудов, в том числе патент РФ на полезную модель №34212. Общий объем публикаций составляет 1,18 печ.л., в т.ч. 0,82 печ.л. принадлежит лично соискателю.

**Структура и объем диссертации:** Работа состоит из введения, шести разделов, общих выводов, списка использованной литературы и приложений.

Работа изложена на 114 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц, 34 рисунка и 4 приложения. Список использованной литературы включает 104 наименования.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** раскрывается актуальность темы диссертационной работы, формулируется научная новизна и практическая значимость проведения исследований, цель работы и положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе** «Состояние вопроса и задачи исследования» на основе обзора технической литературы проведен анализ отказов прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей и показано, что основной причиной отказов является абразивное изнашивание. В первую очередь на работоспособность этих деталей оказывает влияние загрязненность применяемого дизельного топлива механическими примесями. Так, по данным ГОСНИТИ, на пути от нефтеперерабатывающего завода до бака трактора содержание загрязнений в дизельном топливе возрастает с 0,0005 до 0,063%, то есть в 126 раз. Поэтому основными направлениями повышения долговечности топливной аппаратуры является очистка топлива и увеличение поверхностной твердости.

Исследованию проблемы очистки дизельного топлива посвящены труды широко известных ученых: Антипова В.В., Бахтиярова Н.И., Баширова Р.М., Власова П.А., Григорьева М.А., Загородских Б.П., Кривенко П.М., Коваленко В.П., Николаенко А.В., Рыбакова В.К., Федосова И.М. и других.

В фильтрах тонкой очистки (ФТО) в настоящее время применяются бумажные фильтрующие элементы. Максимальная полнота отсева механических примесей достигает 90 % при тонкости отсева 3 мкм. Использование двух фильтрующих элементов повышает общее сопротивление магистрали низкого давления в системе питания дизеля.

В настоящее время намечается тенденция к применению в системах питания дизельных двигателей фильтров принцип работы которых основан на действии сил электростатического поля на загрязнители (механические примеси, вода), содержащиеся в дизельном топливе. Одним из преимуществ фильтров данного типа является то, что по сравнению с фильтрами с бумажной шторой они имеют гораздо меньшее сопротивление. Кроме того, изменяя напряжение на электродах таких фильтров, можно добиться изменения степени очистки.

В соответствии с проведенным анализом состояния вопроса и поставленной целью сформулированы следующие задачи исследования:

1. Определить уровень загрязненности дизельного топлива в различных местах топливной системы дизелей при эксплуатации.
2. Провести теоретические и экспериментальные исследования процесса очистки дизельного топлива с помощью электростатического фильтра.
3. Обосновать и разработать конструкцию электростатического фильтра.
4. Выполнить лабораторно-производственную проверку предлагаемых рекомендаций.
5. Провести экономическую оценку результатов исследования.

Во втором разделе «Теоретическое обоснование улучшения очистки топлива путем использования электрофильтра» раскрыты предпосылки очистки топлива в неоднородном электрическом поле.

Электрохимические свойства дизельного топлива, являющегося диэлектриком, определяют возможность и целесообразность его очистки с применением электрического поля.

Для теоретического обоснования разработанного электрофильтра для двигателей внутреннего сгорания, имеющего в своей конструкции электроды, изготовленные из сетки №30...50, на которые от одной из обмоток генератора через повышающий трансформатор и умножитель напряжения подается высокое напряжение постоянного тока, необходимо определить влияние на эффективность предлагаемой конструкции фильтра его конструктивных параметров: скорости потока топлива, расстояния между электродами и напряжения, приложенного к ним.

В неоднородном электрическом поле на частицу действуют следующие силы (рис.1):

- а) Сила инерции  $F_{Zи}$ , направленная противоположно направлению движения частицы;
- б) Пондеромоторная сила неоднородного электрического поля  $F_{Zп}$ , возникающая из за разности диэлектрической проницаемости

материала частицы и топлива и направленная в сторону увеличения напряженности поля;

- в) Сила Кулона  $F_{ZK}$ , действующая вследствие притяжения частицы к электроду;
- г) Сила тяжести  $F_{ZT}$ ;
- д) Подъемная сила Архимеда  $F_{ZA}$ ;
- е) Сила сопротивления движению частицы в вязкой среде  $F_{ZC}$ .

Исходя из первого закона Ньютона, частица будет находиться в покое или двигаться прямолинейно и равномерно, если сумма внешних сил, действующих на нее, равна нулю.

$$F_{ZT} + F_{ZA} + F_{ZC} - F_{ZT} - F_{ZT} - F_{ZK} = 0. \quad (1)$$

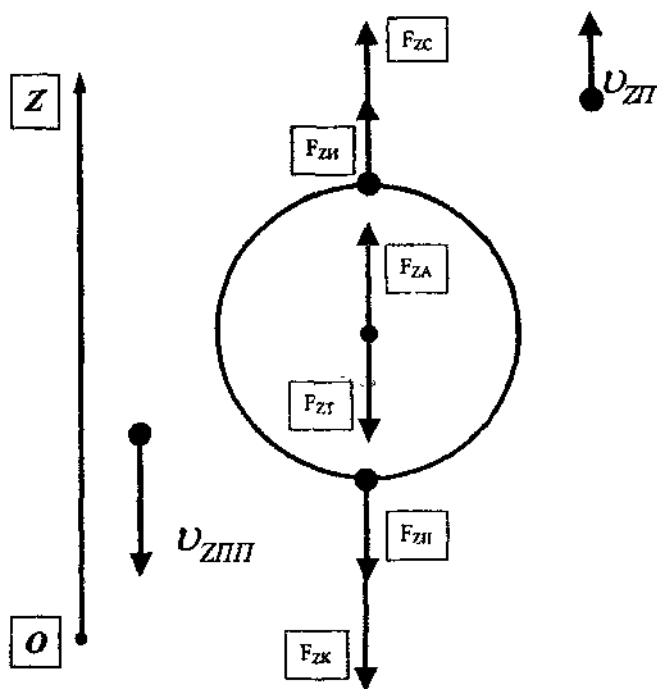


Рис.1 Схема сил, действующих на частицу в потоке жидкости.



Проекция силы инерции на ось  $Z$  определяется исходя из второго закона Ньютона:

$$F_{\text{ин}} = -m_v \cdot \frac{dv_z}{dt} = -\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_i^3 \cdot \rho_v \cdot \frac{dv_z}{dt}, \quad (2)$$

где  $m_v$  – масса частицы, кг;

$\frac{dv_z}{dt}$  – проекция ускорения частицы на ось  $Z$ , м/с<sup>2</sup>;

$v_z$  – проекция скорости частицы на ось  $Z$ , м/с;

$\rho_v$  – плотность материала частицы, кг/м<sup>3</sup>.

Сила Архимеда направлена вдоль оси  $Z$  и определяется по формуле:

$$F_{\text{ЗА}} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_i^3 \cdot \rho_m \cdot g, \quad (3)$$

где  $\rho_m$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>.

Направление силы тяжести совпадает с направлением оси  $Z$  и определяется следующим образом:

$$F_{\text{ЗТ}} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_i^3 \cdot \rho_v \cdot g. \quad (4)$$

Сила Кулона, действующая на частицу, находящуюся вблизи электрода, определяется по формуле:

$$F_{\text{ЗК}} = \frac{3 \cdot E_z^2 \cdot d_i^6 \cdot K^2}{8 \cdot r^4}, \quad (5)$$

$$K = \sqrt{\varepsilon_m} \cdot \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_m}{\varepsilon_v + 2\varepsilon_m},$$

где  $d_i$  – диаметр частицы, м;

$r$  – расстояние до электрода, м;

$\varepsilon_v$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость частицы;

$\varepsilon_m$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость топлива;

Силу сопротивления движению частицы малого диаметра в вязкой среде можно определить по формуле Стокса:

$$F_{\text{ЗС}} = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d_i \cdot v_m, \quad (6)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость среды, Па·с;

$v_{nm}$  — скорость частицы относительно потока топлива;

$$v_{nm} = v_n + v_\infty;$$

где  $v_n$  — скорость потока топлива, м/с;

$v_\infty$  — скорость осаждения, м/с;

$$v_n = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho_m},$$

где  $Q$  — расход топлива, кг/с;

$D$  — расчетный диаметр фильтра, м.

Пондеромоторная сила, направленная в сторону увеличения напряженности электрического поля, возникает из-за разности диэлектрических проницаемостей частицы и топлива. Значение проекции пондеромоторной силы на ось  $Z$  можно определить по формуле:

$$F_{zp} = d_i^3 \cdot \varepsilon_m \cdot \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_m}{\varepsilon_v - 2 \cdot \varepsilon_m} \cdot E_z \cdot \text{grad} E_z, \quad (7)$$

где  $E_z$  — проекция вектора напряженности на ось  $Z$ , В/м;

$\text{grad} E_z$  — проекция градиента напряженности неоднородного электрического поля на ось  $Z$ , В/м<sup>2</sup>.

Проекции напряженности и градиента напряженности определяются по формулам:

$$E_z = \text{grad}_z \varphi = \frac{2 \cdot \pi \cdot q'}{\varepsilon_m \cdot s} \cdot \left[ \frac{3 \cdot e^{\frac{4\pi z}{s}} + 1 - 4 \cdot e^{\frac{2\pi z}{s}} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot y}{s}\right)}{e^{\frac{4\pi z}{s}} + 1 - 2 \cdot e^{\frac{2\pi z}{s}} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot y}{s}\right)} \right], \quad (8)$$

$$\text{grad} E_z = \frac{8 \cdot \pi^2 \cdot q'}{s^2 \cdot \varepsilon_m} \cdot e^{\frac{2\pi z}{s}} \cdot \left[ \frac{\left\{ 2 \cdot e^{-\frac{\pi z}{s}} - 2 \cdot e^{\frac{4\pi z}{s}} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot y}{s}\right) - \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot y}{s}\right) \right\}}{\left\{ e^{\frac{4\pi z}{s}} - 2 \cdot e^{\frac{2\pi z}{s}} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot y}{s}\right) + 1 \right\}^2} \right], \quad (9)$$

$$q' = \frac{U \cdot s \cdot \varepsilon_m}{2 \cdot \pi \cdot h}. \quad (10)$$

Как видно из выражений (8) и (9), напряженность и градиент напряженности электрического поля, а следовательно и пондеромоторная сила определяются конфигурацией электродов, их взаиморасположением, вели-

чиной приложенной к электродам разности потенциалов и изменяются в зависимости от координат частицы в межэлектродном пространстве.

Подставляя выражения (2), (3), (4), (5), (6), (7) в формулу (1), получим дифференциальное уравнение движения частицы в неоднородном электрическом поле:

$$a \cdot \frac{dv_z}{dt} + b \cdot v_z + j = 0, \quad (11)$$

где  $a, b, j$  – коэффициенты, определяемые по формулам:

$$a = -\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_1^3 \cdot \rho_v,$$

$$b = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d_1,$$

$$j = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_1 \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_m) + 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d_1 \cdot \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho_m} - d_1^3 \cdot \varepsilon \cdot \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_m}{\varepsilon_v - 2 \cdot \varepsilon_m} \cdot E_z \cdot \text{grad} E_z - \frac{3 \cdot E_z^2 \cdot d_1^6 \cdot K^2}{8 \cdot r^4}.$$

Данное дифференциальное уравнение имеет решение следующего вида:

$$v_z = -\frac{1}{a} \cdot e^{(t+P)} - \frac{j}{b}, \quad (12)$$

где  $P$  – постоянная интегрирования.

Постоянную интегрирования можно определить исходя из граничных условий. Предположим, что в момент времени  $t = 0$ , когда частица попадает в межэлектродное пространство, скорость ее относительно потока топлива равна скорости осаждения частицы под действием силы тяжести, которая определяется по закону Стокса:

$$v_0 = \frac{d_1^2 \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_m)}{18 \cdot \mu}. \quad (13)$$

Тогда постоянная интегрирования определяется следующим образом:

$$P = \ln \left[ -a \cdot \left( v_0 + \frac{j}{b} \right) \right]. \quad (14)$$

С учетом (8), (9) и (10) выражение (12) позволяет получить зависимости мгновенной скорости частицы в междуэлектродном пространстве от расстояния между электродами и приложенного к ним напряжения.

Проведенный вычислительный эксперимент позволил получить зависимости скорости осаждения и размеров частиц от напряжения, представленные на рис. 2. Из приведенных кривых видно, что для получения опти-

мальной очистки топлива (тонкость отсева около 2 мкм), необходимо на электроды электрофильтра подать напряжение около 4600 В.

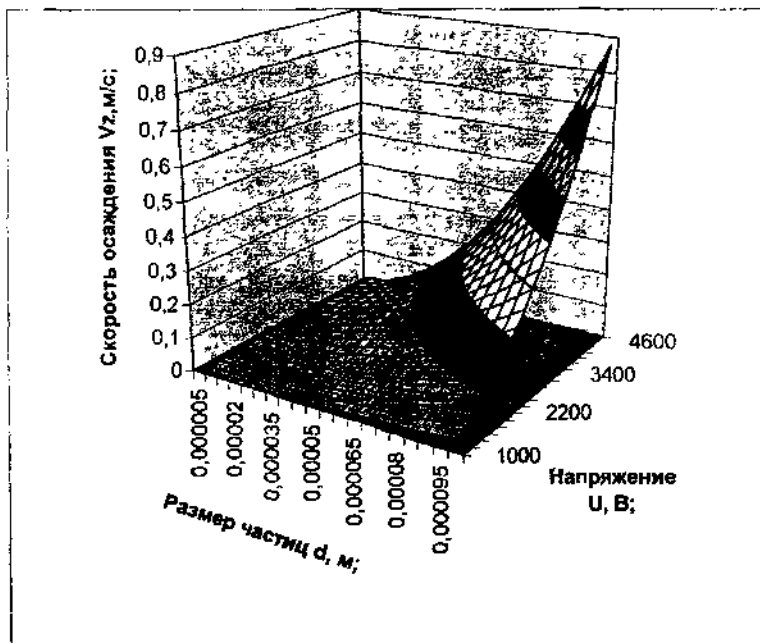


Рис.2 Зависимость скорости осаждения частиц от их размера и напряжения, поданного на электроды электрофильтра.

В третьем разделе «Общая методика и структура экспериментальных исследований» представлена программа исследований и раскрыты методы исследований.

Поставленная цель работы достигалась путем:

- теоретического исследования зависимости степени очистки топлива в зависимости от напряжения, подаваемого на электроды электрофильтра.
- лабораторных стендовых испытаний, проводимых в лабораториях СГАУ им. Н.И.Вавилова; при этом экспериментально решались задачи определения загрязненности дизельного топлива при эксплуатации тракторов и комбайнов; пробы топлива отбирались

в разных местах системы питания в периоды посевной и уборочной кампаний;

-проведением ускоренных износных испытаний для определения влияния загрязненности топлива на работоспособность плунжерных пар.

- разработкой и изготовлением нового электрофильтра для двигателей внутреннего сгорания;

- производственных испытаний электрофильтра для двигателей внутреннего сгорания.

Отбор проб топлива производился в соответствии с ГОСТ 2517-85. количественное содержание механических примесей определялось на приборе контроля чистоты жидкости ПКЖ-904М. Характер и величину износа плунжерных пар определяли по круглограммам, снятым на кругломере фирмы «Talyron».

Лабораторные испытания проводились на стенде КИ-921М.

Ускоренные износные испытания проводились по разработанной методике в лаборатории топливной аппаратуры СГАУ им. Н.И.Вавилова в соответствии с ОСТом 23.1364-81, на специальной установке.

Эксплуатационные испытания и внедрение осуществлены в Базарно-Карабулакском районе Саратовской области в СХА «Нива».

**В четвертом разделе** «Совершенствование системы очистки топлива дизелей» приводится описание конструкции разработанного электрофильтра (патент на полезную модель № 34212) и экспериментальные результаты исследования этого фильтра.

Электрофильтр для двигателей внутреннего сгорания (рис. 3) содержит корпус 1, стакан 2 со сферическим дном и размещенные в стакане 2 распределитель 3 потока топлива, закрепленный верхней частью в корпусе 1, на котором установлен направляющий стакан 4 из изолирующего материала, в нижней части которого имеется отражающий сетчатый сферический электрод 5. Также на распределителе 3 внутри стакана 4 установлен

сетчатый фильтрующий элемент, выполненный в виде пакета конусных сетчатых электродов 6-9, скрепленный между собой винтами 10. Изоляция конусных сетчатых электродов друг от друга осуществляется посредством втулок 11 из электроизоляционного материала-

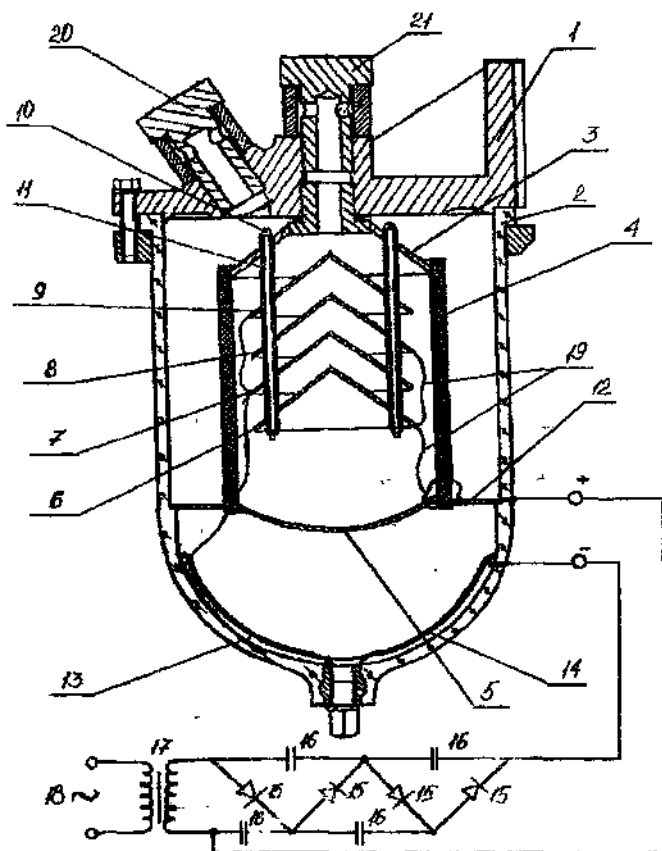


Рис.3 Электрофильтр для двигателей внутреннего сгорания: 1 – корпус; 2 – стакан со сферическим дном; 3 – распределитель потока топлива; 4 – направляющий стакан; 5 – отражающий сетчатый сферический электрод; 6-9 – сетчатые конусные электроды; 10 – винты; 11 – изолирующие втулки; 12 – сетчатый электрод; 13 – осадительный электрод; 14 – изолятор; 15 – диоды; 16 – конденсаторы; 17 – повышающий трансформатор; 18 – обмотка генератора; 19 – соединительные провода; 20 – впускной штуцер; 21 – выпускной штуцер.

ла. В нижней части между стаканом 2 и направляющим стаканом 4 закреплен сетчатый электрод 12. На дне стакана 2 размещен осадительный электрод 13, который покрыт слоем изолятора 14 для предотвращения искрового пробоя между сетчатым электродом 12, отражающим сетчатым сферическим электродом 5 и осадительным электродом 13 и перезарядки осаждающихся частиц. Толщина слоя изолятора может быть подобрана в зависимости от напряжения между электродами 5, 12 и 13. Последние соединены через умножитель напряжения, состоящий из диодов 15 и конденсаторов 16, и повышающий трансформатор 17 с одной из обмоток генератора 18. Конусные сетчатые электроды 6 и 8 соединены между собой и с сетчатым электродом 12 и отражающим сетчатым сферическим электродом 5 проводами 19, а конусные сетчатые электроды 7 и 9 соединены между собой и с осадительным электродом 13. Электрофильтр для двигателей внутреннего сгорания содержит входной 20 и выходной 21 штуцеры для подвода загрязненного и отвода очищенного топлива соответственно.

Электрофильтр для двигателей внутреннего сгорания работает следующим образом. Поток загрязненного топлива через входной штуцер 20 поступает на распределитель 3 потока топлива, а затем вдоль стенок направляющего стакана 4 в нижнюю часть стакана 2 к сетчатому электроду 12.

От одной из обмоток генератора 18 напряжение подается на первичную обмотку трансформатора 17, где повышается до 600-700В. Со вторичной обмотки трансформатора 17 напряжение поступает на умножитель напряжения, где дополнительно повышается и подводится к электродам 5, 12 и 13, а также и к конусным сетчатым электродам 6-9, причем на электроды 7 и 9 подводится отрицательное напряжение, а на электроды 6 и 8 — положительное.

Частицы механических примесей, содержащиеся в топливе, проходя через сетчатый электрод 12, приобретают положительный заряд и далее под действием электрических сил осаждаются на поверхности изолятора 14, удерживаясь этими силами. Наличие направляющего стакана 4 обеспечивает

прохождение всего топлива, поступающего в полость фильтра, через сетчатый электрод 12. Так как величина электрических сил многократно превышает силы гравитации, эффективность фильтра по осаждению механических частиц значительно возрастает. Наличие положительного заряда на отражающем сетчатом сферическом электроде 5 препятствует проникновению заряженных частиц внутрь направляющего стакана 4 даже при вибрации фильтра. Очищенное от механических примесей топливо проходит через отражающий сетчатый сферический электрод 5 к пакету конусных сетчатых электродов 6-9, между которыми имеется электрическое поле. Частицы мелкодиспергированной воды, находящейся в топливе, при попадании в электрическое поле между конусными сетчатыми электродами укрупняются ( в процессе коалесценции), приобретают заряд и под действием сил тяжести скатываются по конусным сетчатым электродам в нижнюю часть стакана 2.

Удаление осевших на поверхности изолятора механических частиц и воды производится путем слива отстоя при неработающем двигателе, то есть когда снят заряд с электродов 5, 6-9, 12, 13.

При работающем двигателе удаление механических примесей производится при изменении полярности разности потенциалов между электродами.

С целью экспериментальных испытаний электрофильтра он был установлен на двигателе трактора ДТ-75М. После этого в соответствии с ГОСТ 2517-85 были отобраны пробы топлива в головке топливного насоса, после чего на приборе контроля чистоты жидкости ПКЖ-904М было определено количественное содержание механических примесей в отобранных пробах. В результате были получены следующие данные (табл 1).

В пятом разделе «Влияние качества топлива на работоспособность плунжерных пар» приводятся результаты определения количественного и удельного содержания механических примесей в системе питания тракторов и комбайнов, а также их влияние на износ плунжерных пар.



Пробы топлива отбирались из системы питания тракторов ДТ-75М, производящих посев зерновых культур, и комбайнов СК-5М «Нива», производящих прямое комбайнирование. После отбора проб топлива на приборе контроля чистоты жидкости было определено количественное содержание механических примесей по диапазонам их размеров, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 1

Количественное и удельное содержание механических примесей по диапазонам их размеров после электрофильтра

Место взятия пробы	Содержание частиц размером, * мкм										Удельное содержание примесей, г/г
	5-10		20-25		25-50		50-100		Свыше 100		
	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	
После электрофильтра	18407	0,204	10297	1,732	2457	4,067	273	3,220	38	2,375	11,598

\*Примечание: ДР – количественное содержание примесей по диапазонам их размеров (указано для 100 см<sup>3</sup> топлива);

УС – удельное содержание примесей данного диапазона, г/г.

Таблица 2

Количественное и удельное содержание механических примесей по диапазонам их размеров

Место взятия пробы	Содержание частиц размером, * мкм										Удельное содержание примесей, г/г
	5-10		20-25		25-50		50-100		Свыше 100		
	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	ДР	УС	
В баке	32685	0,433	21200	3,567	3823	6,329	715	9,470	161	9,872	29,674
Перед фильтрами	28320	0,375	19242	3,237	3529	5,843	565	7,484	159	9,730	26,686
В головке ТН	24534	0,325	13729	2,310	3276	5,423	364	4,821	56	3,434	16,314

\*Примечание: ДР – количественное содержание примесей по диапазонам их размеров (указано для 100 см<sup>3</sup> топлива);

УС – удельное содержание примесей данного диапазона, г/г.

Как видно из представленных данных, даже в головке топливного насоса имеются частицы разных размеров. То есть эффективность фильтров, устанавливаемых в настоящее время в системах сельскохозяйственных машин, недостаточно высока.

Для оценки влияния степени загрязненности дизельного топлива механическими примесями на износ прецизионных деталей топливной аппаратуры возникла необходимость в проведении ряда испытаний, результаты которых позволили бы судить о том, как влияет загрязненность топлива на износ, а, следовательно, на ресурс и надежность прецизионных деталей топливной аппаратуры.

В результате этих испытаний были получены значения пусковых подач плунжерными парами через определенные равные промежутки времени. В связи с тем, что при проведении испытаний использовались плунжерные пары, бывшие в употреблении и степень износа каждой плунжерной пары различна, за критерий оценки состояния плунжерных пар была принята относительная величина, условно названная «коэффициентом пусковой подачи»  $K_n$ . Коэффициент пусковой подачи представляет собой отношение абсолютного значения пусковой подачи данной плунжерной пары на данном этапе испытаний к абсолютному значению пусковой подачи перед началом испытаний:

$$K_n = \frac{P_i}{P_{нач}} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где  $K_n$  — коэффициент пусковой подачи, %;

$P_i$  — пусковая подача плунжерной пары на  $i$ -ом этапе испытаний,  $\text{см}^3$ ;

$P_{нач}$  — пусковая подача плунжерной пары в начале испытаний,  $\text{см}^3$ .

В соответствии с разработанной методикой были проведены стендовые сравнительные ускоренные износные испытания. Для этого было по-

добрано три комплекта плунжерных пар топливного насоса 4ТН-10×10 (по 4 плунжерные пары в комплекте).

Продолжительность каждого этапа испытаний составляла 75 часов. Через каждые 15 часов работы плунжерные пары переставлялись в эталонный топливный насос, после чего определялось значение пусковой подачи каждой секцией в указанном режиме. Далее плунжерные пары снова переставлялись на топливный насос лабораторной установки и испытания продолжались.

Каждый из 3<sup>х</sup> этапов испытаний проводился на топливе с различной концентрацией абразивных частиц:

30 г/т (соответствует концентрации абразивных частиц «в баке»);

16 г/т (концентрация. «в головке топливного насоса»);

12 г/т (концентрация «при использовании электрофильтра»).

Динамика изменения коэффициента пусковой подачи показана на рис. 4.

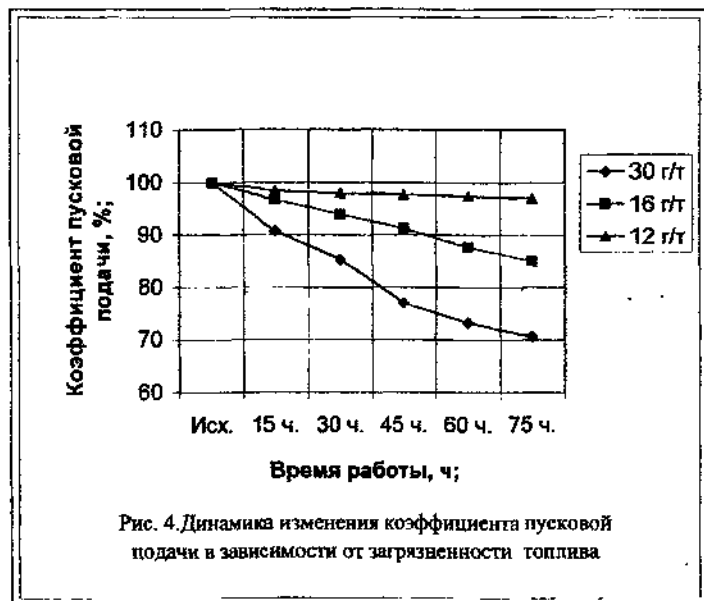


Рис. 4. Динамика изменения коэффициента пусковой подачи в зависимости от загрязненности топлива

Как видно из полученных графиков, за 75 ч. работы на топливе с концентрацией абразива 12 г/т. пусковая подача плунжерных пар уменьшилась

на 3%, в то время как за такое же время работы на топливе с концентрацией абразива 16 г/т. пусковая подача плунжерных пар уменьшилась на 15%. Таким образом, снижение концентрации абразива в головке насоса до 12 г/т. (что обеспечивает электрофильтр) позволяет в 5 раз уменьшить интенсивность износа плунжерных пар топливной аппаратуры.

Расчетный годовой экономический эффект при внедрении предлагаемых разработок составит 1965 руб. на один трактор за счет повышения ресурса плунжерных пар и устранения расхода фильтрующих элементов.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основании анализа литературных источников и выполненных исследований установлено, что наибольшее число отказов топливной аппаратуры тракторных и комбайновых дизелей (до 50%) происходит от изнашивания деталей под действием абразивных частиц, попадающих в топливо. Основной причиной такого положения является то, что фильтры тонкой очистки топлива не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к очистке топлива.

2. Разработана математическая модель процесса очистки дизельного топлива в неоднородном электрическом поле. Полученные аналитические зависимости позволяют оптимизировать следующие конструктивные параметры электрофильтра: напряжение электрического тока (2500...3000 В), расстояние между электродами (30 мм), расстояние между проволоками сетки (25 мкм) и их диаметр (15 мкм), расход топлива через фильтр (30...40 кг/ч), а также степень дисперсности очищенного топлива.

3. Разработана конструкция электрофильтра, действие которого основано на влиянии сил неоднородного электростатического поля (силы Кулона и ponderomotorной силы) на абразивные частицы, содержащиеся в топливе; эти силы по величине значительно (в десятки раз) превосходят силы гравитации.

4. Усовершенствована методика стендовых ускоренных сравнительных износных испытаний, отличие которой заключается в том, что содержа-

ние абразивных частиц в топливе поддерживается таким же (30 г/т, 16 г/т, 12 г/т), как и в реальных условиях эксплуатации, а за критерий оценки состояния плунжерных пар была принята относительная величина «коэффициент пусковой подачи».

5. Экспериментальные исследования загрязненности топлива механическими примесями показали, что их удельное содержание составляет: в баке - 28...30 г/т; перед фильтрами - 25...27 г/т; в головке топливного насоса - 16...17 г/т. При этом по размерам частиц этот показатель в головке насоса составляет: частицы размером 5-10 мкм - 0,3 г/т; 10-25 мкм - 2,3 г/т; 25-50 мкм - 5,4 г/т; 50-100 мкм - 4,8 г/т; свыше 100 мкм - 3,4 г/т.

6. Сравнительными ускоренными износными испытаниями установлена эффективность применения разработанного электрофильтра для очистки дизельного топлива (патент РФ на полезную модель №34212), использование которого позволяет повысить степень износостойкости плунжерных пар в пять раз по сравнению со штатным фильтром тонкой очистки.

7. Внедрение электрофильтра позволит получить годовой экономический эффект в размере 1965 руб. на один трактор.

### **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

1. *Абрамов С.В.* Анализ качества дизельного топлива при эксплуатации / С.В.Абрамов // Повышение эффективности эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб./ СГТУ. - Саратов, 2003. - С. 44- 47 (0,19 печ. л.).

2. *Абрамов С.В.* Повышение качества дизельного топлива при эксплуатации тракторов и комбайнов / Б.П.Загородских, С.В.Абрамов// Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб./ СГТУ. - Саратов, 2004. - С. 70 - 75 (0,38/ 0,19 печ.л.).

3. *Абрамов С.В.* Особенности ускоренных износных испытаний плунжерных пар топливных насосов (для оценки качества топлива) / С.В.Абрамов // Вестник СГАУ. - 2004. - №1. - С. 26-27 (0,27 печ. л.).

4. *Абрамов С.В.* Обеспечение работоспособности топливной аппаратуры тракторов и комбайнов путем улучшения очистки топлива / Б.П.Загородских, С.В.Абрамов// Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: материалы Межгосударственного научно-технического семинара. Вып. 17/ СГАУ. – Саратов, 2005. – С.131–136 (0,34/ 0,17 печ. л.).

5. Загородских Б.П., Абрамов С.В. Электрофильтр для двигателей внутреннего сгорания. Пат. на полезную модель РФ №34212 МКИ U1 7 F 02 М 37/22; приоритет полезной модели 24 июня 2003 г.

Подписано в печать 14.12.05  
Формат 60×84 1 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Times.  
Печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ 15/15.

---

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет им Н.И. Вавилова»  
410600, Саратов, Театральная пл., 1.

2006A  

---

320

12 - - 320