М 497433

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА,
ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

ФОМИН Алексей Васильевич

УДК. 621.436.038—57

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ПУСКА АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПРОЦЕССЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ

(05.04.02 — тепловые двигатели)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1990

Работа выполнена в ордена Дружбы народов Университете дружбы народов им. Патриса Лумумбы на кафедре механизации и электрификации с/х производства.

Научный руководитель —

кандидат технических наук, профессор **О. Б. Леонов**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук **Д. Д. Багиров,**
кандидат технических наук **В. И. Ерохов**

Ведущая организация — НПО «НАМИ».

Защита диссертации состоится «17» декабря 1990 года на заседании специализированного совета К 053.15.05 «Тепловые машины и теоретические основы теплотехники» Московск[illegible] и ордена Трудового [illegible]го технического университета [illegible] адресу: г. Москва, [illegible]д. 1, корпус «Энер-

[illegible]земплярах, заверен-[illegible]ылать в адрес Сове-[illegible]я улица, д. 5, МГТУ [illegible]о Совета К 053.15.05.

[illegible]ься в библиотеке

1990 года.

М497433

С. И. ЕФИМОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Пуск двигателя - вспомогательный, но неизбежный режим его работы. Пуски двигателей приводят к повышенным износам, разжижению смазки, снижению моторесурса, повышению выбросов углеводородов, сажи, масла и других токсичных компонентов. Особенно затруднен пуск двигателя при отрицательных температурах окружающей среды. В таких условиях требуется установка на дизеле специальных средств облегчения пуска.

Разработка средств и методов повышения эффективности пуска, особенно из "холодного" состояния, при отрицательных температурах окружающего воздуха - актуальная проблема современного двигателестроения. Её решение позволит повысить топливную и масляную экономичность, увеличить ресурс двигателя, снизить загрязнение окружающей среды. Другой актуальной проблемой является замена сложных, дорогих средств обеспечения пуска более дешёвыми, более универсальными, причем, такими, которые могли бы применяться и для улучшения организации рабочего процесса двигателя на эксплуатационных режимах.

Цель работы. Провести анализ особенностей протекания режима пуска дизеля с целью выявления условий появления пропусков вспышек после начала пуска "холодного" дизеля, разработать методы и средства устранения этого отрицательного явления, исследовать особенности переходных процессов в топливной аппаратуре (ТА) дизеля при пуске и предложить методику расчетного прогнозирования потерь производительности пусковых подач топлива, из-за переходных процессов в ТА. Разработать методы и средства воздействия на процессы топливоподачи с целью повышения эффективности работы дизеля как на режимах пуска, так и на эксплуатационных режимах.

Научная новизна. Исследована особенность протекания переходных процессов в ТА дизеля на режиме пуска и последующего разгона. Выявлены факторы динамической чувствительности ТА к изменению скоростного и нагрузочного режимов при пуске. Предложена методика расчета цикловых подач с использованием факторов динамической чувствительности ТА, позволяющая прогнозировать величину цикловой подачи в режиме пуска. Разработана и исследована система топливоподачи с регулированием начального давления

1497433

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1497433
Фомин А.В. Совершенствован

МГТУ им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

(РНД), обеспечивающая создание начального давления ($P_{нач.}$) на уровне 10 МПа в период пуска дизеля. Разработана система топливоподачи с РНД позволяющая подавать в цилиндры дизеля совместно с топливом легковоспламеняющуюся жидкость (ЛВЖ), минуя топливный насос высокого давления (ТНВД). Введены понятия устойчивого и неустойчивого процессов пуска. Введены определения критического периода задержки воспламенения и критической частоты вращения, как граничных условий возникновения пропусков воспламенения при неустойчивом процессе пуска дизеля. Разработан способ пуска холодного дизеля, позволяющий повысить устойчивость процесса пуска за счет удержания частоты вращения вала на уровне меньше критической частоты, путем отключения циклов или цилиндров дизеля.

Практическая ценность. Предложенная методика расчета цикловых подач позволяет, имея скоростные и нагрузочные характеристики изменения начального давления в линии высокого давления (ЛВД) топливной аппаратуры, производить расчет цикловых подач в последовательности циклов пуска.

Разработанная система топливоподачи с созданием повышенного начального давления в период пуска дизеля, обеспечивает повышение эффективности пуска, позволяет уменьшить объем надплунжерного пространства ТНВД за счет сокращения максимального хода плунжера, позволяет увеличить жесткость и снизить металлоемкость ТНВД. Подача ЛВЖ через обратный клапан РНД в линию высокого давления, повышае. эффективность пуска дизеля при отрицательных температурах окружающего воздуха (до -20...-25°С), снижает жесткость процесса сгорания и динамические нагрузки по сравнению с подачей ЛВЖ во впускной коллектор. Разработанный метод пуска холодного дизеля с отключением цикл в или цилиндров повышает устойчивость процесса пуска и обеспечивает увеличение надежности пуска. Способ позволяет улучшить топливную экономичность пускового режима, снизить выбросы несгоревших углеводородов в процессе пуска.

Реализация работы. Основные результаты исследования переданы в ЦНИИМ Минтракторсельхозмаша, в ПО "Минский моторный завод", в ПО "Камский автомобильный завод" для проведения отраслевых НИР и ОКР. Материалы исследований включены в учебный процесс УДН им. П.Лумумбы по специализации "Производство и эксплу-

атация ДВС" и используются в лабораторных работах (а.с.842210).

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях инженерного факультета УДН им. П.Лумумбы в 1981, 1983, 1985, 1987 годах, на Всесоюзной научно-технической конференции "Перспективы развития ДВС и двигателей новых схем и на новых топливах" (МВТУ им. Н.Э. Баумана) в 1987 году, на Всесоюзном научно-техническом семинаре кафедры "Комбинированные двигатели внутреннего сгорания" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1988 году, на научном семинаре ЦНИИМ в 1986, 1987 и 1988 годах, на Всесоюзной научно-технической конференции (ЛСХИ) в 1989 году. Результаты работы представлялись на выставке "НТТМ-82" и удостоены бронзовой медали ВДНХ СССР.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 5 печатных работ и получены 4 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 101 странице машинописного текста, содержит 50 страниц с рисунками, 6 таблиц. Библиография - 132 источника информации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современного состояния вопроса и постановке задач исследования.

Анализ работ Аливагабова М.М., Болдырева И.В., Куперхмидта В.Л., Вихерта М.М., Чижкова Ю.П., Назарова В.А. и др., посвященных совершенствованию процессов пуска, показал, что пусковые качества дизелей могут быть улучшены введением в конструкцию двигателя специальных элементов, применением эффективных средств воспламенения топлива в цилиндрах (например, с помощью различных присадок или с помощью ЛВЖ), применением загущенных масел с высоким индексом вязкости или маловязких дистиллатных масел. Показано, что важнейшими параметрами, определяющими воспламеняемость топлива в период пуска, являются давление и температура воздушного заряда в конце такта сжатия, а также качество смесеобразования. Величины их определяют как саму возможность

воспламенения, так и период задержки воспламенения топлива. Известные средства воздействия на температуру и давление в конце такта сжатия, включают в себя подогрев воздушного заряда на впуске, снижение утечек воздушного заряда в цилиндрах двигателя, увеличение частоты прокрутки вала двигателя пусковым устройством, увеличение действительной степени сжатия в период пуска и т.д.

Важнейшим элементом организации пуска дизеля является топливная аппаратура, что показано в работах проведенных Волчком Л.Я., Купершмидтом В.Л., Фоминым Ю.Я., Никитиным А.Я., Васильевым Б.А., Патрахальцевым Н.Н., Девяниным С.Н. и др. Одним из методов повышения эффективности работы дизеля, как на установившихся (УР), так и на неустановившихся режимах (НУР) является регулирование начального давления в ЛВД топливной аппаратуры. Совершенствованием систем топливоподачи таким методом занимались такие ученые как Астахов И.В., Окулов В.Г., Леонов О.Б., Патрахальцев Н.Н., Павлюков В.Г., Федотов И.В., Могендович Е.М., и др. Исследования переходных процессов в ТА проводились при НУР в области эксплуатационных режимов и показали эффективность применения систем топливоподачи с РНД. В ряде работ Леонова О.Б., Патрахальцева Н.Н., Федотова И.В., отмечается повышение эффективности пуска дизеля воздействием на начальное давление в ЛВД.

Анализ рассмотренных работ показал, что при пуске дизеля имеют место переходные процессы, причем переходные процессы, протекающие в ТА, недостаточно исследованы.

На основании проведенного анализа работ поставлены следующие задачи исследования:

1. Выявить условия появления пропусков вспышек после начала процесса пуска холодного дизеля при отрицательных температурах окружающей среды и разработать методы и средства устранения этого отрицательного явления.

2. Исследовать особенности переходных процессов в ТА дизеля при пуске и предложить методику расчетного прогнозирования потерь производительности ТА при пусках из-за переходных процессов в ней.

3. Разработать методы и средства повышения производительности ТА и интенсификации впрыскивания топлива при пуске дизеля

путем повышения, поддержания и регулирования начального давления топлива в ЛВД топливной системы, а также обеспечивающие повышение эффективности работы дизеля на эксплуатационных режимах.

4. Разработать средства для реализации метода повышения вероятности воспламенения смеси в процессе холодного пуска дизеля при отрицательных температурах окружающей среды путем подачи в камеру сгорания легковоспламеняющейся жидкости.

Во второй главе диссертации проведен анализ режима пуска холодного дизеля при различных температурах окружающей среды. Показано, что процесс пуска может быть как устойчивым, так и неустойчивым. Для устойчивого процесса пуска характерно постоянное увеличение частоты вращения вала двигателя, а также постоянное сокращение периода задержки воспламенения, как во временных, так и в угловых единицах с ростом частоты.

Пуск двигателя из "холодного" состояния при низких температурах окружающей среды характеризуется тем, что ускорение вращения вала двигателя может изменяться как по величине, так и по знаку. Для этого процесса пуска при значительном ускорении величина периода задержки воспламенения во временных единицах изменяется незначительно, в то время как в угловых единицах - растет с ростом частоты. При этом начало сгорания смещается в сторону процесса расширения (рис. I). Величина периода задержки

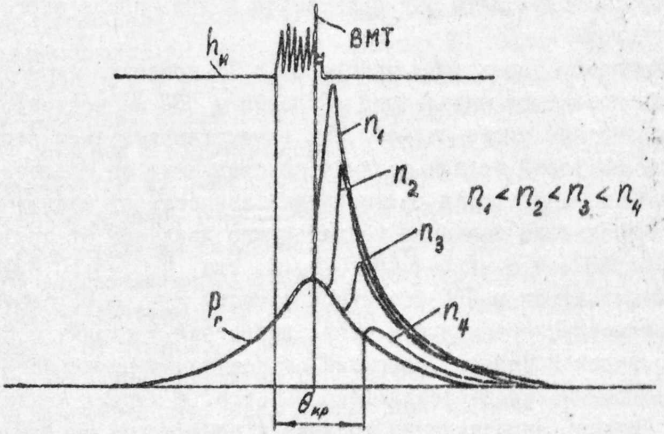


Рис. I. Осциллограммы изменения давления в цилиндре дизеля при положительном ускорении вала двигателя в неустойчивом процессе пуска.

воспламенения φ_i в угловых единицах может достигнуть такой, при которой воспламенения топлива происходить не будет. Эту величину назовем критическим периодом задержки воспламенения и обозначим $\theta_{кр}$. Условия, при которых $\varphi_i > \theta_{кр}$, определяют неустойчивый процесс пуска. Для этого процесса пуска определяющим является не ускорение, а изменение теплового состояния двигателя. Частоту вращения вала двигателя, при которой происходит прекращение воспламенения топлива в цилиндрах двигателя, назовем критической частотой и определим из выражения:

$$n_{кр} = \frac{\theta_{кр}}{6\tau_i} = \frac{\theta_{кр}}{6C \cdot p^{-1,2} \cdot T^{9,7} \exp\left(\frac{22200}{RT}\right)},$$

где $\theta_{кр}$ – критический период задержки воспламенения (град.п.к.в.)

C – коэффициент, учитывающий качество смесеобразования и другие факторы, влияющие на появление активных центров воспламенения.

По мере прогрева двигателя уровень критической частоты повышается.

Для устранения неустойчивого процесса пуска холодного двигателя был предложен способ пуска, заключающийся в удержании частоты вращения вала ниже критического значения. Способ организации такого пуска заключается в том, что при достижении заданной частоты, ниже критической, отключают подачу топлива в часть цилиндров, с тем, чтобы удержать двигатель в работе вблизи этой частоты, дать ему прогреться и лишь после этого продолжить разгон.

Анализом переходных процессов в ТА показано существенное влияние изменения начального давления в ТВД на показатели топливоподачи при пуске двигателя. Так в неустановившемся режиме изменение цикловой подачи топлива по сравнению со сходственным циклом установившегося режима будет зависеть от величины изменения начального давления (остаточного давления от предыдущего цикла) в ТВД, т.е. $b_ц = f(n, h_р, f_{нач})$, где $P_{нач} = f(n, h_р)$. Перед пуском двигателя в ТВД топливной системы $P_{нач.} = 0$, поэтому первые циклы впрыскивания при пуске двигателя проходят с потерей части цикловой подачи, пошедшей на повышение начального давления до уровня, соответствующего УР (т.е. в первых циклах имеют место "вялые" впрыскивания топлива и пониженные цикловые подачи). При дальнейшем разгоне в ТА происходит переходный

процесс, который приводит к снижению производительности и изменению момента впрыскивания топлива, связанные с уменьшением $P_{нач.}$. Создание повышенного $P_{нач.}$ перед первыми циклами впрыскивания, а также поддержание его высокого уровня позволит увеличить цикловую подачу и качество распыливания топлива в период пуска, что приведет к повышению его эффективности.

Разработана методика расчета цикловых подач в режиме пуска дизеля по известным цикловым подачам для установившегося режима и скоростным и нагрузочным характеристикам изменения начального давления, основанная на методе малых отклонений с использованием факторов влияния K_{nP} и K_{hP} независимых переменных n и h_p на $P_{нач.}$, а также K_{pb} зависимой переменной $P_{нач.}$ на $b_ц$:

$$b^{нур}_{ц\,i,i+1} = b^{ур}_{ц\,i,i+1} + \Delta b^{нур}_{ц\,i,i+1} = b^{ур}_{ц\,i,i+1} + K_{pb} \cdot K_{nP} \cdot \Delta n + K_{pb} \cdot K_{hP} \cdot \Delta h_p$$

Разработан способ пуска (и система топливоподачи с регулированием начального давления (рис.2.)) заключающийся в создании и поддержании в процессе пуска повышенного начального давления в ЛВД на уровне 8,0...10,0 МПа, что позволит обеспечить заданную пусковую цикловую подачу топлива при меньшем значении положения рейки топливного насоса по сравнению со штатной системой. Перед пуском дизеля насосом 9 с ручным или механическим приводом подают по топливопроводу 10 и через невозвратный клапан 11 жидкость (дизельное топливо или смесь дизельного топлива с легковоспламеняющейся жидкостью) по каналу 20 через открывающийся клапан 17 в ЛВД 4 в которой, таким образом, увеличивается начальное давление. После осуществления пуска подача пусковой жидкости насосом 9 прекращается и подпитка ЛВД 4 через клапан 6 осуществляется от волн отсечки топлива во время дальнейшей эксплуатации дизеля. Подача ЛВЖ через клапан РНД 6 и 17 в ЛВД 4, где происходит ее смешение с основным топливом и подача в цилиндры двигателя через штатную форсунку в конце такта сжатия, обеспечит своевременность воспламенения смеси практически вне зависимости от теплового режима, снизит динамические нагрузки за счет исключения вероятности обратных ударов и обеспечит повышение эффективности пуска дизеля при отрицательных температурах окружающей среды.

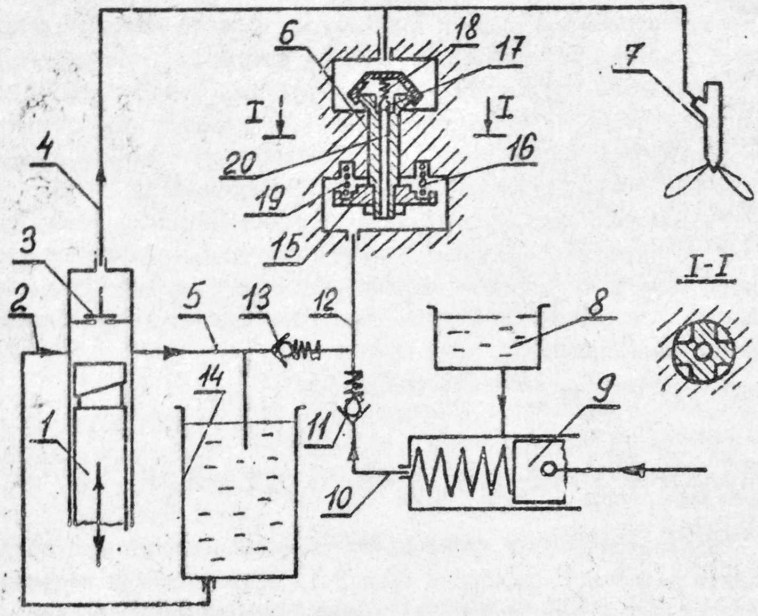


Рис. 2. Схема системы топливоподачи с РНД.

В третьей главе изложена методика проведения экспериментов и дано описание экспериментальных установок. Исследования процессов топливоподачи, как серийной ТА, так и разработанной проводились на безмоторном стенде СДТА-2 (КИ-921М), при этом минимальная частота прокрутки ТНВД от стенда была снижена до n = 50 мин$^{-1}$. Объектами исследования являлись топливные насосы высокого давления УТН-5 и 4ТН-9 10 с форсунками ФД-22.

Экспериментальные исследования работы дизелей проводились на стендах с дизелями 4Ч11/12,5 (Д-240) и 4Ч12/14 (СМД-14Н). Исследования при отрицательных температурах окружающей среды проводились в климатической камере с двигателем Д-240, обеспечивающей заданный температурный режим в камере в пределах от 20°С до минус 40°С. Прокрутка вала дизеля осуществлялась электростартером, напряжение на который подавалось от выпрямительного высокомощного агрегата ВАК-1600-24Ч4. Пуск двигателя осуществлялся в соответствие с ГОСТ 18509-80. Кроме этого, проводилось осциллографирование давления в первом цилиндре ($P_ц$),

давления топлива в ЛВД у форсунки ($P_ф$), подъема иглы форсунки ($h_и$), положения рейки топливного насоса ($h_р$), угла поворота вала двигателя через 2,5 градуса, отметки ВМТ. При испытаниях в дизель было залито моторное масло М-8Г$_2$ по ГОСТ 8581-78 и использовалось дизельное топливо З-0,2 минус 35 ГОСТ 305-82.

При проведении экспериментальных исследований в климатической камере при отрицательных температурах окружающей среды для исключения влияния на протекание процесса пуска и на получаемые результаты средств облегчения пуска, были выбраны такие температурные условия, при которых обеспечивался пуск дизеля без применения этих средств (электрофакельный подогреватель). Поэтому исследования проводились при температурах окружающей среды минус 5°С и минус 10°С. Пусковые испытания проводились при обеспечении системами топливоподачи одинаковой цикловой подачи, равной 140 мм^3, и одинаковом угле впрыскивания топлива. Для обеспечения сравнимости получаемых результатов при пусках дизеля со штатной системой и системой топливоподачи с РНТ все замеры проводились при идентичных условиях: температуре окружающей среды, барометрическом давлении, температуре охлаждающей жидкости и масла в дизеле. Дана оценка погрешностей измерений. Проведена статистическая обработка результатов испытаний.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований особенностей протекания переходных процессов в ТА дизеля при пуске и исследования режима пуска дизеля воздействием на процессы топливоподачи.

Проведено исследование метода повышения эффективности пуска дизеля, разработанного в МВТУ им. Н.Э.Баумана, путем создания повышенного начального давления в ЛВД перед первым циклом подачи топлива. Повышение начального давления в ЛВД осуществлялось установкой рейки топливного насоса в положение, соответствующее 4...15% от положения номинальной цикловой подачи и проворачивании кулачкового вала на частотах 80...140 мин$^{-1}$. Это обеспечивалось разработанной конструкцией регулятора ТНВД (а.с. № 717384). Осциллограммы первых циклов впрыскивания при частоте вращения кулачкового вала 80 мин$^{-1}$ при серийном ($P_{нач.}$ = 0 МПА) и предложенном методе ($P_{нач.}$ = 6,7 МПа) показали, что максимальное давление впрыскивания $P_{н.м.х}$ увеличивается на 1...2%, среднее давление впрыскивания $P_{н.ср}$ возрастает на 6...7%, увели-

чение цикловой подачи составляет в данном случае около 50%, увеличивается продолжительность впрыскивания.

Проведенные исследования при t_o = I5°C на дизеле 4Ч12/I4 при использовании разработанного метода пуска и средства для его реализации показало, что создаваемое начальное давление 5,0...7,0 МПа перед первым циклом впрыскивания обеспечивает повышение эффективности пуска. Так пуск дизеля без увеличения $P_{нач.}$ был затруднен при положении рейки меньше I6,0...I6,3, а при $h_р$ = 16,0...I5,8 мм пусков не происходило. При создании повышенного $P_{нач.}$ пуски осуществлялись успешно до $h_р$ = I6,0 мм и лишь при $h_р$ = I6,0 мм наступали перебои в их реализации. Выигрыш во времени выполнения операции пуска-разгона до момента отключения пускового устройства достигает I8...20%. При этом степень влияния $P_{нач.}$ на эффективность режима тем выше, чем ниже тепловое состояние двигателя. С ростом теплового состояния двигателя при пусковых циклах в сгорании принимает участие все большая доля топлива, при этом уменьшается степень влияния на процессы сгорания тонкости распыливания топлива.

Исследования штатной системы топливоподачи дизеля Д-240 на безмоторном стенде при низкой частоте вращения кулачкового вала показали, что с увеличением частоты вращения от 50 $мин^{-I}$ до 400 $мин^{-I}$ происходит уменьшение остаточного давления в ЛВД. Так, при $n_к$ = 50 $мин^{-I}$ остаточное давление равно 6,0...8,0 МПа, то при $n_к$ = 300 $мин^{-I}$ остаточное давление в ЛВД равно нулю и при дальнейшем увеличении частоты не поднимается выше нуля. Такое снижение приводит к ухудшению качества распыливания топлива, уменьшению производительности топливной системы, уменьшению угла опережения впрыскивания.

Исследования системы топливоподачи с РНД показало, что создание начального давления в ЛВД на уровне 8,0 МПа приводит к увеличению производительности ТА в I,I5...I,2 раза по сравнению со штатной системой и обеспечивает стабилизацию цикловых подач и действительного угла впрыскивания топлива. Для обеспечения одинаковой пусковой цикловой подачи топлива (I40 $мм^3$) при использовании системы топливоподачи с РНД (при $P_{нач.}$ = 8,0 МПа) необходимо ход рейки уменьшать на I,5 мм по сравнению с ходом для штатной системы. Эффективный пуск дизеля обеспечивается при меньшем активном ходе плунжера, что дает возможность уменьшить

объем надплунжерного пространства топливного насоса.

Для обеспечения наибольшего давления впрыскивания и наибольшей цикловой подачи аккумулирующий объем клапана должен быть не более 0,5 $см^3$ и проходное сечение жиклера обратного клапана должно быть 0,25 10^{-3} $см^2$.

Исследования системы топливоподачи с РНД при пусках дизеля Д-240 проводились при различных уровнях задания начального давления в ЛВД: $P_{нач.1}$ = 0,1 МПа, $P_{нач.2}$ = 4,0 МПа, $P_{нач.3}$ = 8,3 МПа. Обработка осциллограмм пусков дизеля подтвердила результаты безмоторных испытаний систем топливоподачи с РНД и показала возможность замены штатного пускового обогатителя предложенным. Увеличение начального давления до 8,3 МПа от 0,1 МПа увеличивает пусковую цикловую подачу топлива на 40 $мм^3$, при этом $P_ф$ возрастает на 7%, а в отдельных циклах до 14%. Исследования системы топливоподачи с РНД, проведенные на дизеле 4ЧН1/12,5 на эксплуатационных режимах показали, что подпитка ЛВД от линии отсечки топливного насоса через клапан РНД обеспечивает : повышение экономичности дизеля во всем диапазоне частот вращения, особенно существенно на низких частотах (до 4%).

Исследования системы топливоподачи с РНД в сравнении со штатной системой проводились на дизеле Д-240, установленном в климатической камере. Пуски проводились при t_o = -5°С и -10°С. Анализ осциллограмм процессов топливоподачи при пуске дизеля (рис. 3.), комплектуемого штатной системой топливоподачи при t_o = -10°С показал, что начальное давление топлива в ЛВД уменьшается от 4,9 МПа до -1,9 МПа с увеличением частоты вращения вала дизеля в период пуска (отрицательное значение давления носит условный характер и определяется из соотношения: $-P_{нач.} = \Delta V_ц / \alpha_c \cdot V_{маг}$, где $\Delta V_ц$ - изменение свободного объема в ЛВД). Такое низкое начальное давление приводит к уменьшению действительного угла опережения впрыскивания, снижению среднего и максимального давлений впрыскивания и как следствие - к ухудшению качества распыливания топлива.

Пусковые характеристики дизеля Д-240 без средств облегчения пуска для t_o = -10°С при использовании штатной и опытной системы топливоподачи, построенные по результатам испытаний в холодильной камере, практически совпадают. Однако, время разгона дизеля, определяемое от момента первой вспышки до достижения

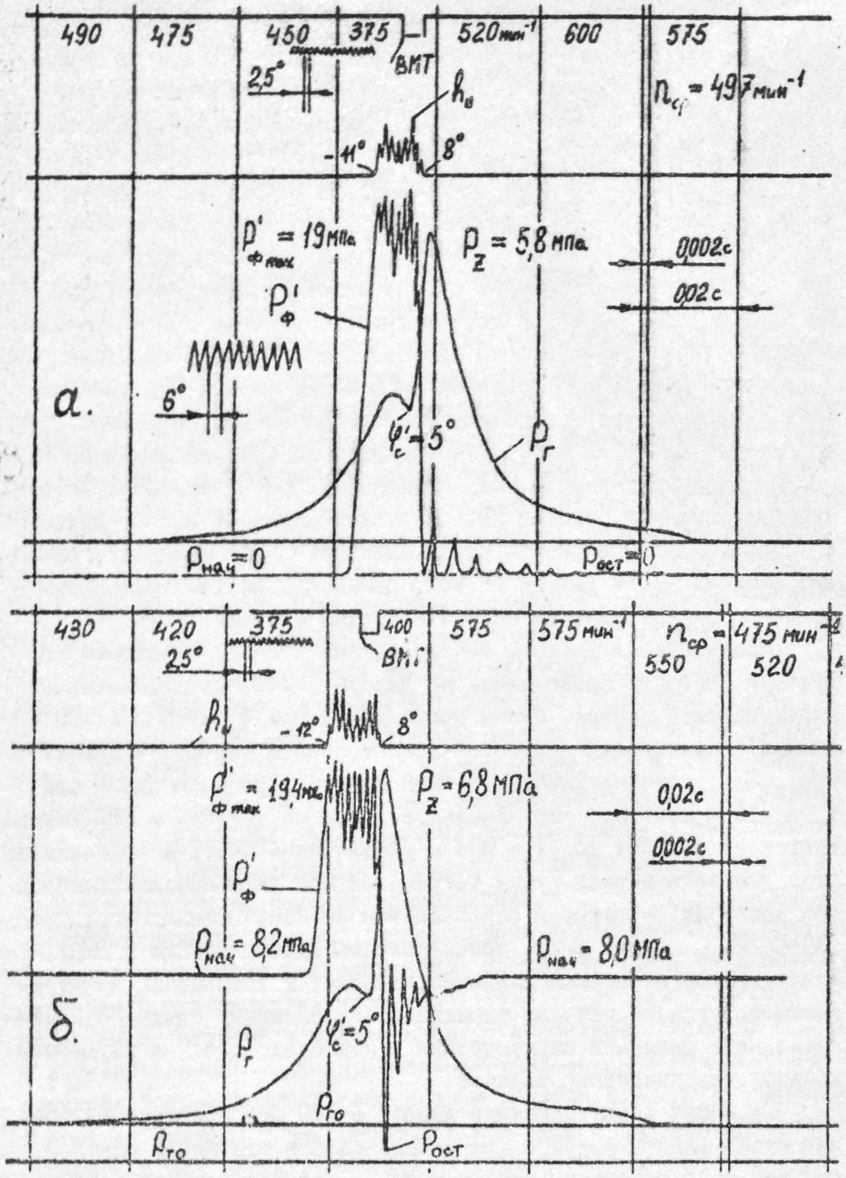


Рис. 3. Осциллограммы циклов пуска дизеля 4ЧН12/12,5 (Д-240) при T_0 = 263 К; а – штатная система топливоподачи; б – система топливоподачи с РНД, $P_{нач}$ = 8,0 МПа.

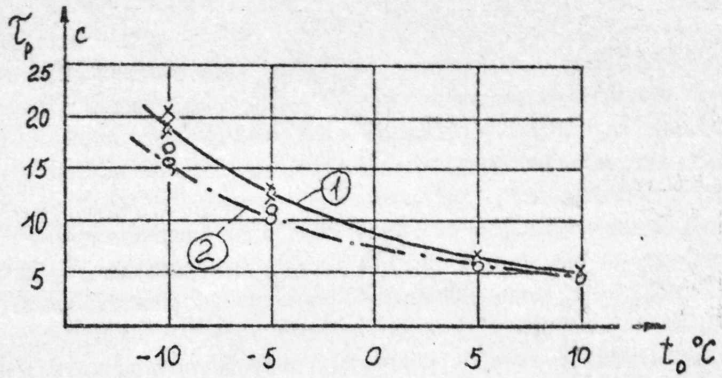


Рис. 4. Зависимость времени разгона τ_p при пуске дизеля Д-240 от температуры окружающей среды ;
I - штатная система топливоподачи;
2 - система топливоподачи с РНД ($P_{нач.}$ = 8,0 МПа).

валом дизеля частоты вращения, соответствующей отключению пускового устройства, при применении опытной системы топливоподачи меньше на 3...5 с (рис.4).

Экспериментальные исследования системы топливоподачи с РНД при подаче в ЛВД легковоспламеняющейся жидкости (смесь, состоящая из 70% этилового эфира и 30% дизельного топлива) проводились на дизеле Д-240 при t_o = -20°С и подтвердили эффективность данного способа пуска исключением обратных ударов, которые возникают при пуске двигателя с подачей ЛВЖ на впуске.

Экспериментальное исследование способа пуска с регулированием числа работающих цилиндров проводилось на дизеле Д-240 при t_o = -10°С. Выключение цилиндра производилось отключением подачи топлива в него, за счет разгерметизации ЛВД с помощью клапана РНД, снабженного электромагнитным приводом, обеспечивающим открытие и удержание клапана в открытом положении при дальнейшей работе. Исследования показали, что отключение одного цилиндра обеспечило удержание частоты вращения вала дизеля ниже критического значения, что позволило повысить вероятность воспламенения в цилиндрах дизеля и привело к более плавному увеличению частоты вращения, постепенному прогреву и в конечном счете - повышению эффективности пуска.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Проведено исследование переходных процессов в топливной аппаратуре дизеля на режиме пуска. Показана существенность влияния переходных процессов в ТА на величины цикловых подач, эффективность пуска дизеля. Показано, что при первых циклах пуска в ЛВД имеет место пониженное начальное давление, величина понижения его достигает 7,0 МПа по сравнению с УР. Это приводит к уменьшению цикловых подач в первых циклах пуска на I0...30%. В течение последовательности пусковых циклов, после первых впрыскиваний, при увеличении частоты имеет место переходный процесс с серией активных циклов топливоподачи, когда цикловые подачи превышают подачи сходственных циклов установившегося режима на I0...I5%. Все это снижает эффективность пуска дизеля, приводит к повышенным нагрузкам на детали двигателя, перерасходу топлива, увеличению токсических выбросов, в частности - увеличению дымности.

2. Предложена методика расчета пусковых цикловых подач с использованием факторов динамической чувствительности топливной аппаратуры, позволяющая прогнозировать величину цикловой подачи в процессе пуска с погрешностью не превышающей 5%.

3. Исследован способ пуска дизеля, разработанный и предложенный в МВТУ им. Н.Э.Баумана, заключающийся в создании повышенного начального давления в ЛВД перед первыми циклами впрыскивания, путем предварительной накачки ЛВД штатным топливным насосом в период предпусковой прокрутки двигателя, т.е. с использованием выявленных ранее особенностей переходных процессов в ТА дизеля. Экспериментально на дизеле 4Ч12/I4 (СМД-I4Н) показано, что применение такого способа пуска позволяет эффективно пускать двигатель при меньшей цикловой пусковой подаче топлива, при одинаковой величине цикловых подач применение такого способа обеспечивает пуск дизеля при более низкой температуре окружающего воздуха.

4. Разработана и исследована система топливоподачи с РНД, обеспечивающая повышение начального давления до 8,0...I0,0 МПа в период пуска дизеля, что позволило устранить отрицательные явления переходных процессов в топливной аппаратуре при пуске. Создание повышенного начального давления в 8,0 МПа позволяет увеличить пусковую цикловую подачу топлива на 40 мм^3 и таким

образом обеспечить эффективный пуск дизеля при меньшем активном ходе плунжера, что дает возможность уменьшить объем надплунжерного пространства топливного насоса за счет сокращения максимального хода плунжера, увеличить жесткость и уменьшить металлоемкость конструкции ТНВД.

5. Разработана конструкция обратного клапана системы РНД и исследовано влияние его на параметры топливоподачи. Проведена оптимизация конструкции клапана по аккумулирующему объему и проходному сечению жиклера с целью обеспечения наибольшего давления впрыскивания и наибольшей цикловой подачи. Экспериментально показано, что аккумулирующий объем должен быть не более 0,5 $см^3$ и проходное сечение жиклера обратного клапана должно быть 0,25 10^{-3} $см^2$.

6. Введены определения критической задержки воспламенения и критической частоты вращения, как граничные условия возникновения пропусков воспламенения в процессе пуска дизеля.

7. Проведенные исследования при отрицательных температурах окружающего воздуха выявили условия, при которых наступают пропуски воспламенения топлива в процессе пуска дизеля. Показано, что пропуски воспламенения наступают при частоте вращения выше некоторого критического значения, вследствие интенсивного возрастания частоты. При этом период задержки воспламенения во временных единицах остается практически неизменным, но значительно возрастает по величине в угловых единицах, смещая момент воспламенения дальше от ВМТ по ходу расширения, где ухудшаются условия воспламенения.

8. Разработан метод пуска "холодного" дизеля при температуре окружающей среды до минус 10°С, в процессе которого происходит удержание частоты вращения вала на уровне меньше критической частоты за счет отключения циклов или цилиндров. Отключение циклов или цилиндров производится за счет отключения подачи топлива в них, что позволяет улучшить топливную экономичность пускового режима на 10% и снизить выбросы несгоревших углеводородов в процессе пуска.

9. Разработанная система топливоподачи с РНД позволяет подавать в цилиндры дизеля, совместно с топливом, легковоспламеняющиеся жидкости, причем последние подаются в ЛВД, минуя топливный насос высокого давления. Предложенная система позволяет пускать дизель при низких температурах окружающей среды (до

минус 20...25°С), снизить динамические нагрузки в период пуска за счет обеспечения воспламенения смеси вблизи ВМТ.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Некоторые возможности повышения эффективности работы топливной аппаратуры при пуске дизеля / Н.Н. Патрахальцев, Т.Ф. Пирогова, А.В. Фомин, В.Н. Хухарев // Тракторы, самоходные шасси и двигатели, агрегаты и узлы: Реф. сб. ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш. - 1977. - Вып. 2. - С. 24-29.

2. Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В., Пирогова Т.Ф. К вопросу о коррекции скоростных характеристик топливных насосов высокого давления // Двигатели внутреннего сгорания: Респ. межвед. научн.-техн. сб. (Харьков). - 1981. - Вып. 34. - С. 59-64.

3. Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В. Повышение эффективности пуска-разгона дизеля созданием начального давления топлива // Двигатели внутреннего сгорания: Респ. межвед. научн.-техн. сб. (Харьков). - 1981. - Вып. 34. - С. 64-68.

4. Куличков В.И., Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В. Метод испытания узла нагнетательного клапана топливного насоса высокого давления // Двигателестроение. - 1982. - № 9. - С. 37-39.

5. Фомин А.В. Повышение эффективности пуска-разгона дизеля путем воздействия на параметры топливоподачи // Тез. докл. Всесоюзной научн.-технич. конф. - М., 1987. - С. 83-84.

6. А.с. № 842210 СССР, МКИ^3 F 02 M 55/00 Система подачи топлива в дизель / Н.Н. Патрахальцев, О.Б. Леонов, А.В. Фомин и др. // Б.И. - 1981. - № 24.

7. А.с. № 717384 СССР, МКИ^3 F 02 D 1/00 Центробежный регулятор плунжерного топливного насоса высокого давления / Н.Н. Патрахальцев, А.В. Фомин, В.А. Медянкина и др. // Б.И. - 1980. - № 7.

8. А.с. № 958684 СССР, МКИ^3 F 02 M 55/00 Система подачи топлива в дизель / Н.Н. Патрахальцев, О.Б. Леонов, А.В. Фомин и др. // Б.И. - 1982. - № 34.

9. А.с. № 1412259 СССР, МКИ^3 F 02 M 43/00 Система впрыска спиртового и запального дизельного топлива / Н.Н. Патрахальцев, Ареф Газале, А.В. Фомин и др. // Б.И. - 1988. - № 28.

Тематический план 1990 г., № 390

Подписано к печати 16.10.90. Формат $60\times90^{1}/_{16}$. Ротапринтная печать. Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,97. Усл. кр.-отт. 1,25. Тираж 100 экз. Заказ 846. Бесплатно

Издательство Университета дружбы народов
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3

Типография Издательства УДН
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3