

На правах рукописи

Корытов Степан Владимирович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
ФОРСУНКИ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ АВИАЦИОННОГО
ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Специальность 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов»

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

Рыбинск – 2009

Работа выполнена в Рыбинской государственной авиационной технологической академии имени П.А. Соловьева

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент
Жуков Владимир Анатольевич

Официальные оппоненты: Доктор технических наук
Богданов Василий Иванович
Кандидат технических наук
Ратнов Александр Евгеньевич

Ведущая организация Государственный научный центр
Российской Федерации, Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Центральный институт авиационного
моторостроения им. П.И.Баранова»

Защита состоится «22» декабря 2009 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.210.01 в Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева по адресу: 152934, г. Рыбинск, Ярославская область, ул. Пушкина, 53.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева.

Автореферат разослан «20» ноября 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Конюхов Б.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Выбор типа двигательной установки летательного аппарата (ЛА) определяется его назначением и предъявляемыми к нему требованиями. Для легких самолетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), интерес к которым в последние годы неуклонно растет, поршневой двигатель является более предпочтительным по сравнению с газотурбинным малой мощности.

Обеспечение высоких технико-экономических показателей авиационных поршневых двигателей (АПД) с учетом ужесточающихся требований по мощностным, акустическим и экологическим параметрам невозможно без совершенствования системы топливоподачи, оказывающей определяющее влияние на процессы смесеобразования и сгорания.

Удовлетворение комплекса требований к АПД только за счет увеличения давления впрыска топлива не представляется возможным. Повышение топливной экономичности, обеспечение гибкого регулирования, снижение способности топливо-воздушной смеси к детонации и повышение надежности систем топливоподачи (СТП) требует в процессе впрыскивания и распыливания рациональной организации взаимодействия топливной и воздушной фаз для снижения вероятности образования температурно-концентрационных зон, неравномерного горения, закоксовывания сопловых отверстий и выделения вредных веществ с отработавшими газами.

Таким образом, задача совершенствования организации подачи топлива в авиационных поршневых двигателях, с целью повышения экономических и экологических показателей является актуальной. Основным элементом системы топливоподачи АПД, осуществляющим распыливание топлива, является форсунка.

Объектом исследования являются элементы системы топливоподачи непосредственного впрыска АПД.

Цель работы – исследование и разработка электрогидравлической форсунки системы топливоподачи поршневого двигателя, обеспечивающей требуемое качество распыливания за счет регулирования геометрических параметров проточной части распылителя.

Задачи работы. Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить решение следующих задач:

1. Провести анализ конструктивных схем систем топливоподачи и узлов распыливания современных поршневых двигателей.
2. Разработать модель распылителя и конструкцию электрогидравлической форсунки.
3. Исследовать параметры распыливания расчетно-аналитическим методом, установить влияние геометрии запорного элемента на характер истечения топлива.
4. Провести стендовые испытания распылителей форсунок поршневых двигателей для оценки эффективности предложенных мероприятий по модернизации СТП.
5. Разработать систему топливоподачи ПД, реализующую предложенный метод дозирования топлива.

6. Оценить влияние предложенного способа топливоподачи на экономичность АПД.
7. Разработать рекомендации по подбору параметров штифтовых распылителей с целью применения их на АПД.

Методы исследования. В основе проведенной работы лежат теоретические и экспериментальные исследования, базирующиеся на основных положениях механики жидкости и газа, теории рабочих процессов поршневых ДВС с использованием современных программных продуктов.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обеспечена применением апробированных методов теоретического анализа, соответствием полученных экспериментальных и расчетных данных основным положениям динамики жидкости и газов, использованием сертифицированного оборудования при проведении стендовых и моторных испытаний, а также достаточно точным соответствием результатов численного и натурального экспериментов.

Научная новизна исследований состоит в том, что:

- Установлен характер влияния формы канала распыливающего отверстия на параметры истечения топлива.
- Доказана целесообразность и перспективность использования регулируемого импульсного воздействия на запорный орган в процессе впрыскивания топлива штифтовыми форсунками для повышения качества смесеобразования.
- Получены расчетные зависимости, позволяющие оценить влияние геометрических параметров канала на дисперсность распыливания топлива.
- Предложен метод выбора геометрических параметров распылителя в зависимости мощности от двигателя и цикловой подачи топлива.

На защиту выносятся:

- Способ регулирования цикловой подачи топлива за счет управления ходом иглы распылителя с целью изменения проходного сечения распылителя форсунки ;
- Возможности использования импульсного воздействия на запорный элемент форсунки для повышения качества распыливания;
- Результаты численного моделирования процесса впрыскивания;
- Результаты стендовых и моторных испытаний форсунки и системы питания поршневого двигателя;
- Рекомендации по применению штифтовых форсунок в системах топливоподачи авиационных поршневых двигателей, работающих на углеводородных топливах;

Практическая ценность:

- Предложенный метод применен при проектировании конструкции распылителя форсунки;
- Разработаны конструкции форсунки и системы топливоподачи АПД, реализующие предлагаемые способы дозирования и распыливания топлива;
- Применение распылителей форсунки в составе опытной системы топливоподачи позволяет снизить эффективный расход топлива в режимах частичной и малой нагрузки на 2,5 – 4% без ухудшения показателей дымности отработавших газов, что позволяет уменьшить массу двигательной установки ЛА и увеличить дальность полетов;

- Применение импульсного воздействия на иглу распылителя при открытии обеспечивает продолжительность впрыскивания менее 0,5 мс, что позволяет организовывать непосредственное впрыскивание различных видов жидкого топлива в поршневых двигателях с номинальной частотой вращения коленчатого вала до 9000 мин⁻¹;

Апробация работы: Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры Авиационные двигатели ГОУ ВПО «РГАТА имени П.А. Соловьёва» (Рыбинск), научно-технических конференциях и семинарах, в том числе: международных форумах «Актуальные проблемы современной науки», Самара 2005-2007 гг.; международном научно-техническом семинаре «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС» ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций», 2006, 2007 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Развитие транспорта в регионах России: проблемы и перспективы» филиала ГОУ ВПО МГИУ, г.Киров, 2007 г.; научно-практической конференции «Роль образования и науки в региональном развитии» ТФ ГОУ ВПО «РГАТА им. П.А. Соловьёва», 2008 г.; областной научно-практической конференции «Ярославский край. Наше общество в третьем тысячелетии», Ярославль, 2008 г.; научно-технической конференции «4-е Луканинские чтения. Решение энергоэкологических проблем в автотранспортном комплексе» МАДИ (ГТУ), 2009 г.; Всероссийской научно-технической конференции «Развитие двигателестроения в России, Санкт-Петербург, 2009.

Реализация работы. Разработанный в диссертации способ совершенствования распыливания топлива штифтовыми форсунками в поршневых двигателях реализован в научно-исследовательской работе, выполненной по заявке ОАО ГМЗ «АГАТ».

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 10 статьях, в том числе в 3-х, рекомендованных ВАК изданиях.

Структура и объём работы. Диссертация включает в себя: введение, четыре главы, заключение, приложения, список литературы. Содержит 149 страниц основного текста, в том числе: 44 рисунка и диаграмм, 22 таблицы, список использованных источников из 112 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, обозначены основные направления развития авиационных поршневых двигателей. Систематизированы требования, предъявляемые к современным двигателям летательных аппаратов, определяющие актуальность развития АПД, показана необходимость модернизации СТП поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС).

В первой главе представлен анализ современных АПД мировых производителей. Приведены сравнительные параметры бензиновых и дизельных двигателей БПЛА и легкомоторных самолетов. В результате анализа выявлено, что актуальной является задача снижения расхода топлива при сохранении уровня мощности и массогабаритных характеристик, выполнение современных нормативов по дымности и токсичности отработавших газов и уровню шума. Показано, что достижение высокой мощности поршневого двигателя, работающего

на винт, при низкой удельной массе осуществляется при высоком уровне частоты вращения коленчатого вала. Высокая частота вращения коленчатого вала приводит к сложности организации непосредственного впрыскивания топлива в цилиндр двигателя, позволяющего достигать значительного снижения удельного эффективного расхода топлива по сравнению с двигателями оборудованными системами внешнего и предкамерного смесеобразования.

Проведен сравнительный анализ систем топливоподачи поршневых двигателей, который показал, что фирмы-производители находятся в активном поиске технических решений по организации системы питания поршневых двигателей с целью выполнения современных норм. Наибольшие успехи в совершенствовании СТП получены в транспортных дизелях автомобильного назначения. В главе рассмотрены современные системы топливоподачи с рядными ТНВД, индивидуальными насосами, перспективные системы DDEC (Detroit Diesel Electronic Control), MEUI (Mechanical Electronic Unit Injection) и HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection), внедряемые американскими фирмами Detroit diesel и Caterpillar. Также представлен принцип работы аккумуляторных систем, использованной при испытаниях опытного двигателя. Приведена оценка возможности адаптации описанных систем к АПД.

Проведен анализ процессов смесеобразования и сгорания, рассмотрены перспективные модели законов подачи топлива, представленные в работах Российских специалистов МГТУ им. Н.Э.Баумана и НАМИ, а также работах фирмы AVL List GmbH (Австрия).

Системы топливоподачи ПДВС систематизированы по узлам создания давления, дозирования, впрыскивания и распыливания. Установлено, что модернизация СТП проводилась по узлам создания давления (среднее давление впрыскивания с 1980 года выросло в 1,8 – 2,2 раза) и узлам дозирования (за счет применения электронного управления), а реализация впрыскивания и распыливания осуществляется сопловым распылителем с запорной иглой, конструкция которого осталась неизменной (*табл. 1*).

На основании анализа элементов СТП выявлена модель перспективной системы топливоподачи непосредственного впрыска для ПЛВС. Показана целесообразность и перспективность модернизации форсунок, а именно их распылителей.

Основное влияние на дисперсность распыливания, дальнобойность струи топлива оказывают давление впрыскивания и эффективное проходное сечение распылителя, что позволяет обеспечить совершенствование процесса впрыскивания и распыливания топлива путем подбора геометрических параметров распылителей.

Для достижения требуемого качества смесеобразования необходим комплексный подход к подбору геометрических параметров распылителей, формы камеры сгорания, давления впрыскивания и профиля отверстий распылителя.

Проведенный анализ показывает, что дальнейшее увеличение уровня давления впрыскивания не дает существенного улучшения качества смесеобразования. Актуальной является задача создания новых конструкций форсунок, обеспечивающих высокое качество распыливания топлива за счет регулирования соотношения эффективного проходного сечения распылителя и перепада давления в форсунке.

Систематизация систем топливоподачи

Наименование системы	Узел создания давления	Узел дозирования	Узел впрыскивания	Узел распыливания
Раздельная (рядный или V-обр. ТНВД + форсунка)	Плунжерная пара ТНВД	Плунжерная пара ТНВД	Сопловой с запорной иглой	Сопло, дросселирующая игла
Насос-форсунки	Плунжер, максимально приближенный к форсунке	Электромагнитный клапан	Сопловой с запорной иглой	Сопло, дросселирующая игла
Common Rail	Аксиальный насос, поддерживающий давление в аккумуляторе	Электромагнитный клапан	Сопловой с запорной иглой	Сопло, дросселирующая игла
Перспективная система	Подкачивающий насос, создание давления в зоне запорного элемента распылителя форсунки	Электромагнитный клапан, влияющий непосредственно на время и величину открытия распылителя	Сопловой канал	Сопловой канал

Вторая глава посвящена выбору конструктивной схемы распылителя и расчетно-аналитическому исследованию параметров истечения топлива.

В основе конструкции нового распылителя лежит реализация регулирования цикловой подачи топлива путем изменения эффективного проходного сечения за счет управления ходом иглы распылителя при постоянном давлении впрыска на всех эксплуатационных режимах двигателя с целью обеспечения высокой дисперсности распыливания топлива.

Предложено осуществлять впрыскивание через канал кольцевого сечения. Таким образом, реализуется впрыск бесконечным числом струй топлива. Регулирование цикловой подачи обеспечивается изменением внутреннего диаметра окружности распыливающего канала в зависимости от режима работы двигателя, наружный диаметр канала при этом остается неизменным.

В работе получены зависимости для расчета площади кольцевого проходного сечения F и наружного диаметра d_2 в зависимости от параметров работы двигателя.

$$F = 9,4 \cdot 10^{-7} \frac{g_e \cdot N_e}{z \cdot n \cdot \sqrt{\rho(p_g - p_c)}}, \quad (1.1.)$$

$$d_2 = \sqrt{d_1^2 - \frac{4A}{30 \cdot \pi \mu} \cdot \rho \frac{V_m}{\sqrt{\rho(p_g - p_c)}}}, \quad (1.2.)$$

где g_e – удельный эффективный расход топлива; N_e – эффективная мощность двигателя; z – число цилиндров; n – частота вращения; p_c – давление в камере сгорания в момент впрыска; p_e – давление впрыскивания топлива (в полости распылителя); ρ – плотность топлива.

Подбор значений наружного диаметра d_1 может быть осуществлен с учетом параметров двигателя и величины цикловой подачи. Для этого используется диаграмма, представленная на рис 1.

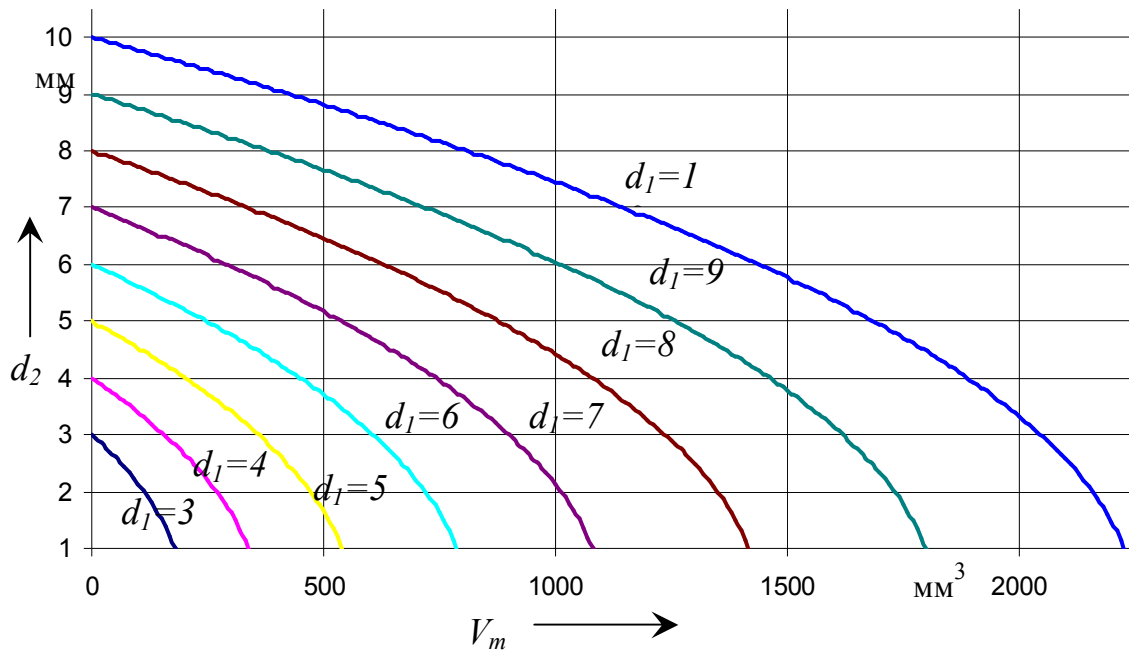


Рис. 1. Изменение диаметра внутренней окружности в зависимости от цикловой подачи топлива при постоянных p_b и p_c .

Выбор конструктивной схемы распылителя осуществлен на основе уравнений энергетического баланса впрыскивания топлива (рис. 2).

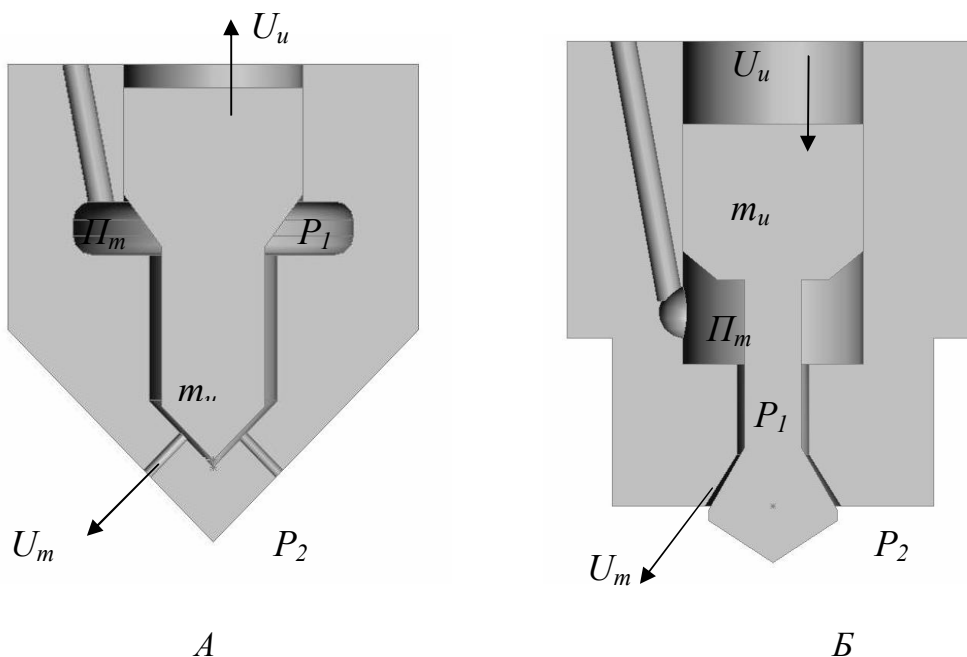


Рис.2. Модель распылителя: а – сопловой, б – итифтовой.

Уравнение энергетического баланса соплового распылителя:

$$E_{ит} = \Pi_m - E_{откр}, \quad (1.3)$$

где $E_{ит}$ - энергия истечения топлива;

Π_m - потенциальная энергия топлива, содержащегося в полости распылителя;

$E_{откр}$ - энергия, необходимая для открытия сопловых отверстий.

Скорость истечения топлива в сопловом распылителе:

$$\frac{q_u U_m^2}{2} = q_p \Delta P - \frac{m_u U_u^2}{2} - E_{нр}$$

$$U_m = \sqrt{\frac{2q_p \Delta P - m_u U_u^2 - E_{нр}}{q_u}} \quad (1.5)$$

Уравнение энергетического баланса штифтового распылителя:

$$E_{ит} = \Pi_m + E_{откр}, \quad (1.4)$$

Скорость истечения топлива в штифтовом распылителе:

$$\frac{q_u U_m^2}{2} = q_p \Delta P + \frac{m_u U_u^2}{2}$$

$$U_m = \sqrt{\frac{2q_p \Delta P + m_u U_u^2}{q_u}} \quad (1.6)$$

Исследование параметров истечения топлива в распылителе новой конструкции (рис 3) проведено расчетно-аналитическим методом.

Эпюры скоростей потока распыленного топлива были построены с применением численного моделирования. Для численного эксперимента были использованы объемные модели (рис. 4).

По определенным в ходе численного моделирования скоростям расчетным методом была определена дисперсность распыливания топлива каждым распылителем (рис. 4).

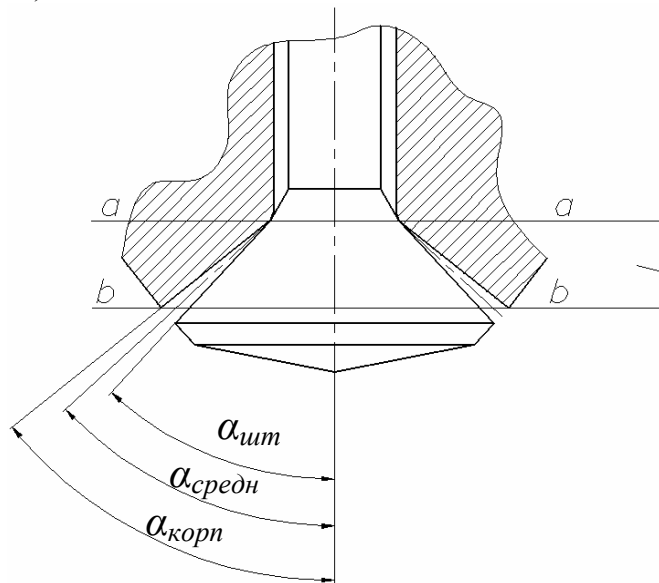


Рис.3. Расчетная схема распылителя

В работе диаметр каплей распыленного топлива определялся по методике, предложенной МАДИ ТУ с использованием критериев W_e и L_p .

$$d_{30i} = 1600 \cdot (W_e)^{-0,26} \cdot (L_p)^{-0,082}, \quad (1.7)$$

где W_e - критерий Вебера; L_p - критерий Лапласа.

Результаты численного моделирования позволяют сделать вывод: представленная конструкция распылителя способна обеспечивать дисперсность

распыливания топлива, не уступающую существующим конструкциям распылителей. По результатам расчета максимальный диаметр каплей распыленного топлива для распылителей всех типов не превышает 45 мкм. Распылитель с углом $\alpha_{um} = 60^\circ$ показал худшие результаты.

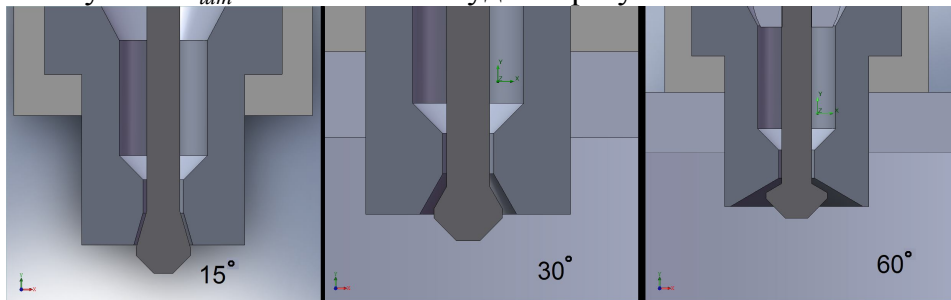


Рис. 4. Объемные модели распылителей.

Скорости истечения в этом распылителе значительно ниже по сравнению с распылителем с углом $\alpha_{um} = 30^\circ$. Максимальное значение скорости 1-го распылителя составляет 320 м/с. При этом у второго распылителя это же значение достигает 440 м/с. (рис. 5) Для распылителя с меньшим углом предпочтительнее более быстрое движение иглы при открытии клапана, т.к. скорость истечения с увеличением хода h_u нарастает (рис. 6). Это обусловлено меньшим отклонением потока топлива при угле $\alpha_{um} = 15^\circ$.

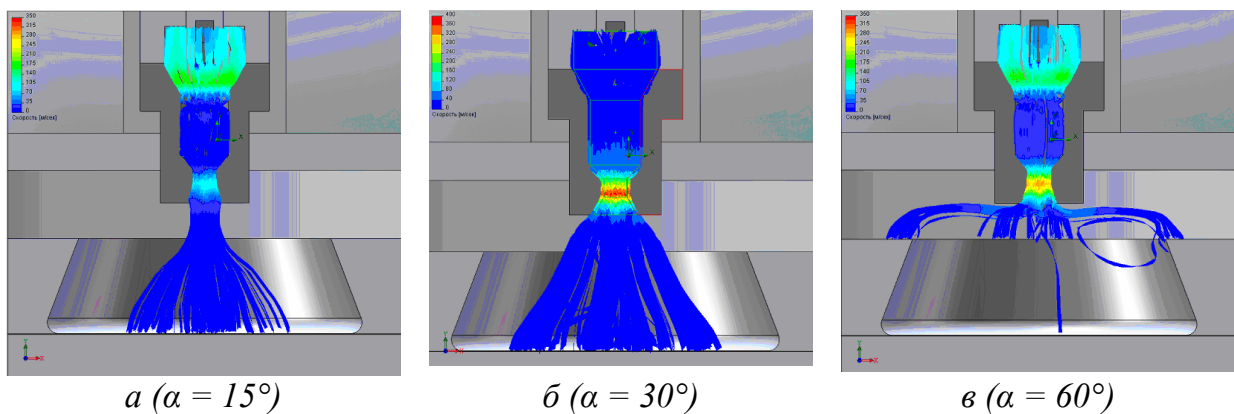


Рис. 5. Поля скоростей потока топлива распылителей.

Таблица 2

Результаты расчетно-аналитического исследования истечения топлива

Угол α_{um}	15°			30°			60°		
	1	5	10	1	5	10	1	5	10
$V_m, \text{м/с}$	110	315	258	440	415	352	445	301	224
$L_p, \text{мм}$	45	12	45	40	42	45	7	11	19
$\gamma, ^\circ$	57	162	18	70	67	61	154	122	103

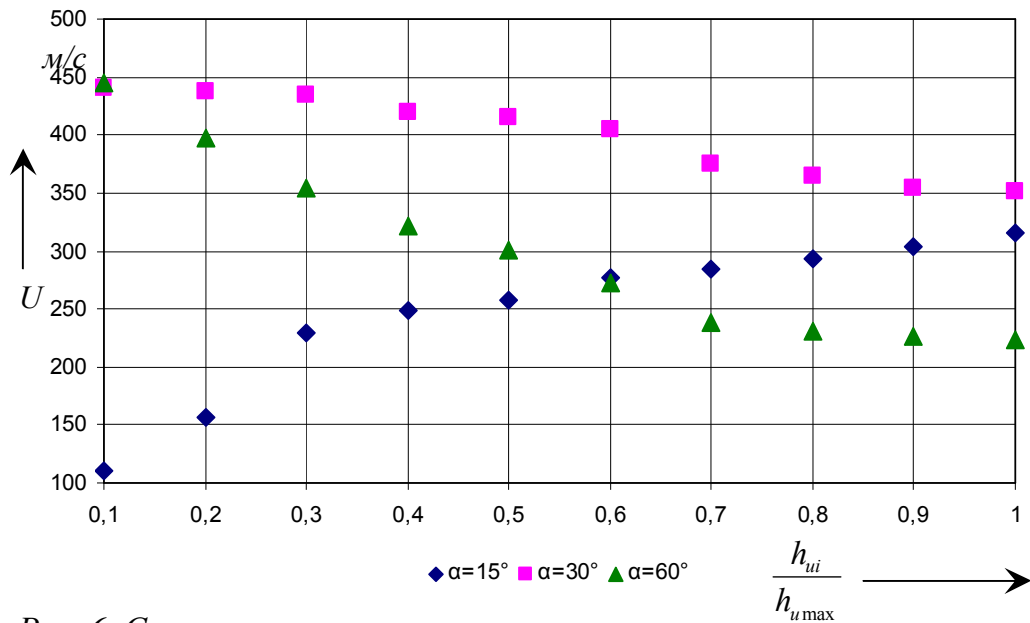


Рис. 6. Скорость истечения топлива в распылителях с различными углами заборного конуса α_{uit} в зависимости от относительного хода иглы распылителя

В распылителе с $\alpha_{uit} = 30^\circ$, напротив, скорость истечения с увеличением хода иглы снижается. Это связано с торможением потока при его отклонении на больший угол. При этом скорость открытия иглы распылителя может быть значительно ниже, а дисперсность распыливания по результатам расчета не превысила 12 мкм (рис. 7). Дальнобойность струи топлива в представленной конструкции позволяет достигать стенок камеры сгорания.

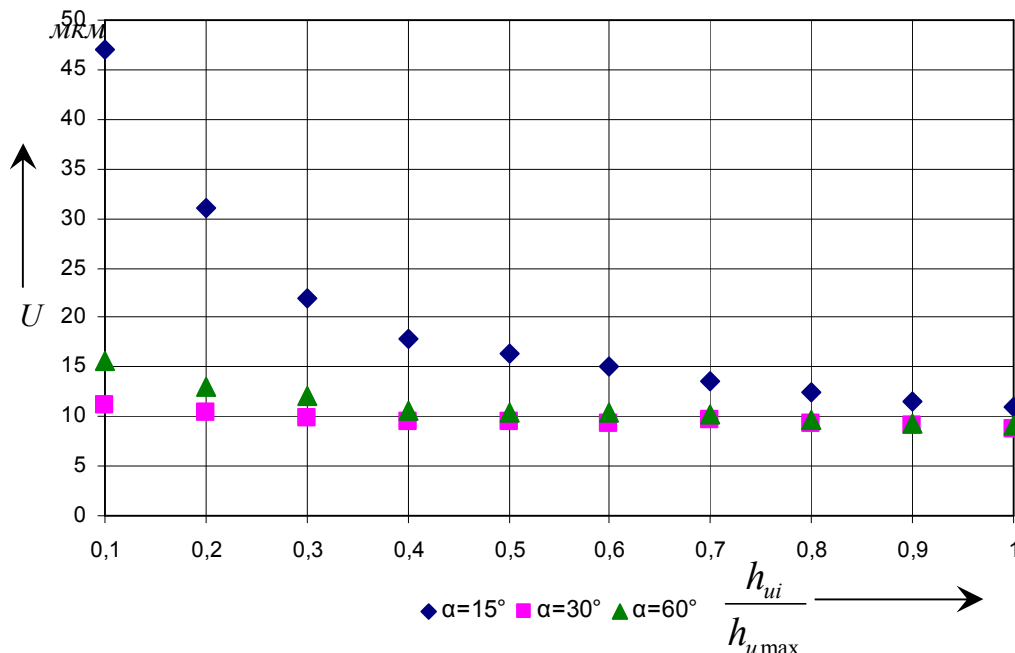


Рис. 7. Изменение диаметра капель распыленного топлива в зависимости от положения иглы распылителя

В результате расчетно-аналитических исследований предложена конструкция импульсной штифтовой форсунки, реализующая способ дозирования топлива изменением проходного сечения распылителя.

В третьей главе представлены результаты стендовых испытаний модернизированной форсунки и моторных испытаний системы топливоподачи с штифтовыми форсунками.

Стендовые испытания проводились на установке, позволяющей осуществлять фотографирование факела распыливания топлива и регистрацию времени впрыска.

В ходе стендовых испытаний установлено, что штифтовые распылители в составе импульсной форсунки работоспособны. Форма факела распыливания и его дальность соответствуют полученным в результате численного эксперимента (рис. 8).

В ходе лабораторных исследований проведено осциллографирование процесса впрыскивания, которое показало, что наибольшая продолжительность управляющего сигнала, подаваемого на электромагнит форсунки двигателя, для заданной цикловой подачи топлива 4Ч7,6/8,4 составляет 0,7 мс. При исследовании производилось единичное впрыскивание дизельного топлива при давлении перед форсункой равном 80 МПа и продолжительности импульса электромагнита, рассчитанного для номинального режима работы дизеля.

Моторные испытания проводились на двигателе 4Ч7,6/8,4 при работе по нагрузочной характеристике. Проводилось сравнение показателей работы двигателя при использовании штатной и модернизированной СТП.

Результаты испытаний представлены на рис. 9 и 10.

В результате моторных испытаний получено снижение удельного эффективного расхода топлива на режимах малой и средней нагрузки на 2,6 – 4 % без ухудшения дымности отработавших газов.



Рис.8. Распыл топлива штифтовой форсункой при давлении 80 МПа.

В четвертой главе представлены рекомендации по применению модернизированной форсунки в современных системах топливоподачи. В том числе представлена конструкция системы следящего типа, в состав которой включен насос с регулируемой производительностью.

Системы топливоподачи аккумуляторного типа (рис. 11) включает в себя насос высокого давления, нагнетающий топливо в общий трубопровод для всех форсунок – аккумулятор. Впрыскивание осуществляется электрогидравлическими форсунками, предложенными в работе, срабатывающими по сигналу электронного блока управления.

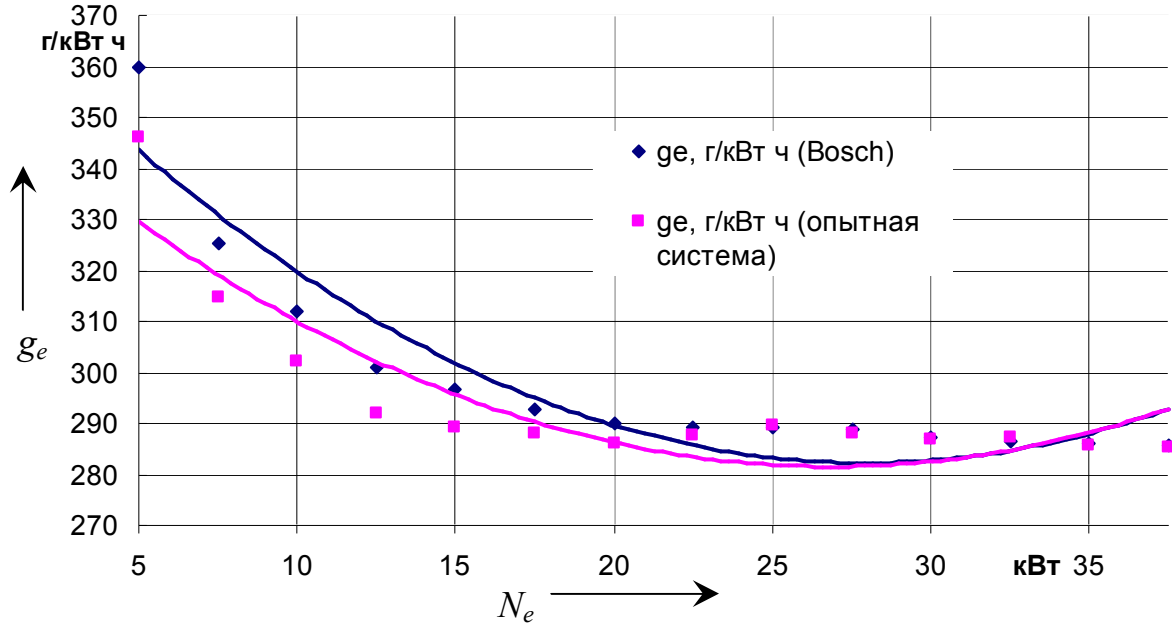


Рис.9. Влияние модернизации форсунки на удельный эффективный расход топлива

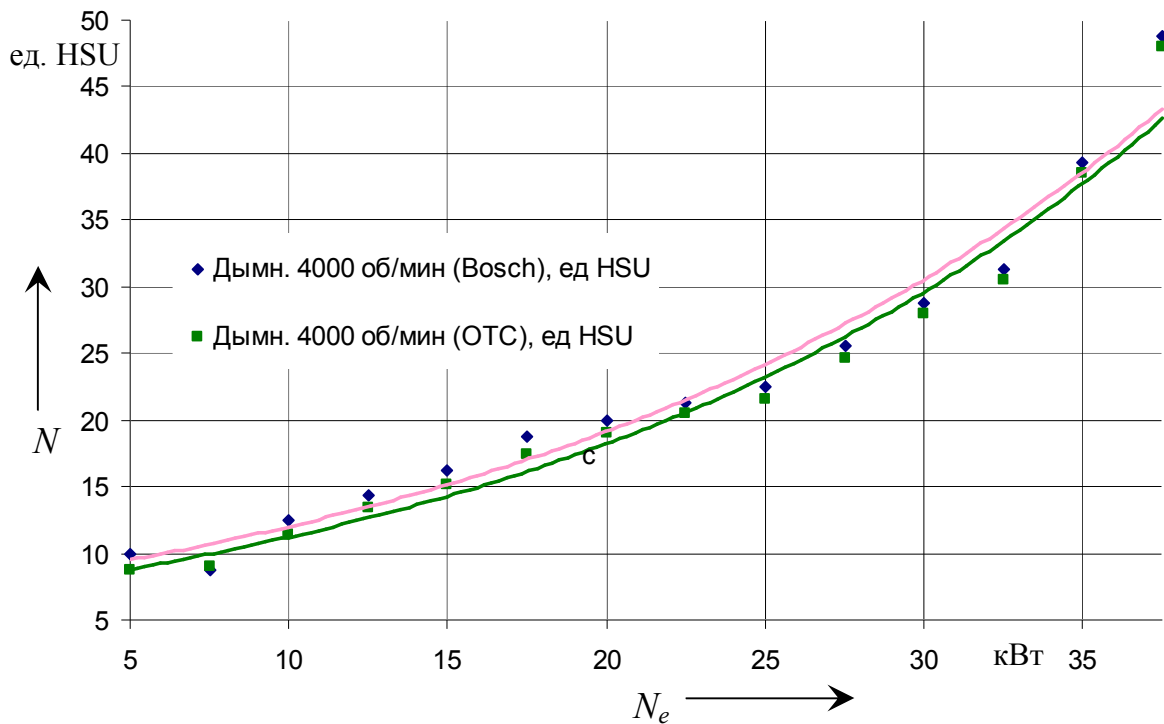


Рис. 10. Влияние модернизации форсунки на дымность отработавших газов

В заключительном параграфе четвертой главы проведен расчет размеров штифтового распылителя для высокооборотного авиационного дизеля Airco 3200, имеющий мощность 220 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2700 мин^{-1} и предназначенный для легких и беспилотных ЛА.

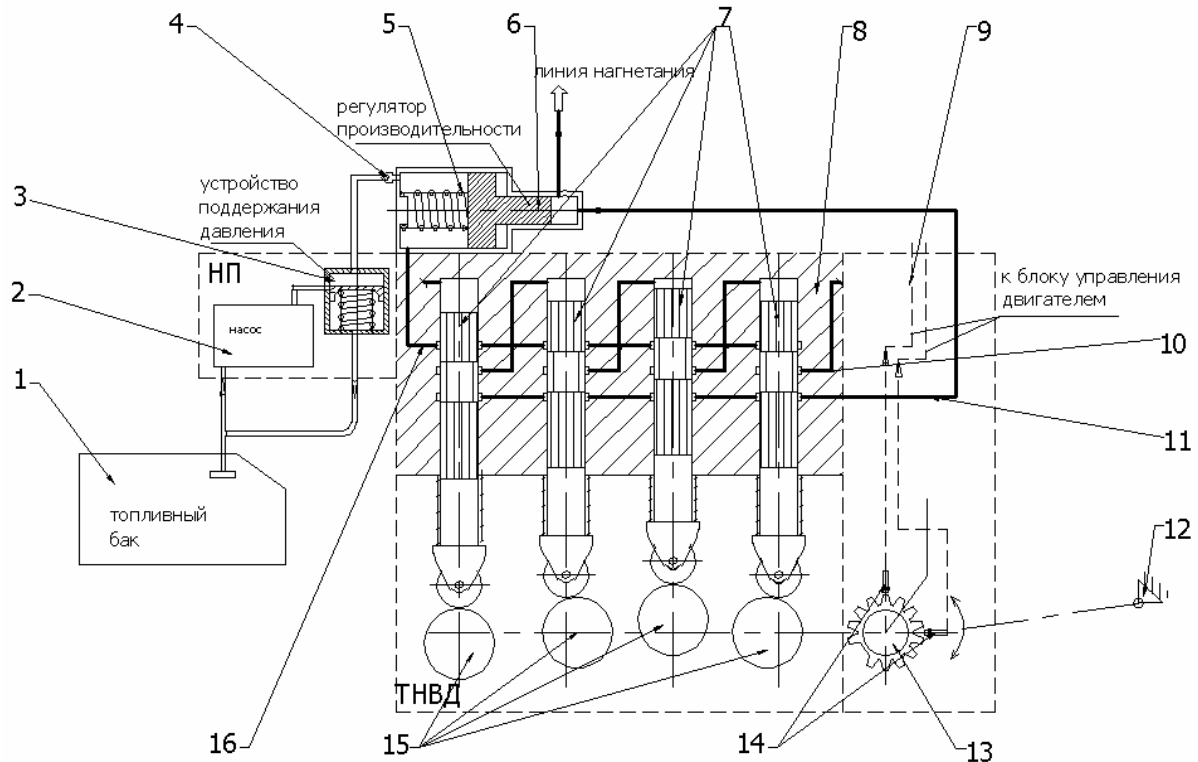


Рис. 11. Насос с регулируемой производительностью

1 – топливный бак; 2 – насос подкачки; 3 – перепускной клапан; 4 – обратный клапан; 5 – пружина регулятора; 6 – золотник регулятора; 7 – плунжеры; 8 – корпус; 9 – управление ЭБУ; 10 – трубопровод управления; 11 – линия нагнетания; 12 – управление подачей; 13 – шестерня; 14 – датчик; 15 – кулачки; 16 – линия впуска.

Построены диаграммы зависимости диаметра внутренней окружности распыливающего канала от цикловой подачи топлива.

Определен оптимальный диаметр штифта 3 мм с максимальным ходом иглы 0,6мм.

Основные результаты исследования и выводы

1. На легких летательных аппаратах целесообразно применение поршневых двигателей, т.к. они обладают преимуществами по удельному расходу топлива и стоимости по сравнению с газотурбинными.
2. На основании анализа требований, предъявляемых к современным и перспективным авиационным ДВС и существующим системам топливоподачи, установлено, что модернизация узла распыливания является перспективным направлением совершенствования топливоподачи дизелей.
3. Особенности конструкции штифтовых распылителей позволяют реализовать регулирование топливоподачи за счет изменения площади проходного сечения распылителя, используя при этом регулируемое импульсное воздействие на запорный орган распылителя.

4. Расчетно-аналитическое исследование процессов истечения топлива позволило выбрать предпочтительную форму заборного конуса распылителя, определить скорости истечения топлива, форму топливной струи и рассчитать объемный диаметр капель распыленного топлива, который составил 11 - 25 мкм, что не уступает дисперсности распыливания существующими форсунками.
5. Получена зависимость, позволяющая определять геометрические характеристики распылителя в зависимости от мощности двигателя и частоты вращения коленчатого вала.
6. Изготовлены опытные образцы модернизированных форсунок, лабораторные исследования которых в основном подтвердили результаты численного моделирования истечения топлива.
7. Предложена схема системы топливоподачи, в которой реализуется управление цикловой подачей топлива за счет управления ходом иглы распылителя штифтового типа.
8. Изготовлены опытные образцы элементов модернизированной системы топливоподачи. Проведены моторные испытания системы на двигателе 4Ч 7,6/8,4, которые показали:
 - совершенствование распыливания топлива за счет модернизации распылителя штифтовой форсунки снижает удельный эффективный расход топлива на 2,5-4 %;
 - повышение дисперсности распыливания и изменение закона топливоподачи приводят к снижению содержания в отработавших газах твердых частиц;
 - получение более существенного уменьшения расхода топлива и дымности отработавших газов возможно при более тонкой настройке топливной аппаратуры: подбора алгоритма управления электромагнитом в зависимости от цикловой подачи топлива, подбора геометрических параметров распылителя, размера внутренней полости форсунки и т.д.
9. Даны рекомендации по возможному использованию модернизированной системы топливоподачи на существующих и перспективных ДВС.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. **Корытов С.В.** Совершенствование гидродинамических параметров систем топливоподачи ДВС [Текст]. / С.В. Корытов, В.А. Жуков // Труды второго международного форума (седьмой международной конференции). – Самара, 2006. – с. 28.
2. **Жуков В.А.** Перспективы совершенствования аккумуляторных систем топливоподачи дизелей [Текст]. / В.А. Жуков, С.В. Корытов // Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: Труды международного научно-технического семинара. – СПб.: СПбГУВК, 2006. – с. 76.
3. **Корытов С.В.** Способ модернизации аккумуляторной системы топливоподачи автомобильного двигателя [Текст]. / С.В. Корытов, В.А. Жуков // Развитие транспорта в регионах России: проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Киров, 2007. – с. 34.
4. **Корытов С.В.** Модернизация системы топливоподачи и исследования процесса смесеобразования при повышении энергетики впрыска топлива [Текст]. / С.В. Корытов, А.Н. Кузин // Сборник материалов IX областной научно-

практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых вузов. – Ярославль, 2008. – с. 108.

5. **Жуков В.А.** Система управления топливopодачей дизеля [Текст]. / В.А. Жуков, С.В. Корытов // Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: труды II-го Международного научно-технического семинара. - СПб.: СПбГУВК, 2008. – с. 121-125.

6. **Корытов С.В.** Модернизация систем транспортных ДВС с целью улучшения их экологических показателей [Текст] / С.В. Корытов, В.А. Жуков, В.А. Фигурин // РГАТА им. П.А. Соловьёва. - Рыбинск, 2008. - 20 с. – Библиогр. 8 назв.; Ил. – Рус. Деп. В ВИНТИ 29.10.08, № 834-В2008.

7. **Корытов С.В.** Способ обеспечения качественного распыливания топлива в дизелях [Текст]. / С.В. Корытов, В.А. Жуков // 4-е Луканинские чтения. Решение энергоэкологических проблем в автотранспортном комплексе: тезисы докладов научно-технической конференции. – М.: ТУ МАДИ, 2009 г. – с.77.

8. **Жуков А.А.** Влияние повышения энергетики впрыска топлива в дизелях на условия работы зубчатых колес привода агрегатов [Текст]. / А.А. Жуков, А.П. Навоев А.П., В.А. Жуков, С.В. Корытов // Вестник машиностроения М.: Машиностроение, 2009. - № 2. - с. 18-22 (издание, рекомендованное ВАК).

9. **Жуков В.А.** Влияние параметров топливopодачи в дизелях на выбор упрочняющей обработки зубчатых колес механизма привода агрегатов [Текст]. / В.А. Жуков, С.В. Корытов, А.П. Навоев // Упрочняющие технологии и покрытия. - М.: машиностроение, 2009. - №5 (издание рекомендованное ВАК).

10. **Корытов С.В.** Модернизация форсунки в целях совершенствования распыливания топлива [Текст]. / С.В. Корытов, В.А. Жуков // Двигателестроение. - 2009. - №2. - с. 57. (издание рекомендованное ВАК).