

487298

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

На правах рукописи

УДК: 621.436.038.5.

Олесов Игорь Юрьевич

Повышение экономических, эффективных и экологических
качеств автотракторного дизеля использованием метода
отключения-включения цилиндров и циклов

05.04.02-Тепловые двигатели

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

Москва, 1993г.

Работа выполнена на кафедре "Комбинированные
двигатели" Российского Университета дружбы народов

Научный руководитель - доктор технических наук,

профессор Н.Н. Патракальцев

Официальные оппоненты - доктор технических наук,

профессор Кавтарадзе Р.З.

- кандидат технических наук,

с.н.с. Лупачев П.Д.

Ведущее предприятие - Центральный научно-исследовательский
автомобильный и автотранспортный
институт (НАМИ).

Защита диссертации состоится "7" июня 1993 г. в

15 часов на заседании специализированного совета К 053.15.05.
при МГТУ им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, Лефортовская
наб., д.1, корпус факультета "Энергомашиностроения"

С диссертацией можно
им. Н.Э. Баумана.

Ваш отзыв на автореферат
печатью, просим направить
Бауманская ул., д. 5, МГТУ
Специализированного Совета К

Автореферат раз

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1087298
Опесов И.Ю. Повышени

ученый секретарь
специализированного

К.Т.Н., доцент

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Необходимость повышения эффективности работы дизеля в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов способствует как поиску новых технических решений, так и развитию ранее известных, хорошо себя зарекомендовавших. Это связано в первую очередь с ужесточающимися требованиями к топливной экономичности и токсичности отработавших газов (ОГ), а в ряде случаев с необходимостью улучшения переходных процессов (ПП) в двигателе с сохранением других характеристик на прежнем уровне или даже их улучшении.

Значительное время при работе двигателей транспортных средств и энергетических установок составляют режимы холостого хода (ХХ), малых нагрузок и неуставившиеся режимы (НУР). Одним из способов совершенствования работы дизеля на этих режимах является метод отключения цилиндров и циклов. Причем, если метод отключения цилиндров широко используется в практике дизелестроения, то отключение циклов (максимальный эффект от которого наблюдается при НУР) в основном нашло применение в двигателях с впрыском бензина, оснащенных электронными системами регулирования.

Средства, реализующие метод отключения цилиндров, как правило, выполняются в виде элементов управления топливоподачей на линии низкого давления топлива, разгерметизации линии высокого давления, а также с помощью специальных конструкций, отключающих группу плунжеров топливного насоса высокого давления. При этом средства, реализующие метод разгерметизации линии высокого давления, как правило конструктивно сложны, требуют значительных затрат мощности на привод, отличаются высокой инерционностью и сложностью их применения в системах регулирования. Поэтому отключение цилиндров используется только на крупных дизелях. Однако, теоретическая разработка метода отключения цилиндров и циклов и конструктивная реализация его с приемлемыми энергозатратами на дизелях авто-тракторной размерности представляется актуальной задачей.

Цель работы. Разработка конструктивных решений элементов отключения цилиндров и циклов (ЗОЩ). Проведение исследований их энергетических и динамических характеристик, влияния на процессы топливоподачи как на

безгорных, так и моторных стендах. Предусматривалось изучение влияния начального давления топлива ($P_{нач}$) в ЛВД на ПП в топливной аппаратуре (ТА) при отключении-включении цилиндров. Прикладная цель работы состояла в разработке рекомендаций по применению элементов отключения цилиндров и циклов на различных двигателях автотракторного назначения, а также городских автобусов, с целью обеспечения лучшей экономичности и снижения токсичности ОГ.

Методы исследования. В работе проведены теоретические исследования возможности повышения топливной экономичности дизеля на ХХ и малых нагрузках как на установившихся режимах (УР), так и на неустойчивых, повышения качества ПП, снижения токсичности ОГ.

Экспериментальные исследования разработанных элементов отключения цилиндров и циклов, а также топливных систем, реализующих метод отключения-включения цилиндров и циклов, проводились в два этапа. Первоначально изучались особенности процессов топливоподачи на специализированном стенде для исследования ТА, затем разработанные и исследованные топливные системы испытывались на развернутых двигателях.

Научная новизна. Разработаны методы регулирования дизеля отключением рабочих циклов, особенностью которых является воздействие на начальное давление топлива в ЛВД ($P_{нач}$). Показано, что в зависимости от числа отключаемых цилиндров или циклов можно достичь эффекты по снижению расхода топлива, снижению токсичности ОГ или повышению эффективности использования альтернативных топлив.

Разработан и исследован малоинерционный (по процессам открытия и закрытия), с низким энергопотреблением элемент отключения цилиндров и циклов, отличительной особенностью которого является использование как электромагнитного управления, так и гидродинамических процессов в ЛВД. Показано, что применение разработанных средств в режимах выбега-приема нагрузки позволило практически полностью устранить переходные процессы перемещения рейки ТНВД и изменения цикловой подачи топлива.

Показана возможность организации регулирования дизеля методом перепуска топлива на линии высокого давления с использованием разработанных средств, а также интенсификации впрыска созданием начальной скорости топлива.

Практическая ценность. Разработаны оригинальные элементы отключения цилиндров и циклов, использующие при своем функционировании гидродинамические процессы в ЛВД и отличающиеся вследствие этого компактностью, высоким быстродействием и малым энергопотреблением. Созданные элементы позволяют регулировать или стабилизировать P_{max} в работающих секциях ТА без использования дополнительных источников давления, а лишь за счет использования энергии топлива из отключенных секций. Достигнуто улучшение экономических и экологических показателей дизелей Д-242, КАМАЗ-740, ЯМЗ-238, ЯМЗ-8401, 12 Ч 15/18, RABA-MAN. Исследованы различные методы отключения с учетом вибрационных характеристик.

Реализация работы. Изготовлены и переданы в НТЦ ЯЗТА и КАМАЗа комплекты систем отключения цилиндров и циклов на развернутые двигатели с блоками управления и результаты их испытаний на двигателях КАМАЗ-740, ЯМЗ-238, ЯМЗ-8401.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на:

- Всесоюзной научно-технической конференции "Актуальные проблемы развития двигателей внутреннего сгорания и дизельных установок" (г. Ленинград 1990г.);
- Всесоюзном семинаре по ДВС в ЛСХИ (г. Ленинград, 1989г.);
- семинаре кафедры "Комбинированные двигатели внутреннего сгорания" МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- семинаре кафедры 3-6 МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава РУДН (г. Москва).

Публикации. Результаты работы изложены в 3-х статьях, 2 тезисах конференций, получено 8 авторских свидетельств на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и общих выводов. Она изложена на 150 страницах машинописного текста, 72 рисунков, 5 таблиц и списка литературы из 125 наименований.

Содержание работы
Первая глава посвящена исследованию по литературным источникам ряда вопросов, связанных с использованием метода отключения цилиндров и циклов.

чение реал.мо. работы двигателей транспортных средств показало, что в условиях интенсивного городского движения типична работа двигателя на режимах ХХ и близких к нему. Значительное место занимают нетяговые режимы. При этом отмечается длительная работа как при пониженных частотах вращения, так и при положениях регулирующего органа, близких к ХХ. Помимо этого большое количество ПП определяется частыми разгонами, торможениями и переключением передач автомобиля, что предъявляет к двигателю повышенные требования в НУР с точки зрения топливной экономичности, и экологических показателей.

Хотя отключение цилиндров известно как средство улучшения показателей двигателя на ХХ на протяжении многих лет, но продолжают проводиться исследовательские работы по более глубокому изучению различных способов отключения цилиндров. К ним относятся следующие:

1. Прекращение подачи топлива в отдельные цилиндры.
2. Прекращение подачи топлива и воздуха в отключаемые цилиндры.
3. Питание неработающих цилиндров ОГ работающими.
4. Остановка поршней в отключаемых цилиндрах.

Отключение цилиндров по оттоку является наиболее эффективным способом, существенно расширяющим зону рабочих нагрузок эффективного применения метода отключения цилиндров двигателя. Однако, применение средств реализующих этот метод, значительно усложняло конструкцию двигателя и применялось редко. Поэтому чаще предпринимались попытки отключения цилиндров группами. С целью повышения эффективности применения метода предлагались следующие способы воздействия на органы газообмена: удерживание впускного и выпускного клапанов в закрытом положении; сообщение отключаемых цилиндров напрямую с атмосферой или выпускным коллектором.

Поскольку ранее проводилось отключение одних и тех же цилиндров на длительный промежуток времени, то возникают трудности с поддержанием теплового состояния неработающих цилиндров. Чтобы не допустить их переохлаждения предлагалось отключение цилиндров с подачей в них ОГ из работающих цилиндров, а в случае V-образного расположения цилиндров - перепуск воды из рубашки работающего блока в рубашку блока неработающих цилиндров.

Независимо от способа отключения цилиндров позволяет снизить расход топлива, преимущественно на XX. Больший эффект получен при отключении цилиндров по-одному, с прекращением газообмена и с остановкой поршней. Поскольку как отключение цилиндров по одному, так и использование средств воздействия на органы газораспределения, сильно усложняет конструкцию двигателя и ухудшает его динамику, то при проведении исследований цилиндры отключались группами и подвергались изучению длительные установившиеся режимы работы двигателя.

Процесс отключения цилиндров и циклов в первую очередь связан с отключением топливоподачи в определенные цилиндры, поэтому наибольший интерес представляют именно эти средства отключения цилиндров. Наиболее простым методом отключения цилиндров является перекрытие трубопроводов, подводящих топливо к ТНВД.

Применительно к многосекционным золотниковым ТНВД использовался способ, основанный на использовании в одном и том же насосе различных по конструкции плунжеров. Дальнейшее развитие этой идеи (раздельного управления плунжерами) и применение ее к блочным насосам привело к появлению множества конструкций, позволяющих отключать часть секций на XX.

Отдельный тип устройств представляют конструкции с фиксированием толкателя плунжера или самого плунжера в крайнем положении и отключением цилиндров вследствие нарушения кинематической связи "кулачек-толкатель".

Наибольшей эффективностью и быстродействием отличаются способы отключения цилиндров путем разгерметизации ЛВД. Для разгерметизации ЛВД предлагались и золотниковые, и клапанные запорные элементы. Из всех рассмотренных средств наиболее удобными и приспособленными для использования при отключении цилиндров и циклов является ТА электронного управления величиной цикловой подачи с электрогидравлическими форсунками.

Значительное место в рассмотренной литературе занимают особенности образования основных токсичных веществ в ОГ, особенно на XX. Откуда следует, что для дизеля на XX характерны повышенные выбросы углеводородов и одним из средств их снижения является отключение цилиндров и циклов. Помимо этого, дополнительное снижение токсичности и дымности ОГ можно достигнуть применением электронных систем регулирования, эффективность работы которых складывается из следующих

факторов

1. Улучшение топливной экономичности (за счет: гибкости управления, более точной реализации законов управления и расширения числа обрабатываемых параметров; оптимального, согласованного с работой двигателя управления трансмиссией).

2. Снижение токсичности ОГ за счет факторов, перечисленных в п.1, и особенно поддержания оптимального угла опережения впрыска.

3. Снижение минимально-устойчивой частоты вращения коленвала за счет более точного регулирования подачи топлива по цилиндрам.

4. Улучшение пусковых свойств двигателя в условиях низких температур за счет выбора оптимальных подачи топлива и угла опережения впрыска.

5. Защита двигателя посредством его выключения при аварийных ситуациях.

6. Бортовая диагностика.

Процесс отключения цилиндров двигателя в первую очередь сопровождается отключением топливopодачи и естественно, что это отключение цилиндров, а тем более отключение цикла, может оказывать существенное влияние (с точки зрения ПП в ТА) на последующие циклы топливopодачи при включении цилиндра или группы цилиндров.

Исследованию особенностей топливopодачи при НУР ДВС посвящены работы Вагирова Д.Д., Васильченко И.Д., Кулякова С.М., Вершинина А.С., Магидовича Л.Е., Горелика Г.В., Пугачева В.П., Леонова О.Б., Патрахальцева Н.Н., Ждановского Н.С., Толшина В.И., Ковалевского Е.С., а также других авторов.

На основании проведенного анализа можно поставить следующую цель исследования. Разработать методы и средства повышения экономических, эффективных и экологических качеств дизеля путем отключения-включения цилиндров и циклов его работы.

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач:

1. Исследовать возможности повышения экономичности, снижения токсичности дизеля, повышения стабильности и устойчивости работы за счет исключения отрицательного влияния на работу двигателя ПП в ТА, связанных с процессами отключения-включения цилиндров.

2. Разработать средства отключения цилиндров, обеспечивающие

отключение-включение отдельных циклов при минимальных затратах энергии на привод исполнительных устройств.

3.С использованием разработанных средств предложить системы для повышения экономических и экологических качеств дизеля, системы регулирования дизеля отключением-включением циклов.

Вторая глава посвящена анализу применения отключения цилиндров и циклов при различных режимах работы ДВС и особое внимание уделено НУР.

Экономичность работы дизеля существенно зависит от стабильности и равномерности цикловых подач топлива. Нестабильность топливopодачи становится тем выше, чем ниже производительность топливной системы. Используя метод отключения циклов или цилиндров, при котором увеличивается производительность работающих секций насоса, можно воздействовать на увеличение стабильности топливopодачи, стабильности состава смеси и следовательно на увеличение индикаторного к.п.д.

При НУР дизеля цикловая подача $g_{ц}$ является функцией частоты вращения n , положения рейки h_r и $P_{нач}$ в ЛВД:

$$g_{ц}^{НУР} = f(n; h_r; P_{нач})$$

При этом процесс топливopодачи протекает с возмущением $P_{нач}$. Это возмущение называют "малым", если $\Delta P_{нач}^{НУР} < \delta P_{нач}^{УР}$ и "большим", если $\Delta P_{нач}^{НУР} > \delta P_{нач}^{УР}$, где $\delta P_{нач}^{УР}$ - нестабильность начального давления в установившихся режимах.

Функциональную зависимость изменения цикловой подачи и начального давления топлива при НУР работы двигателя можно представить в виде следующей зависимости:

$$g_{ц}^{НУР} = g_{ц}^{УР} + g_{ц}^{УР} \left(\frac{\partial P_{нач}}{\partial n} \Delta n + \frac{\partial P_{нач}}{\partial h_r} \Delta h_r \right)$$

Используя метод отключения-включения цилиндра на короткий промежуток времени (в пределах одного цикла двигателя) необходимо учесть влияние ПП в ТА на качество топливopодачи и качество протекания рабочего процесса. Для устранения влияния этих ПП необходимо отработать сочетание метода отключения циклов с методом воздействия на $P_{нач}$, т.е. с методом регулирования $P_{нач}$, что может обеспечить дополнительное повышение экономичности и эффективности работы дизеля при использовании метода отключения-включения отдельных цилиндров на время отдельных циклов.

Рассматривая кратковременный ПП, в течение которого тепловое состояние практически не успевает измениться и делая допущение о том, что ПП воздухоподогревателя в двигателе без наддува отсутствует, можно показать, что время прикистости определяется временем запаздывания срабатывания САР, временем ПП в системе регулирования, связанным с перемещением рейки, а также временем ПП в ТА, определяемым ПП в ЛВД. Использование метода отключения циклов совместно с методом воздействия на R_{max} позволяет свести к нулю время ПП в ТА. Замена метода регулирования работы дизеля перемещением рейки методом отключения-включения цилиндров или циклов позволяет ликвидировать ПП перемещения рейки. Введем показатель выигрыша во времени выполнения операции в следующем виде:

$$\Delta \tilde{T} = t - \frac{\tilde{T}_{gen} - \Delta \tilde{T}}{\tilde{T}_{gen}}$$

где: $\tilde{T}_{gen}$ — есть время прикистости двигателя исходного конструктивного выполнения со штатной системой регулирования топливоподачи, а $\Delta \tilde{T}$ — абсолютный выигрыш во времени выполнения операции, связанный с заменой САР с релейным управлением на САР отключения циклов и цилиндров.

Анализ нагрузочных характеристики дизеля по показателям токсичности, показывает, что они имеют как правило нелинейный характер. Причем увеличение цикловой подачи при неизменном среднем эффективном давлении, т.е. при увеличении полезной работы, совершаемой отдельными взятыми цилиндрами, и постоянной суммарной работы, совершаемой двигателем, что имеет место в случае отключения цилиндров, приводит к существенному снижению выбросов углеводородов (СН).

Необходимо также учитывать и зависимость выбросов углеводородов от величины коэффициента избытка воздуха. При его высоких значениях выбросы СН значительно превышают концентрации углеводородов на средних режимах. Отключение цилиндров позволяет повысить количество топлива, впрыскиваемого, в цилиндр и таким образом снизить коэффициент избытка воздуха и выбросы углеводородов.

С точки зрения выбросов СН наиболее неблагоприятным является процесс пуска. Впрыск большого количества топлива при отключении цилиндров приводит к большому выделению теплоты в цилиндре, и не только суммарного тепловыделения (вследствие большей цикловой подачи), но и качественного. Следствием этого

является более быстрый прогрев деталей камеры сгорания. Поэтому отключение цилиндров может сократить время прогрева дизеля и суммарный выброс углеводородов приблизительно в два раза.

Разгон двигателя приводит к возрастанию выброса дыма и углеводородов. Максимум выброса наблюдается с некоторой задержкой относительно изменения частоты вращения. Постоянные времени ПП и интенсивности дыма различаются в несколько раз, что приводит к длительному переходу значения дымности к новому стационарному значению.

При разработке элемента отключения цилиндров и циклов был выбран обратный клапан, связанный с ЛВД, открывающийся в сторону ЛВД за счет гидродинамических процессов в ЛВД и обеспечивающий ее зарядку топливом до заданного уровня $P_{нач}$. В качестве привода, удерживающего его в открытом состоянии, был выбран электромагнитный привод.

Конструктивно элемент системы отключения цилиндров и циклов выполнен в виде тройника изготовленного с резьбовыми соединениями и позволяющего устанавливать его с помощью переходной гайки либо на штуцере ТНВД, либо у форсунки двигателя. Обратный клапан с возвратной пружиной размещается в тройнике вблизи ЛВД и зажимается корпусом электромагнитной системы. Электромагнитная система включает в себя цилиндрический магнитопровод, внутри которого расположена обмотка, и плоский якорь выполненный в виде диска. При подаче напряжения на обмотку магнитный зазор замыкается якорем, перемещение которого через шток передается обратному клапану.

Учитывая быстродействие созданного элемента, малую потребляемую мощность, отсутствие необходимости коренных конструктивных изменений существующих ТА, на его основе можно создать ряд систем автоматического регулирования дизеля.

1. Систему экономайзера принудительного холостого хода дизеля
2. Систему безреачного автоматического регулирования отключением циклов.
3. Систему автоматического регулирования дозированием цикловых подач с помощью отключателей циклов.
4. Систему управления для поддержания теплового состояния дизеля.

В третьей главе описаны безмоторная,

моторная установки и методики экспериментальных исследований на дизелях 12ч 15/18, 4ч 11/12,5 (Д-242), 8ч 13/14 (ЯМЗ-238), 12чН 14/14 (ЯМЗ-8401) и 8ч 12/12 (КАМАЗ-740).

Экспериментальные исследования топливных насосов проводились на безмоторном стенде. Где определялось влияние разработанных ЭОЩ на параметры топливоподачи и зависимость качества впрыскивания от величины начального давления топлива в ЛВД.

Осциллографирование давления топлива в ЛВД проводилось при использовании тензометрического датчика давления, а регистрация - как на светолучевом осциллографе НО-115 на фотобумагу, так и на электроннолучевом С1-74. Специализированная электронная система управления фазами открытия и закрытия ЭОЩ позволяла в конкретные моменты времени подавать напряжение на электромагнитный привод ЭОЩ. Перемещение иглы форсунки измерялось индуктивным датчиком перемещения. Моторные испытания дизелей проводились как с подсоединенными балансируемыми машинами, так и с отсоединенными. Стенды оборудованы приборами для измерения основных параметров дизелей. Помимо этого применялась виброизмерительная аппаратура фирмы RFT и газоаналитическая - фирмы Bosch. Для исследования стабильности частоты вращения коленвала двигателя применялась специально разработанная быстродействующая электронная система, позволяющая оценить как колебания частоты вращения, так и поцикловую неравномерность.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований процесса топливоподачи ТА различных дизелей. Установка ЭОЩ на штатную ТА не оказывает существенного влияния на процесс впрыска. Несколько возрастает максимальное давление впрыска, в пределах точности измерений (за счет создания $P_{нач}$ в ЛВД), устраняется волновой процесс после отсечки топливоподачи и увеличивается цикловая подача топлива. Причем, в значительной степени на изменение этих характеристик оказывает влияние величина давления топлива, подводимого к ЭОЩ, работающему в этом случае как регулятор $P_{нач}$ в ЛВД.

Изучение влияния отключения цилиндров на неравномерность цикловой подачи по секциям проводилось на топливном насосе УТНМ-5. На режимах, соответствующих ХХ дизеля неравномерность достигает величины 47,5%, а для 2-х работающих секция - 24,8%.

т.е. практически в два раза меньше. На режиме малых нагрузок неравномерность для данного ТН соответственно равна 45% и 12,6%, или при работающих 2-х секциях она в 3,6 раза ниже, чем при всех работающих секциях.

Создание повышенного P_{max} увеличивает цикловую подачу во всем скоростном диапазоне и изменяет характер зависимости топливopодачи всех исследованных ТА. Причем с уменьшением частоты вращения цикловая подача растет, т.е. имеет место гидравлическая коррекция скоростных характеристик. Коэффициент коррекции подсчитывался как отношение текущей цикловой подачи к подаче топлива на номинальных оборотах при постоянном положении рейки ТН.

Со снижением p подача топлива неуклонно возрастает, соответственно растет и коррекция. Максимальное значение коэффициента коррекции составляет (при приблизительно равном $P_{max} = 0,2 \dots 0,3$ МПа) для ТА: КАМАЗ-740 - 1,12 ($n=500$ 1/мин), ЯМЗ-240 - 1,16 ($n=400$ 1/мин) и ЯМЗ-8401 - 1,23 ($n=300$ 1/мин). В то же время у серийных ТА он значительно ниже: ЯМЗ-8401 - 0,76 ($n=300$ 1/мин) и 0,89 ($n=900$ 1/мин), КАМАЗ-740 - 0,58 ($n=300$ 1/мин) и 0,75 ($n=900$ 1/мин).

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования дизелей с системами отключения цилиндров и циклов.

Снижение расхода топлива на XX было достигнуто на всех исследованных двигателях. Однако, во всех случаях максимальный эффект достигается на малых частотах вращения. Так для двигателя ЯМЗ-238 при $n=600$ 1/мин, расход топлива был снижен на 5,7% (6 цилиндров) и 5,4% (4 цилиндра). У двигателя КАМАЗ-740 при $n=800$ 1/мин на 6-ти и 4-х работающих цилиндрах снижение расхода топлива соответственно составило 4,75% и 4,3%, а при минимальной частоте вращения ($n=600$ 1/мин) равно 4%.

А снижение минимальной устойчивой частоты вращения дизеля ЯМЗ-238 отключением половины цилиндров до 500 1/мин позволило снизить расход топлива на 23,3% относительно работы двигателя при $n=600$ 1/мин. Для дизеля 124 15/18 при аналогичных условиях было получено снижение на 31%.

Существенно влияет на эффективность метода частота вращения коленвала (рис.1).

На режимах малых нагрузок отключение цилиндров также позволяет повысить топливную экономичность. Так, при работе

дизеля КАМАЗ-740 с нагрузкой, равной 0,05 от номинальной, во всем скоростном диапазоне имеется положительный эффект. Средний выигрыш по расходу топлива составил около 1%. Однако, в пределах 700...1400 1/мин предположительна работа с шестью работающими цилиндрами, где максимальное снижение расхода топлива составляет 3,9% при $n=800$ 1/мин. А при повышенных частотах, 1400...2600 1/мин, желательно использование только половины цилиндров, поскольку в этом случае четыре работающих цилиндра приводят к большей эффективности работы дизеля. И максимальная экономия топлива составляет 3,7% при 1800 1/мин.

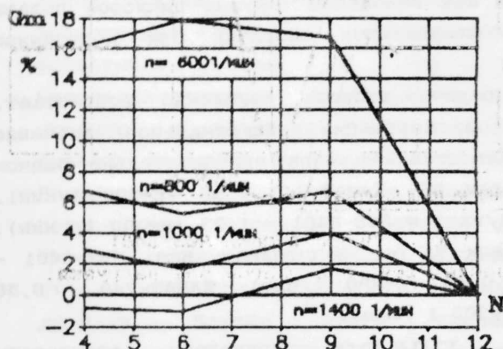


Рис.1. Зависимость относительного снижения расхода топлива на XX дизеля ЯМЗ-8401 при различном числе работающих цилиндров.

частоты вращения, составляет от 1,3% ($n=1500$ 1/мин) до 9% ($n=600$ 1/мин). Минимальный уровень вибраций соответствует работе двигателя на 6...9 цилиндрах. Работа на трех цилиндрах приводит к росту виброскорости, где максимальный рост наблюдается на частоте 1100 1/мин и составляет 7%. В большей степени наблюдается снижение боковых вибраций по оси X. Причем в зависимости от частоты вращения, максимальное снижение соответствует работе на 6 или 9 цилиндрах и достигает максимальной величины при $n=600$ 1/мин на 34%.

Отключение цилиндров позволило устранить колебания частоты вращения на XX. Так на дизеле Д-242 неравномерность снижается с 0,26 до 0,083 при среднем значении $n=1400$ 1/мин. Аналогичные результаты были получены и на дизеле ЯМЗ-8401. Максимальный

А для дизеля Д-242 положительный эффект наблюдается при работе на трех цилиндрах с нагрузкой $P_e=0...0,2$ МПа.

Отключение части цилиндров двигателя 124 15/18 в основном уменьшает уровень вибраций. Причем, по направлению оси Y (вертикальной) это уменьшение, в зависимости от

эффект достигается при отключении половины цилиндров и диапазоне частот вращения от минимально-устойчивой до 1000 1/мин.

На рис. 2 приведена осциллограмма выбега дизеля ЯМЗ-8401 и последующего его разгона без нагрузки. Выигрыш во времени выполнения такого ПП может быть получен при регулировании дизеля с помощью элементов ЭОЩ по сравнению со штатным случаем составил 20%

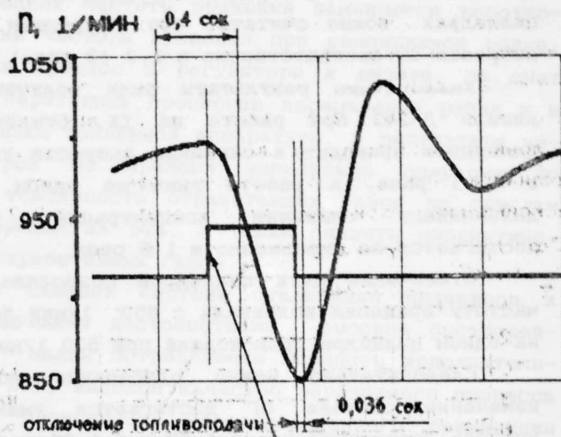


Рис. 2. Выбег дизеля ЯМЗ-8401 и последующий его разгон без нагрузки.

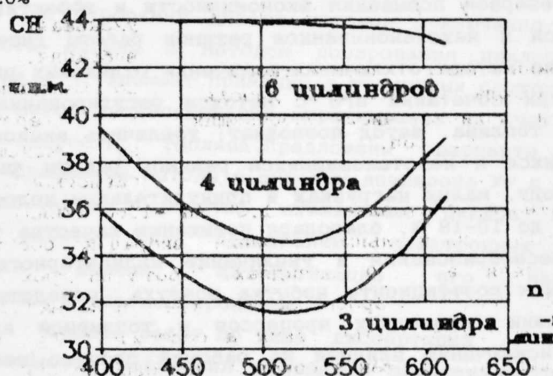


Рис. 3. Влияние отключения цилиндров на токсичность ОГ дизеля RABA-MAN на холостом ходу.

Исследование влияния отключения цилиндров на токсичность отработавших газов проводилось на шестицилиндровом двигателе RABA-MAN автобуса Икарус.

Работа на трех цилиндрах сопровождается меньшим выбросом по сравнению с четырьмя работающими. Так, максимальное

уменьшение выброса углеродов на трех цилиндрах, по сравнению с шестью, составило 28 %, а на четырех - 22%.

Меньшие концентрации СО соответствуют работе на трех цилиндрах. Можно считать, что в среднем достигается снижение выбросов СО соответственно в 1,2 (3 цил.) и 1,1 (4 цил.) раза.

Аналогичные результаты были получены и при испытаниях дизеля Д-242 при работе на XX. Отключение одного и двух цилиндров приводит к снижению выбросов углеродов примерно в 1,25 раза, а работа лишь на одном цилиндре приводит к дальнейшему снижению концентрации, в результате чего достигается ее уменьшение в 1,8 раза.

Отключение двух цилиндров позволило снизить минимальную частоту вращения коленвала с 650 1/мин до 610 1/мин, а работа на одном цилиндре происходила при 520 1/мин.

Следовательно можно однозначно говорить, что помимо изменения состава ОГ достигается уменьшение их валового выброса соответственно в 1,07 и в 1,25 раза.

Основные результаты и выводы

1. В работе подтверждена эффективность метода регулирования работы дизеля отключением цилиндров и циклов. Показано, что важным резервом повышения экономичности и эффективности установившихся и неуставившихся режимов работы дизеля является реализация метода отключения-включения отдельных циклов работы дизеля при сочетании его с методом регулирования начального давления топлива. Метод позволяет: увеличить экономичность установившихся и неуставившихся режимов работы дизеля на холостом ходу, малых нагрузках и принудительном холостом ходу на величину до 10-18 %, благодаря повышению качества топливоподачи и смесеобразования и увеличению индикаторного к.п.д., с уменьшением коэффициента избытка воздуха, вследствие сокращения времени переходных процессов в топливной аппаратуре и дизеле, исключению влияния на рабочий процесс неустойчивости топливоподачи; повысить устойчивость работы двигателя с потребителем на частичных нагрузках, за счет исключения необходимости работы ТА на частичных нагрузочных режимах, за счет увеличения степени коррекции регулированием начального давления топлива в среднем на 30...45% и исключению возможности появления случайных переходных процессов с большим возмущением; стабилизировать частоту вращения, уменьшив неустойчивость на 30-50%, благодаря устранению нелинейного фактора регулирова-

ния, в результате чего длинноволновые колебания рейки топливного насоса и колебания частоты вращения заменяются коротко-волновыми колебаниями частоты вращения при неподвижной рейке; сократить переходный процесс в регуляторе и дизеле, за счет полного исключения переходных процессов перемещения рейки и в линии высокого давления топливной аппаратуры, в результате чего достигнут выигрыш во времени выполнения операций до 10...20 %; снизить токсичность отработавших газов по оксидам углерода и углеводородам на 50%, а также снизить неприятный, раздражающий запах отработавших газов.

2. Разработанный элемент системы отключения цилиндров и циклов обладает следующими достоинствами: высокое быстродействие (2...3 мсек); малая потребляемая мощность исполнительного механизма (2,2 Вт); высокое качество переходного процесса (0,001...0,01 сек); возможность модернизационного применения на существующих топливных аппаратах; возможность использования с любым типом электронного регулятора; отсутствие загрязнения среды высокочастотными электромагнитными помехами.

3. Разработанный элемент может найти применение в системах безреачного регулирования дизеля методом отключения-включения циклов работы дизеля и методом дозирования цикловых подач перелуском на ЛЧ. Элемент применим в топливных системах, реализующих метод интенсификации впрыскивания за счет создания начальной скорости топлива. Предложены варианты систем, реализующих указанные методы в широком диапазоне УР и НУР.

4. Разработанные средства отключения циклов позволяют расширить работы по применению электронных средств регулирования дизеля, автоматизации его защиты и эксплуатационного диагностирования.

Список работ по теме диссертации

1. Возможности повышения топливной экономичности дизелей типа ЯМЗ-238 отключением цилиндров и циклов / А. В. Зиняев, Г. С. Корнилов, В. В. Курманов, И. Ю. Олесов, Н. Н. Патрахальцев, М. В. Эмиль // Двигателестроение. - 1991, No 3. - С. 39-41.

2. Олесов И. Ю., Фомин В. М. Установка для исследования токсичности дизеля с вихрекамерным смесеобразованием / Повышение эффективности использования процессов в тепловых двигателях: сб. науч. трудов. - М.: Из-во УДН, 1985. - 92 с.

3. Патрахальцев Н. Н., Эмиль М. В., Олесов И. Ю. Повышение топливной экономичности дизелей методом отключения цилиндров и

циклов. // Актуальные проблемы развития двигателей внутреннего сгорания: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции / Ленинград, 1990. - С. 195.

4. Система оперативной подготовки смеси топлив и эмульсий во время работы дизеля / Патрахальцев Н.Н., Шаликова В.П., Камышников О.В., Олесов И.Ю. // Актуальные проблемы развития двигателей внутреннего сгорания: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции / Ленинград, 1990. - С. 195.

5. Возможности улучшения экономических и экологических свойств дизелей КАМАЗ-740 отключением цилиндров и циклов на режимах холостых ходов и малых нагрузок / Д.Х. Валиев, В.А. Гергенредер, И.Ю. Олесов, Н.Н. Патрахальцев // Двигателестроение. - 1991, No 8-9. - С. 62.

6. Система подачи топлива в дизель: А.с. 1548497 МКИ F02M 55/00. / Н.Н. Патрахальцев, В.Г. Павлюков, И.Ю. Олесов, О.В. Камышников - 6 с.

7. Система регулирования многоцилиндрового дизеля: А.с. 1657703 СССР, МКИ F 02 D 17/ 02/ Н.Н. Патрахальцев, И.Ю. Олесов, О.В. Камышников, И.В. Евтеев, М.В. Эмиль. - 5с.

8. Система топливоподачи: А.с. 1624196, МКИ F 02 M 63 /02/ Н.Н. Патрахальцев, О.В. Камышников, И.Ю. Олесов, Ридхи Стхапит.

9. Устройство для аварийной остановки дизеля: А.с. 1638339 СССР, МКИ F 02 D 17/ 04/ Н.Н. Патрахальцев, И.Ю. Олесов, Е.Н. Патрахальцев, О.В. Камышников. - 3с.

10. Топливная система дизеля с отключаемыми цилиндрами : А.с. 1694956, МКИ F 02 M 63 /02/ Н.Н. Патрахальцев, О.В. Камышников, И.Ю. Олесов, В.А. Зудин, М.Э. Эмиль. - Оpubл. в В.И. 1991. - No 44- 6с.

11. Топливная система дизеля с отключаемыми цилиндрами : А.с. 1694955, МКИ F 02 M 63 /02/ Н.Н. Патрахальцев, И.Ю. Олесов, О.В. Камышников М.Э. Эмиль, В. А. Зудин. - Оpubл. в В.И. 1991. - No 44- 6с.

12. Топливная система газожидкостного дизеля: А.с. 1394806, МКИ F 02 M 63 /02/ Н. Н. Патрахальцев, Е.Н. Патрахальцев, И.Ю. Олесов. - 08.01.88. - не публ.

13. Система питания для газодизеля: А.с. 1625995 МКИ F 02 M 63 /02/ Н.Н. Патрахальцев, Е.Н. Патрахальцев, И.Ю. Олесов, В.В. Челознов. - Оpubл. в В.И. 1991. - No 5. - 5с.

21.04.93г.

Объем 1л. л.

Тир. 100

Зак. 260

Тл. РУН, Оригинал, 3