

1549429

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

Леонов Дмитрий Игоревич

УДК 621.01

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ
С УПРАВЛЯЕМЫМИ ФАЗАМИ ДВИЖЕНИЯ ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ.

Специальность 05.02.18 - теория механизмов и машин
и 05.04.02 - тепловые двигатели.

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель - академик Фролов К.В.

Москва, 1996 г.

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель - академик РАН Фролов К.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Воробьев Е.И.

доктор технических наук, профессор
Ивашенко Н.А.

Ведущая организация - КЭП АМО ЗИЛ

Защита состоится *"27" III* 1996 г. в *14* час. ауд. *Ученого*
на заседании специализированного совета К.053.15.11 *Совета*
в Московском государственном техническом университете им.
Н.Э.Баумана по адресу: 107005 Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных
печатью учреждения, просим направлять по адресу:
107005 Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, МГТУ им. Н.Э.Баумана,
ученому секретарю диссертационного Совета К.053.15.11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им.
Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан *"25" февраля* 1996 г.

Ученый секретарь специализированного совета
кандидат технических наук, доцент

Попов П.К.

Тип. МГТУ

Тираж 100 экз. Объем 1 п.л. Зак. 22
Подписано в печать 31.01.96г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. В связи с растущим топливно-энергетическим кризисом и значительным ухудшением экологической обстановки к выпускающимся транспортным двигателям предъявляются все более жесткие экономические и экологические требования. Дальнейшее развитие Российской промышленности требует глубокой модернизации используемых в ДВС механизмов для создания конкурентноспособных высокoeкономичных экологически чистых машин.

15419429
Таким высоким требованиям наиболее полно удовлетворяют четырехтактные дизели с турбонаддувом, в которых газозная турбина использует энергию отработавших газов (ОГ) для предварительного сжатия в центробежном компрессоре подаваемого в цилиндры воздуха. Однако, на пути их применения в транспортных машинах встречаются значительные трудности, связанные с работой двигателя на основных эксплуатационных режимах - неустановившихся и частичной мощности. Например, уменьшение давления впрыскивания топлива на низких скоростных режимах приводит к ухудшению его распыливания и сгорания. Это повышает содержание сажи в ОГ, что препятствует применению нейтрализаторов, удаляющих остальные токсические продукты.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что значительные резервы улучшения топливной экономичности и экологических характеристик работы дизеля на частичных режимах находятся на пути организации регулирования производимой в цилиндро-поршневой части энергии импульсами, согласованными по фазе и амплитуде с потребностями рабочего процесса в каждом цикле дизеля, а уменьшение содержания сажи обеспечивается стабилизацией давления впрыскивания топлива в цилиндр.

В последние годы значительное внимание уделяется совершенствованию кулачковых механизмов, предназначенных для согласования работы элементов дизеля - системы газораспределения и топливного насоса высокого давления (ТНВД). К сожалению, вопрос целесообразности управления дизелем воздействием на изменение фаз движения этих кулачковых механизмов еще недостаточно проработан, поэтому и ставится задача теоретической и экспериментальной оценки эффективности таких воздействий. Влияние на протекание рабочего процесса в цилиндре двигателя значительно-

1

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1549729

Леонов Д.И. Проектирование

МГТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

го числа факторов делает перспективным управление системой кулачковых механизмов газораспределения и ТНВД от микропроцессора, чтобы превратить ДВС в многопараметрический объект оптимального управления. Для этого необходимо провести структурный синтез и опытное проектирование кулачковых механизмов с управляемыми фазами движения (КМУФД), обладающих незначительными усилиями по управлению и возможностью регулирования процессами воздухообмена и топливоподачи в каждом рабочем цикле.

Проблема профилирования кулачков с учетом требований процессов газообмена, кинематики и динамики привода, прочности деталей достаточно хорошо изучена, однако, необходимо разработать методику расчета новых КМУФД. В целях принятия оптимальных решений на ранних стадиях проектирования механизмов выполненная диссертационная работа направлена на решение методами ТМ описанной выше актуальной задачи двигателестроения, предусматривающей выполнение большого объема теоретических, расчетных и экспериментальных исследований.

Цели диссертационной работы:

1. Анализ существующих направлений регулирования воздухообмена дизеля и предложение новых способов.
2. Классификация кулачковых механизмов дизелей и выявление перспективного направления их структурного синтеза.
3. Структурный синтез КМУФД топливных насосов, обеспечивающих автономность дозирования и фазирования топливоподачи.
4. Структурный синтез КМУФД газораспределения с возможностью импульсного регулирования воздухоподачи.
5. Разработка теоретических основ расчета кулачков КМУФД топливных насосов со стабилизацией давления впрыскивания.
6. Разработка методики расчета КМУФД газораспределения.
7. Создание рабочих программ параметрического синтеза КМУФД.
8. Проектирование КМУФД и экспериментальное исследование созданного КМУФД дизеля.

Научная новизна заключается в представлении в работе:

1. Нового способа импульсного регулирования воздухообмена дизеля с турбонаддувом со стабилизацией давления наддува.
2. Новых структурных схем КМУФД газораспределения и ТНВД, приспособленных к управлению от микропроцессора.
3. Теоретических основ метода стабилизации давления впрыски-

вания топлива и обеспечения автономности фазирования и дозирования топливopодачи с помощью нового КМУФД ТНВД.

4. Созданного методического, алгоритмического и программного обеспечения рационального профилирования кулачков новых КМУФД.

Практическая ценность и внедрение результатов работы:

1. Основной объем научных работ, внедрение методики и программ расчета КМУФД было выполнено в рамках кооперационных тем в НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана и ЭКО НАМИ, алгоритмы программ опубликованы в учебных пособиях [1] и [2].

2. В рамках проекта МГТУ - ЭКО НАМИ по разработке малотоннажного двигателя для большегрузного автомобиля завода КАМАЗ, было выполнено опытное проектирование и изготовление нового КМУФД гидравлического привода впускного клапана. Проект занял 3-е место на Всероссийском конкурсе, объявленном НАМИ.

3. В рамках НИОКР в ЭКО НАМИ и МГТУ им. Баумана по заказу Минского тракторного завода и Ногинского завода топливной аппаратуры, разработан и испытан макет КМУФД ТНВД с автономным фазированием и дозированием топливopодачи и стабилизацией давления впрыскивания.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены, обсуждены и одобрены на научно-методических семинарах кафедр МГТУ "Автоматизация тепловых двигателей и энергетических установок", "Тепловые двигатели", "Теория механизмов и машин" и научно-технической конференции, посвященной 165-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы, получено 5 а.с. и патентов Российской Федерации.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, изложенных на 155 машинописных листах, из них 46 графическо-иллюстративных, списка использованных источников из 101 наименования, одного приложения.

Содержание работы.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована общая постановка задачи и выполняемые в диссертационной работе этапы и пути решения сложной научно-технической проблемы.

В первой главе проведен анализ существующих способов улучшения показателей ДВС воздействием на кулачковые механизмы управления воздухо- и топливopодачей и предложен новый способ.

Согласование характеристик турбинной и поршневой частей дизеля с турбонаддувом производится для номинального режима и обеспечивает оптимальное воздушно-топливное соотношение α и давление наддува P_k . При этом на частичных режимах происходит рассогласование, выражающееся в ухудшении экономических, экологических и динамических характеристик дизеля. Наиболее эффективно поддерживать α на оптимальном уровне воздействуя на фазу закрытия впускного клапана: более раннее закрытие вызывает расширение заряда с уменьшением его температуры и давления, более позднее - вытеснение части заряда во впускной патрубок. Это позволяет изменять действительную степень сжатия при неизменной геометрической и дозировать заряд импульсами, согласованными по фазе и амплитуде с потребностями рабочего процесса. Проведенное в МГТУ им. Баумана совершенствование этих циклов позволило стабилизировать P_k перераспределением реализуемой мощности между поршневой и турбинной частями путем увеличения энергии ОГ за счет более раннего открытия выпускного клапана. Обобщены экспериментальные исследования модернизруемого дизеля и разработаны рациональные законы изменения фаз газораспределения в функции режимных параметров.

Рассмотрены процесс впрыскивания топлива и возможность регулирования дизеля воздействием на угол опережения впрыскивания топлива $\varphi_{оп}$ выработанный рациональный закон регулирования $\varphi_{оп}$ по скорости дизеля ω и нагрузке, определяемой положением рейки топливоподачи h_p . Исследование влияния кинематических параметров кулачкового механизма на протекание процесса впрыскивания и их ранжирование позволило сделать обобщение, зависимости давления впрыскивания топлива P_B в виде

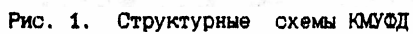
$$P_B = \frac{\partial P_B}{\partial V_T} V_T + P_{ост}, \quad (1)$$

где $\frac{\partial P_B}{\partial V_T}$ - частная производная P_B по скорости V_T плунжера ТНВД, являющегося толкателем кулачкового механизма, $P_{ост}$ - остаточное давление в топливопроводе. Т.е. поддержанием постоянного значения V_T при изменении ω возможно стабилизировать и уменьшить дымность ОГ.

Рассмотрение рабочих процессов дизеля позволило сделать вывод о необходимости одновременного воздействия на подачи топлива и воздуха при изменении режима работы. Интерес к атому

проявляют многочисленные зарубежные фирмы ФРГ ('Вол') и Японии ('Дизель-Кики'), причем их исследовательские проекты весьма близки. Например, ТНВД конструкции "Diesel-Kiki" обеспечивает управление U_{01} и стабилизацию P_B , изменение воздухоподдачи в этом проекте осуществляется с помощью регулирования положения лопаток турбокомпрессора. В России к созданию подобного дизеля приступили в 1987 г. на базе дизеля автомобиля "КАМАЗ". Представленный МГТУ им. Баумана проект и стал победителем конкурса НАМИ на создание экономичного и малотоксичного автомобильного двигателя. В отличие от проекта фирмы "Diesel-Kiki", в проекте МГТУ-НАМИ был применен предложенный импульсный способ регулирования воздухопосаждения.

Во второй главе проведен анализ отечественных и зарубежных работ по совершенствованию кулачковых механизмов, систематизация технических решений и требований к механизмам, что позволило выявить перспективные направления проведения структурного синтеза КМУФД. Классификация механизмов по возможным движениям органов управления фазами движения дозирующего звена выявила 4 альтернативные структурные схемы (рис. 1). Толкатель 3 совершает возвратно-поступательное движение ввиду вращения кулачка 5, а управление фазами подачи рабочего тела осуществляется в схемах "а" и "б" поворотом плунжера, "в" - винтовым движением втулки относительно плунжера, "г" - винтовым движением плунжера, причем конструкции "а", "в", "г" были разработаны в МГТУ, "б" - в Японии. Разработка а.с. на изобретения КМУФД топливо- и воздухоподдачи имела целью обеспечение автономности управления по различным параметрам и снижение сил трения в кинематических парах, определяющих зону нечувствительности, значение управляющих усилий и точность воспроизведения закона управления. Проведенный анализ и согласования с заказчиком показали, что предпочтительными вариантами движений являются вращательные $S_{\text{вп}}$ и структурная схема "а" КМУФД была принята оптимальной как для гидропривода клапанов, так и ТНВД дизеля, как обеспечивающая разделение моментов настройки и работы, т.е. регулирование при пониженных нагрузках на привод на фазе ближнего стояния кулачкового механизма в паузах между открытиями клапанов или впрыскиванием топлива.



Разработанный КМУФД ТНВД (рис. 2) работает следующим образом. Вращение кулачка 5 вызывает периодические подъем и опускание толкателя-плунжера 3. При движении плунжера 3 на величину H_0 вверх кромка перекрывает отверстие 6, давление топлива в полости повышается, клапан открывается, топливо подается в топливопровод и впрыскивается цилиндр. При перемещении рейки 1 плунжер 3 поворачивается вокруг ос., наклонная кромка занимает новое положение относительно отверстия 6, в результате чего изменяется H_0 , и, соответственно, фазовый угол начала впрыскивания φ_{on} . При дальнейшем движении плунжера 3 на величину H_g вверх кромка 1 втулки 4 открывает отверстие 5, топливо получает возможность вытесниться через 7, давление в полости падает, клапан закрывается и впрыскивание топлива прекращается. При перемещении рейки 2 втулка 4 поворачивается вокруг оси, наклонная кромка занимает новое положение относительно отверстия 7, в результате чего изменяется H_g , и, соответственно, момент прекращения впрыскивания. При равных углах наклона β винтовых линий кромок при повороте плунжера 3 вокруг оси приращения H_0 и H_g равны, т.е.

$$H_0 - H_g = const \quad (2)$$

и изменение момента начала впрыскивания φ_{on} не вызывает изменения величины топливоподачи, что подтверждает автономность контуров регулирования топливоподачи и φ_{on} и позволяет упростить алгоритм управления и повысить надежность регуляторов.

Аналогичную структуру имеют КМУФД газораспределения, при их совершенствовании были использованы основные преимущества традиционного привода - простота и надежность управления с помощью кулачкового вала. Перспективные модели были созданы путем наделения новыми свойствами конструкции широко распространенных гидрокompенсаторов температурных зазоров в кинематической цепи привода. Новые свойства механизмов заключались в расширении диапазона перемещений ведущих звеньев при меньшем необходимом диапазоне движения ведомых, в результате чего появилась возможность легко менять начало и конец движения последних, т.е. изменять фазы закрытия и открытия и максимальное перемещение клапанов. Применение управляемого гидропривода позволило увеличить "время-сечение" открытия клапанов за счет повышения скорости их движения при ограниченных динамических

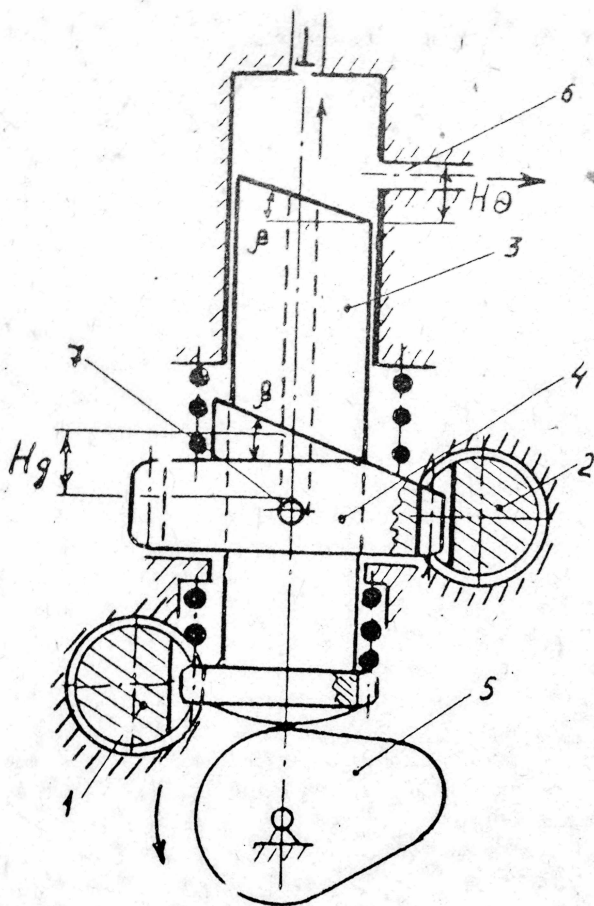


Рис. 2. Кинематическая схема кулачкового механизма ТНВД

нагрузках на привод и уменьшить коррозию деталей цилиндро-поршневой группы ввиду увеличения полостей рабочих цилиндров от выпускной системы на неработающем двигателе.

В третьей главе производится обзор современных методов профилирования кулачков механизмов газораспределения и ТНВД, систематизируется и анализируется комплекс требований к закону движения толкателей новых КМУФД с учетом особенностей рабочих процессов ДВС, характеров нагружения механизмов и различных ограничений, накладываемых на их работу; излагаются методики, математические модели и алгоритмы профилирования кулачков новых КМУФД. Разработка новых подходов к профилированию была необходима ввиду того, что существующие методики не предполагали изменения фаз движения рабочих органов.

До сих пор окончательно не решен вопрос о профиле кулачка ТНВД, обеспечивающем стабилизацию давления впрыскивания топлива P_B по скорости ω при повышении P_B до 100 МПа при ограничениях по напряжениям в высшей кинематической паре. Проведенное имитационное моделирование работы КМУФД ТНВД методом заменяющих плоских рычажных механизмов позволило теоретически исследовать напряженное состояние и разделить влияние закона движения толкателя на динамические нагрузки и на геометрический приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей.

Рассмотрены теоретические основы предложенного в МГТУ им. Баумана метода стабилизации давления впрыскивания топлива P_B , осуществимом на разработанном КМУФД ТНВД с автономным дозированием и фазированием топливоподдачи и заключающемся в поддержании постоянной скорости толкателя V_T . Т.к.

$$V_{оп} = \tau_{оп} \omega = 2\tau_{оп} \omega_{кул} \quad (3)$$

$$V_T = \frac{dS_T}{dt} = \frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} \frac{d\varphi_{кул}}{dt} = \frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} \omega_{кул} \quad (4)$$

где $\tau_{оп}$ - временная задержка впрыскивания топлива; S_T - перемещение толкателя; $\omega_{кул}$, $\varphi_{кул}$ - угловая скорость и угол поворота кулачкового вала, отсчитываемого от ВМТ. Т.к. угол опережения впрыскивания топлива $\varphi_{оп}$ отсчитывают по углу поворота коленчатого вала от ВМТ в противоположную от $\varphi_{кул}$ сторону, с учетом передаточного отношения между кулачковым и коленчатым валами $\varphi_{оп} = -2\varphi_{кул}$. Давление впрыскивания топлива P_B

было представлено в зависимости от геометрических параметров профиля кулачка в функции угловой координаты контактной точки

$$P_B = - \frac{\partial P_B}{\partial V_T} \cdot \frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} \cdot \frac{\varphi_{кул}}{\tau_{оп}} \quad (5)$$

Благодаря способности разработанных ТНВД при изменении ω реализовать переход на новый участок профиля, была получена возможность обеспечения постоянного значения скорости толкателя V_T в начале активного участка и, соответственно, стабилизировать P_B на уровне номинального $P_{Bном}$ путем задания аналога скорости толкателя $\frac{dS_T}{d\varphi_{кул}}$ выражением

$$\frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} = - \frac{P_{Bном}}{\frac{\partial P_B}{\partial V_T}} \cdot \frac{\tau_{оп}}{\varphi_{кул}} \quad (6)$$

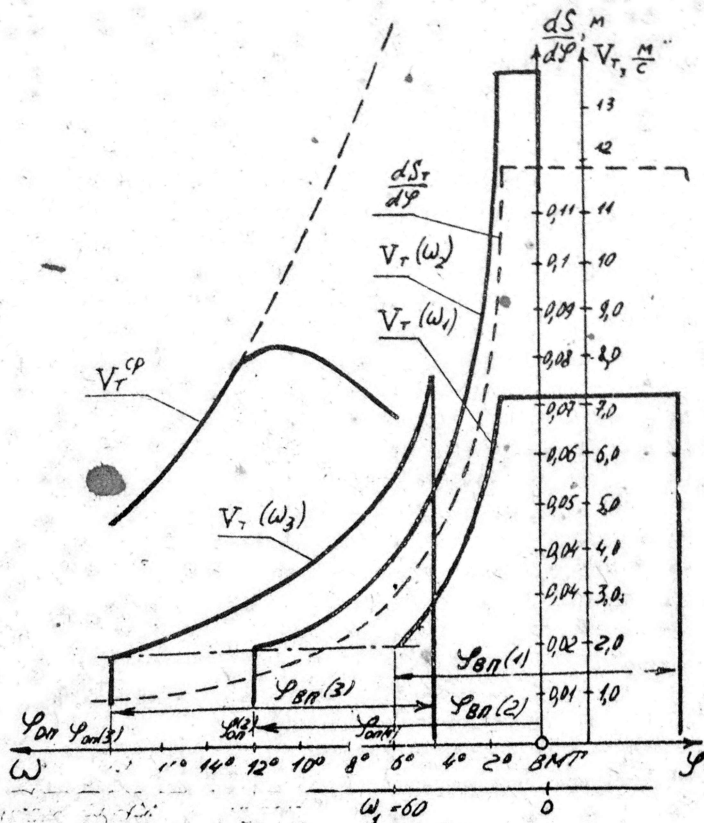
Последнее выражение могло быть проинтегрировано численными методами, однако, ввиду недостатка экспериментальных зависимостей $\frac{\partial P_B}{\partial V_T}$ и $\tau_{оп}$ реального двигателя до ω и другим режимным параметрам (R_k , α , k_p и т.д.) моделирование было проведено при допущении, что $\tau_{оп} = \text{const}$, $\frac{\partial P_B}{\partial V_T} = \frac{P_{Bном}}{[V_T]}$, где $[V_T]$ - максимально допустимая скорость толкателя, т.е.

$$\frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} = - \frac{\tau_{оп} [V_T]}{\varphi_{кул}} = - \frac{[V_T]}{\omega_{кул}} = - \frac{2[V_T]}{\omega_{ном}} \quad (7)$$

Искомый закон движения толкателя представляет общее решение интеграла от выражения (7)

$$S_T(\varphi) = - \tau_{оп}[V_T] \ln \varphi_{кул} + \tau_0, \quad (8)$$

где τ_0 - начальный радиус кулачка. Моделирование показало, что использование такой зависимости справедливо только для пренебрежительно малых значений угловой продолжительности впрыскивания топлива φ_B . Учет конечной φ_B , определяемой требованиями процесса сгорания, привел бы к недопустимому увеличению V_T в конце активного участка на номинальном скоростном режиме в 3.5 раза, на режиме максимального крутящего момента в 7 раз. Этих недостатков удалось избежать введением ограничения $\frac{dS_T}{d\varphi_{кул}} = \text{const}$ на активном участке профиля вблизи ВМГ. Дальнейшее исследование (рис. 3) показало, что это ограничение не сказалось на скорости толкателя V_T в начале активного участка, что наибольшее среднее на активном участке значение $V_{Tср}$ при изменении ω совпадает с режимом максимального крутящего момента, т.е. наиболее тяжелый режим работы



математические параметры КМУД ТНВД

дизеля происходит при улучшенных условиях макрообразования горючей смеси. Т.о. давление топлива в начале геометрического впрыскивания не зависит от скоростного режима работы дизеля, что положительно сказывается на снижении дымности ОГ и служит подтверждением правильности полученной методики. Из традиционных кулачков, применяемых в ТНВД, с погрешностью 8% разработанному кулачку удовлетворяет тангенциальный.

Анализ методик профилирования кулачков механизмов газораспределения показал, что наиболее распространенными являются методы Д. Курца, 'Полидайн', 'Гисдайн', а их совершенствование происходит в направлении увеличения наполнения цилиндров на номинальных режимах работы при ограничениях по механическим нагрузкам на привод. Анализ универсальной методики расчета кулачковых механизмов, разработанной в Институте Машиноведения РАН, показал, что ее использование в новых КМУФД было бы нерациональным по следующим причинам. Во-первых, необходимость учета изменения фаз движения при выборе профиля кулачка заставляет отказаться от выдвигания на первое место требование обеспечения максимального "времени-сечения" открытия клапанов, т.е. в процессе регулирования требуется его уменьшение. Во-вторых, в рассматриваемом КМУФД газораспределения изменение фаз движения клапана связано с управлением геометрическими параметрами гидравлической полости, обеспечиваемым местной подвижностью толкателя, что заставляет уделить особое внимание расчету давления жидкости в этой полости, т.к., оно является внешней нагрузкой для высшей кинематической пары. Поэтому при проектировании КМУФД газораспределения оказалась целесообразной декомпозиция гидромеханической системы в целях разделения рационального профилирования кулачка кулачкового механизма от расчета параметров гидравлической части.

Уменьшение наполнения цилиндра при работе на частичных режимах может быть достигнуто различными комбинациями диапазона изменения фаз и закона движения. При решении этого вопроса на первое место был выдвинут критерий, характеризующий нагрузку в высшей кинематической паре и определяемый геометрией контактирующих звеньев и внешней нагрузкой, а основные ограничения накладывались на следующие параметры: $[V]$ - допустимый угол давления; V_c - гидродинамически эффективная скорость,

определяющая несущую способность масляного клина; B_k - контактные напряжения в высшей паре, P - давление жидкости в надплунжерной полости. Разработанный алгоритм базировался на дискретном описании закона движения, согласно которому рабочий угол разбивался по равноотстоящей сетке и для каждого узла проводилось итерационное формирование профиля при условии выполнения ограничений, в противном случае система логического поиска путей коррекции обеспечивала возврат на требуемый узел.

Рассмотрены математические модели реальных процессов в КМУД газораспределения: кинематическая - рассчитывающая перемещение клапана при пренебрежении вязкостью и сжимаемостью жидкости; газодинамическая - наполнение цилиндра газом; кинетостатическая - силы, действующие на звенья механизма. Динамическая модель представляет систему уравнений, определяющих связь перемещений толкателя КМУД S_r и клапана S_k при работе на различных скоростных режимах, влияние управляющих воздействий на изменение фаз движения клапана, расчет промежуточных параметров гидромеханической системы, таких как давление рабочей жидкости P . При этом численно, с учетом возможности соударений движущихся деталей и образования кавитационных полостей, решалась система плохо обусловленных нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений - непрерывности потока жидкости в гидравлической полости

$$-\frac{V}{E} \frac{dP}{dt} + V_r f_1 - \frac{dS_k}{dt} - (f_{01} + f_{02}) \mu \sqrt{\frac{E}{P}} \frac{P - P_n}{\sqrt{\rho - \rho_n}} = 0 \quad (9)$$

и уравнения движения клапана

$$m_k \frac{d^2 S_k}{dt^2} = U_k P f_2 - C_{np} (S_k + S_{k0}) + U_k F_{тр}, \quad (10)$$

где V - текущее значение объема гидравлической полости; f_1, f_2 - торцевые площади плунжеров; E - модуль упругости жидкости; μ, f_{01}, f_{02} - коэффициент расхода и переменные проходные сечения отсечных окон; U_k - передаточная функция коромыслового механизма; ρ - плотность жидкости; P, P_n - давление жидкости в гидравлической полости и давление питания; m_k - масса клапана и движущихся с ним деталей; $F_{тр}$ - внешние силы трения; C_{np}, S_{k0} - приведенный коэффициент жесткости и начальная деформация клапанных пружин.

Анализ результатов моделирования показал, что изменение угла открытия клапана $\varphi_{от}$ по сравнению с номинальным усиливает динамическое воздействие на звенья привода, это вызвано появлением дополнительного динамического усилия на клапан при возникновении гидравлического удара в момент закрытия отсечного отверстия кромкой ведущего плунжера. Т.е. в момент начала движения клапана имеет начальное значение аналога скорости $\frac{dS}{dt}$. Аналитическое исследование позволило выработать рекомендации по выбору закона движения из условия минимизации динамических нагрузок, заключающиеся в выполнении на участке регулирования фаз ограничения $\frac{d^2S}{dt^2} = 0$, чтобы значение аналога скорости $\frac{dS}{dt}$ было постоянным и при изменении фазы открытия $\varphi_{от}$ в сторону опаздывания не происходило увеличения динамических нагрузок.

Разработанное методическое и программное обеспечение отвечает требованиям к проектирующим подсистемам САПР ДВС и позволило достаточно просто, надежно и точно описать реальные процессы, происходящие в новых КМУФД и рассчитать профили кулачков, и тем самым, сократить затраты на проектирование и дорогостоящую экспериментальную доводку опытных образцов КМУФД газораспределения и ТНВД и реализовать лучшие, по сравнению с традиционными механизмами, эксплуатационные показатели.

В четвертой главе анализируются результаты экспериментальных исследований дизеля с турбонаддувом, оснащенного КМУФД газораспределения и ТНВД. Целью исследований было подтверждение основных теоретических расчетов и выводов о возможности использования КМУФД в двигателестроении с целью повышения топливной экономичности и снижения токсичности и дымности ОГ.

Испытания проводились на одноцилиндровых отсеках размерности "КАМАЗ" (ЧН12/12) и подтвердили перспективность регулирования воздухооборота с помощью КМУФД, применение которых позволило снизить токсичность ОГ на 15-25%, повысить экономичность до 10% в зависимости от режима работы. По проведенной комплексной оценке двух различных методов регулирования воздухооборота путем изменения фаз движения впускного клапана более предпочтительными для модернизируемого дизеля оказались более раннее закрытие, чем более позднее, т.к. при равных экономических показателях токсичность ОГ была значительно меньше.

Исследования опытного ТНВД с кулачковым валом, спроектированных по разработанной методике (рис. 2, 3), подтвердили целесообразность применения как КМУФД (по сравнению с муфтой опережения), так и выбранного закона $\frac{dS}{d\alpha}$ и возможность автономного дозирования и фазирования топливоподачи, стабилизации давления впрыскивания и снижения дымности ОГ на 20 %.

Сравнение способов регулирования фаз газораспределения и топливоподачи показало, что при практически равной степени влияния на токсические и экономические показатели, последний дополнительно уменьшает дымность ОГ и позволяет более эффективно осуществлять управление от микропроцессора, т.е. механизмы изменения φ_{00} и k_p находясь в ТНВД и могут управляться от одного регулятора. Предпочтительным, ввиду большей простоты и надежности, меньших затрат на проектирование и производство является применение КМУФД ТНВД с регулируемыми фазами впрыскивания топлива.

Результаты работы.

1. Разработаны теоретические основы метода стабилизации давления впрыскивания топлива в цилиндр, произведен структурный и параметрический синтез КМУФД ТНВД, обеспечивающего управление от микропроцессора и автономность дозирования и фазирования топливоподачи; осуществлено его проектирование. Результаты испытаний дизеля 1ЧН 12х12 показали надежность предложенного метода и КМУФД и возможность снижения дымности ОГ на 20%.

2. Разработаны комплексная методика, алгоритмы и соответствующие рабочие программы рационального расчета профиля кулачка КМУФД газораспределения. Осуществлено проектирование и экспериментальное исследование дизеля 1ЧН 12х12, оснащенного КМУФД газораспределения и реализующего новый способ регулирования воздухоподачи, что позволило повысить топливную экономичность на 10% и снизить токсичность ОГ на 15-25%.

Выводы.

1. Предпочтительной для использования в дизелях являются КМУФД с двумя вращательными кинематическими парами, что обеспечивает минимизацию зоны нечувствительности механизма управления и регулирования при пониженных нагрузках на привод на фазе ближнего стояния.

2. Наибольший экономический эффект обеспечивает применение КМУФД в топливных насосах, т.к. конструкция дизеля не меняется и уменьшается дымность отработавших газов при практически равной степени влияния на токсические и экономические показатели.

3. Наиболее полно предъявляемым требованиям при регулировании угла опережения впрыскивания топлива отвечает профиль, выподненный по логарифмической спирали с ограничением по максимальной скорости в контактной точке вблизи ВМТ.

4. Автономность дозирования топливосподачи и регулирования угла опережения впрыскивания обеспечивается при условии эквивалентности спиралей отсечных кромок на толкателе кулачкового механизма и дополнительной втулке.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Теоретическая механика: Учебное пособие для втузов / Д.И. Леонов, В.И. Борисов, В.С. Васильков и др.

- М.: ВЗИСИ, 1989. - 28 с.

2. Методические указания по использованию программ ЕС ЭВМ студенческого вычислительного центра / А.А. Головин, Д.И. Леонов, И.Н. Чернышева и др.; - М.: МГТУ, 1988. - С. 34-36.

3. А.с. Российской Федерации N 1772385, МКИ⁴ F01F9/02: Регулятор давления дизеля / И.В. Леонов и Д.И. Леонов.

- N 4869777; // Открытия, изобретения. - 1992. - N 20. - С. 34.

4. А.с. Российской Федерации N 1778336, МКИ⁴ F01F9/02.

Регулятор дизеля с турбонаддувом / Д.И. Леонов, И.В. Леонов.

- N 4869778/06; // Открытия, изобретения. - 1992, - N 23. - С. 27.

5. А.с. Российской Федерации N 1809136, МКИ⁴ F01F9/02.

Способ работы дизеля с турбонаддувом / Д.И. Леонов,

И.В. Леонов, В.А. Марков и др. - N 4899440/06; // Открытия,

изобретения. - 1993. - N 14. - С. 8.

6. А.с. Российской Федерации N 1813901, МКИ⁴ F01F9/02: Регулятор дизеля / Д.И. Леонов, И.В. Леонов, Л.Л. Михальский и др.

- N 491227/06; // Открытия, изобретения. - 1993. - N 17. - С. 7.

7. Леонов Д.И. Новые методы проектирования кулачков

топливных насосов // Тез. докл. НТК, посвященной 165-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана - М., 1995, - С. 129.

1549729

Леонов Д.И.

фир. и исследов.

мех-змов

2.

1549729
