М430102

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

УДК 621.436—55:62—531.6.001.57

ХРЯЩЕВ
Юрий Евгеньевич

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

(Специальность 05.04.02 — Тепловые двигатели)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1985

Работа выполнена на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» Ярославского политехнического института.

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент Е. И. Блаженнов.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, лауреат Государственной премии СССР Н. С. Ханин,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник В. И. Шатров.

Ведущее предприятие — Ярославский завод топливной аппаратуры.

Защита диссертации состоится 11 марта 1985 г. в 14 часов на заседании специ
машины и теорети
умана по адресу:
корпус факультет

С диссертаци
им. Н. Э. Бауман

Ваши отзыв
дения, просим в
ская улица, дом
совета К.053.15.0

Автореферат

М130102

Ученый секр
совета К.053
кандидат те

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981 – 1985 годы и на период до 1990 года, принятыми XXVI съездом КПСС, предусматривается дальнейшее ускоренное развитие производства грузовых автомобилей с дизельными двигателями. Поставлена задача повышения топливной экономичности двигателей за счет совершенствования их конструкции, улучшения условий труда обслуживающего персонала, уменьшения дымности отработанных газов и др.

Значительное влияние на эксплуатационные показатели оказывает протекание скоростных, нагрузочных и регуляторных характеристик, причем последние во многом определяют работу автомобильного дизеля (АД) на неустановившихся режимах.

По характеру протекания регуляторных характеристик способы регулирования частоты вращения могут быть подразделены на всережимный, двухрежимный и всережимный с пологими характеристиками (в дальнейшем для краткости называемый трехрежимным).

Результаты исследований, посвященных проблеме выбора способа регулирования частоты вращения АД, противоречивы и недостаточно аргументированы , а поскольку за счет правильного выбора типа регулятора для автомобильного дизеля можно добиться уменьшения эксплуатационного расхода топлива, улучшения условий управления подачей топлива, условий работы водителя и др., то проблема является актуальной.

Цель работы. Исследование динамических свойств САР частоты вращения автомобильного дизеля с различными типами регуляторов и обоснование выбора типа регулятора, способствующего уменьшению эксплуатационного расхода топлива, улучшению условий труда водителя, повышению долговечности автомобиля и других эксплуатационных показателей.

Методы исследований. Изучение динамических свойств САР частоты вращения проведено частотным методом и статистически, причем САР частоты вращения рассматривается как элемент динамической системы "регулятор – дизель – автомобиль" (Р-Д-А). Теоретические исследования выполнены с помощью ЭЦВМ БЭСМ-6, ЕС-1020, Одра-1204 и СМ-4.

Экспериментальные исследования проведены на безмоторном стенде EFS 3016B HANSMANN, на электрическом тормозном стенде САК-Н6701? h и на автомобилях МАЗ-500А и КАМАЗ-5320 в различных

М430102

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана 1430102

режимах движения в климатических условиях средней полосы СССР, а также путем имитации режимов движения на комплексе автомобильных дорог ЦНИАП НАМИ.

Научная новизна заключается в следующих положениях, выносимых автором на защиту. Впервые в отечественной практике проведен структурно-параметрический анализ динамической системы Р-Д-А частотным методом и получены её экспериментальные частотные характеристики. Впервые получены данные, описывающие поведение элементов исследуемой системы в различных эксплуатационных условиях с тремя типами регуляторов частоты вращения АД, а также сведения о влиянии способа регулирования частоты вращения АД на его тепловое состояние. В результате проведенных исследований - на АД рекомендовано устанавливать трехрежимные регуляторы.

Практическая ценность работы. Методика получения частотных характеристик САР частоты вращения АД в дорожных условиях характеризует её частотные свойства, важные в процессе доводки и модернизации автомобилей. Методика оптимизации параметров системы Р-Д-А позволяет улучшить её резонансные свойства только за счет конструктивных особенностей регулятора.

Методика статистических исследований дает объективную оценку динамики САР частоты вращения, а также теплового состояния АД с различными типами регуляторов.

Разработаны две схемы перспективных образцов регуляторов частоты вращения АД, которые защищены авторскими свидетельствами СССР.

Реализация работы. Методика расчётов и экспериментального получения частотных характеристик используется на Ярославском моторном заводе и Ярославском заводе дизельной аппаратуры. Результаты исследований используются при разработке перспективных конструкций регуляторов частоты вращения в ОГК ЯЗДА. Установка для изучения статических характеристик регуляторов внедрена в учебный процесс на кафедре ДВС Ярославского политехнического института.

Использование результатов работы подтверждается соответствующими документами.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены и обсуждены на:

- научно-технических конференциях Ярославского политехнического института в 1976-1981 г.г. и в 1983 г.;

- Всесоюзном семинаре "Использование математического моде-

лирования и ЭВМ в исследовании процессов рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания" в Челябинске, 1977г.;

- Всесоюзных конференциях "Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания" (МАДИ в 1978г. и 1982г.);

- Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в машиностроении и приборостроении" (МВТУ, 1980г.);

- заседаниях научно-технического совета ЯЗДА в 1982г. и 1984г.;

- научно-техническом семинаре инженерно-конструкторского центра ЯМЗ и кафедры ДВС ЯПИ в 1984 г.;

- Всесоюзном научно-техническом семинаре по автоматическому регулированию теплоэнергетических установок при МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1983г. и 1984г.;

- Всесоюзном научно-техническом совещании "Динамика и прочность автомобиля" (Москва, 1984г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 статей и получено два авторских свидетельства СССР. Отдельные разделы работы содержатся в 4-х отчетах по НИР, выполненных в ЯПИ при участии автора.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и приложений, содержит 130 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 93 рисунка и список литературы (120 наименований, в том числе 14 - на иностранных языках).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Состояние вопроса. Цель и задачи исследования

Работа транспортного двигателя внутреннего сгорания в условиях неустановившихся режимов приводит к увеличению расхода топлива и дымности отработавших газов. При переходных процессах неизбежны ускорения коленчатого вала, вследствие чего рабочие циклы в различных цилиндрах протекают при изменяющихся условиях газообмена, подачи и распыливания топлива, движения заряда в камере сгорания, теплообмена и сгорания.

Работа АД на неустановившихся режимах во многом определяется автоматическим регулятором частоты вращения.

Большой вклад в изучение динамических свойств САР частоты вращения коленчатого вала транспортного дизеля внесли Г.Г.Калиш, В.И.Крутов, А.М.Кац, В.Н.Болтинский, И.И.Кринецкий, Н.Н.Настенко,

А.А.Грунауэр, А.Х.Морозов, К.Е.Долганов, В.И.Толшин, В.А.Петров и др.

Е.И.Блаженновым и В.И.Шестухиным выявлен ряд преимуществ двухрежимного способа регулирования в условиях движения по городу, в последующем это подтверждено работами ЯМЗ, ЯШИ, ВКЭИАвтобуспрома, Львовского политехнического института. Однако проблема выбора способа регулирования к настоящему моменту не решена, и результаты проведенных испытаний противоречивы. Специалисты КАМАЗа и ЛИСИ, например, выступают в пользу всережимного способа регулирования.

Внедрение двухрежимных регуляторов сдерживается вследствие падения характеристик крутящего момента при уменьшении скоростного режима и неустойчивости работы двигателя. Попытки улучшить эти характеристики применением в ТНВД нагнетательного клапана-корректора не дали положительного результата вследствие существенного усложнения технологии производства топливной аппаратуры. Реальная возможность корректировки характеристик крутящего момента сейчас усматривается в применении трехрежимных регуляторов частоты вращения, разрабатываемых в СССР и за рубежом.

Отметим, что исследований динамики САР АД с трехрежимными регуляторами в дорожных условиях вообще не проведено.

АД зарубежных фирм оснащаются разными типами регуляторов. При этом сравнительная оценка регуляторов различных типов отсутствует.

В связи с этим возникают задачи изучения динамики САР АД с различными типами регуляторов, влияния различных типов регулирования на топливные, скоростные и другие показатели автомобиля.

Для этого необходима методика, позволяющая исследовать САР АД совместно с крутильной системой автомобиля. Разработка такой методики составляет одну из задач данного исследования.

Для изучения динамической системы Р-Д-А целесообразен частотный метод, удобно реализуемый для всестороннего динамического анализа систем в условиях непрерывно изменяющихся воздействий. С другой стороны, исследование динамики САР в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным, можно осуществить только статистически.

2. Моделирование системы "регулятор - дизель - - автомобиль"

Изучение влияния различных параметров на динамику системы Р-Д-А проведено с помощью математической модели, составленной на

основе дифференциальных уравнений элементов системы. Причем САР частоты вращения АД рассматривается как составная часть крутильной системы автомобиля, которая приведена к эквивалентной двухмассовой. Уравнение системы Р-Д-А в операторной форме имеет вид:

$$D_a(p)\varphi = \theta_p \theta_h d_h(p) \alpha_p - d_p(p) d_y(p) \alpha_н, \qquad (1)$$

где $D_a(p)\varphi$ – оператор системы "двигатель–трансмиссия–автомобиль", причем

$$D_a(p) = A_5 p^5 + A_4 p^4 + A_3 p^3 + A_2 p^2 + A_1 p + A_0; \qquad (2)$$

$d_p(p) = \mu p^2 + \vartheta p + F_p$ – оператор регулятора;

$d_y(p) = T_y p + 1$ – оператор упругих связей;

$d_h(p) = b_2 p^2 + b_1 p + 1$ – оператор воздействия по координате рейки;

θ_p – коэффициент настройки регулятора;

θ_h – коэффициент влияния изменения координаты рейки;

α_p – относительная координата рычага управления;

$\alpha_н$ – относительная координата нагрузки.

Коэффициенты оператора $D_a(p)$:

$$\left.\begin{aligned} A_5 &= T_p^2 a_3; \\ A_4 &= T_p^2 a_2 + T_к a_3; \\ A_3 &= T_p^2 a_1 + T_к a_2 + \delta_г a_3; \\ A_2 &= T_p^2 a_0 + T_к a_1 + \delta_г a_2 + b_2 \theta_h; \\ A_1 &= T_p^2 a_0 + \delta_г a_1 + b_1 \theta_h; \\ A_0 &= \delta_г a_0 + \theta_h. \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

В этих выражениях:

$$\left.\begin{aligned} a_3 &= T_a \cdot T_д \cdot T_b; \\ a_2 &= T_д T_b (T_a K_д + T_д K_a) + T_y (T_a + T_д); \\ a_1 &= T_b K_a K_д + T_y (K_a + K_д) + (T_a + T_д); \\ a_0 &= K_a + K_д; \\ b_2 &= T_a + T_b; \\ b_1 &= T_b K_a + T_y, \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

где T_p, T_a, $T_д$, T_b, T_y, $T_к$ – постоянные времени соответственно регулятора, автомобиля, двигателя, валов, упругих связей, катаракта;

K_a, $K_д$ – коэффициенты, соответственно автомобиля и двигателя;

μ – приведенная масса муфты регулятора;

ϑ – фактор торможения муфты;

δ_z – местная степень неравномерности.

Для расчета амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) по регулируемой координате φ при воздействии на настройку регулятора (α_p) использовалось выражение:

$$R_{\varphi}^{\alpha} = \sqrt{\frac{A_0^2(1-b_2\omega^2)^2 + b_1^2\omega^2}{(A_4\omega^4 - A_2\omega^2 + A_0)^2 + \omega^2(A_5\omega^4 - A_3\omega^2 + A_1)^2}} \quad (5)$$

Составленная электронная модель системы Р-Д-А, реализованная на ЭВМ ЭМУ-10, позволила учесть влияние "нелинейностей" (силы сухого трения в регуляторе, зазор в трансмиссии автомобиля).

Исходными данными для расчетов являются:

$J_д$, $J_а$ – моменты инерции двигателя и ведомой массы (автомобиля);

$F_д$, $F_р$ – факторы устойчивости двигателя и регулятора;

$K_д$, $K_р$ – коэффициенты двигателя и регулятора;

ϑ – фактор торможения регулятора;

e – податливость трансмиссии;

ξ – коэффициент демпфирования трансмиссии;

$\sigma_а$ – коэффициент влияния изменения угловой скорости приведенных маховых масс на момент сопротивления автомобиля.

Исследования проведены применительно к САР частоты вращения дизеля КАМАЗ - 740(8ЧI2/I2) на автомобиле КАМАЗ-5320 и дизеля ЯМЗ-236 (6ЧI3/I4) на автомобиле МАЗ-500А.

Моменты инерции $J_а$, $J_д$ и коэффициент $\sigma_а$ получены расчетным путем. Факторы устойчивости $F_д$, $F_р$ и коэффициенты $K_д$, $K_р$ получены по статическим характеристикам. Фактор торможения ϑ вычислен по экспериментальным фазовым частотным характеристикам. Податливость трансмиссии e определена расчетным путем и экспериментально, коэффициент демпфирования ξ – по логарифмическому декременту затухания переходных процессов, полученных при движении автомобиля.

3. Исследование динамических свойств САР частоты вращения автомобильного дизеля частотным методом

Основными исходными данными для частотного метода исследований являются частотные характеристики. Экспериментальное получение частотных характеристик вызвано необходимостью изучения динамики системы Р-Д-А, идентификации математической модели, уточнения основных закономерностей влияния отдельных параметров на динамические свойства системы.

Для получения экспериментальных частотных характеристик САР дизелей ЯМЗ-236 и КАМАЗ-740 на автомобилях МАЗ-500А и КАМАЗ-5320 разработана методика, в соответствии с которой возмущающее воздействие на рычаг управления регулятора задается в виде гармонических колебаний с помощью частотного исполнительного механизма.

Для АЧХ САР частоты вращения дизеля по регулируемой координате φ характерно наличие ярко выраженного резонансного максимума (рис.I), а для системы Р-Д-А - двух резонансных максимумов (рис.2).

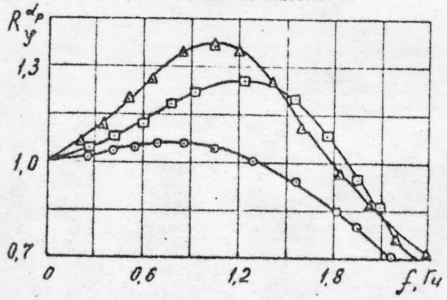


Рис.I. Экспериментальные АЧХ САР частоты вращения дизеля КАМАЗ-740.

⊡ — $n_{ср.}$ = 1320 мин$^{-1}$

△ — $n_{ср.}$ = 2670 мин$^{-1}$

⊙ — $n_{ср.}$ = 1800 мин$^{-1}$

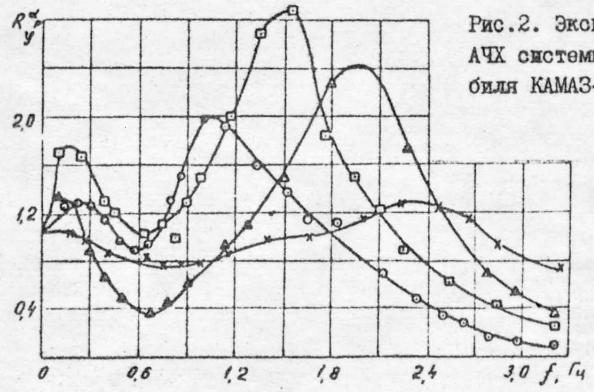


Рис.2. Экспериментальные АЧХ системы Р-Д-А автомобиля КАМАЗ-5320.

⊙ – 1н передача КП

⊡ – 2н передача КП

△ – 3н передача КП

X – 4н передача КП

АЧХ, рассчитанные на ЦВМ и АВМ показали удовлетворительное качественное совпадение с экспериментом. При этом лучшее совпадение наблюдается при расчете на АВМ с учетом нелинейностей (например, система Р-Д-А автомобиля МАЗ-500А при его движении на П передаче, рис.3). На ЦВМ проанализировано влияние отдельных параметров на частотные свойства САР. Очевидно, что оптимизация сочета-

ния этих параметров (факторов) способствует улучшению динамических свойств системы. Особенно эффективен выбор факторов (и их уровней), определяемых характеристиками регулятора (F_p, ϑ, K_p) без изменения при этом других элементов системы Р-Д-А, в том числе и структурной схемы регулятора. При этом можно существенно увеличить устойчивость САР, например, по показателю колебательности (целевая функция). Оптимизация проведена методом последовательного симплексного поиска. Величина шага варьирования факторов составила 15% от диапазона их области определения. В результате расчетов выявлен комплекс оптимальных параметров:

$\vartheta = 500\ Н \cdot с \cdot м^{-1}$; $K_p = 5 \cdot 10^4\ Н \cdot м^{-1}$; $F_p = 12 \cdot 10^3\ Н \cdot м^{-1}$ АЧХ системы Р-Д-А автомобиля МАЗ-500А, построенная с учетом последних, показана на рис. 3. Расширив область определения целевой функции (за счет, например, изменения конструктивной схемы регулятора), резонансные свойства системы Р-Д-А могут быть еще более улучшены. Например, дальнейшее увеличение величины F_p может быть осуществлено только в конструкции трехрежимного регулятора. В таком случае тот же эффект достигается за счет изменения только одного фактора (F_p), а не трех. Это подтверждается экспериментально полученными АЧХ системы Р-Д-А с трехрежимным регулятором, обеспечивающим на промежуточных режимах высокие значения F_p . Переход к двухрежимному способу регулирования при $F_\vartheta > 0$ (способствует дальнейшему улучшению резонансных свойств системы (рис.4), включающей в этом случае дизель, трансмиссию и автомобиль, т.к.на промежуточных режимах регулятор не работает.

4. Исследование динамики САР частоты вращения статистическими методами

При движении автомобиля воздействия на систему Р-Д-А со стороны водителя и со стороны дороги являются случайными, а потому исследовать поведение такой системы целесообразно с помощью статистических параметров (среднеквадратичное отклонение (с.к.о.) (или дисперсия) случайного процесса, плотность распределения вероятностей; автокорреляционная функция; спектральная плотность).

Обоснован выбор для статистических исследований следующих случайных величин: частоты вращения вала, крутящего момента в трансмиссии, координат рейки топливного насоса и рычага управления регулятора, а также с.к.о. их первых производных. Последнее дает возможность проанализировать угловое ускорение коленчатого вала, скорости рейки и рычага управления и интенсивность изменения $M_{кр}$.

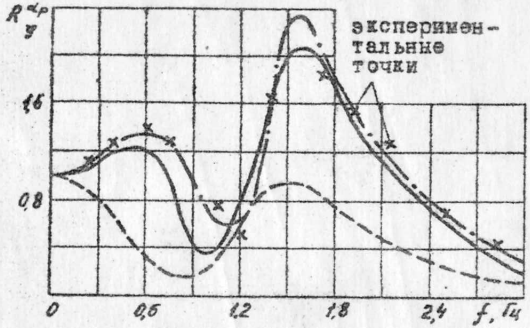


Рис.3. АЧХ системы Р-Д-А (——— без учета нелинейностей, — · — · — с учетом нелинейностей, – – – – оптимизированная).

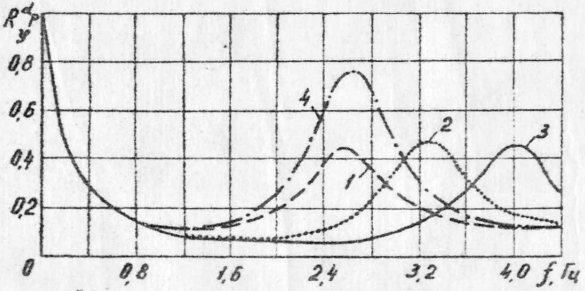
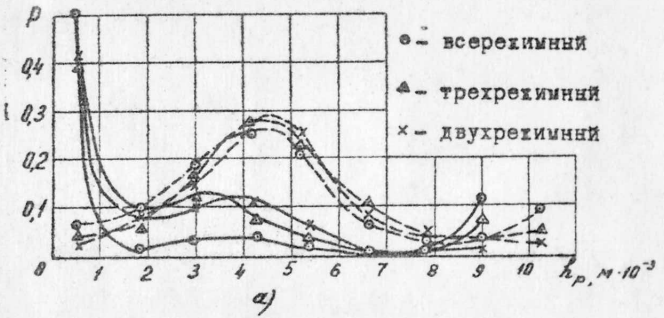


Рис.4. Расчетные АЧХ системы "дизель-трансмиссия-автомобиль"

$c_1 = 5 \cdot 10^{-5} H^{-1} \cdot м^{-1}$; $c_2 = 3 \cdot 10^{-5} H^{-1} \cdot м^{-1}$; $c_3 = 2 \cdot 10^{-5} H^{-1} \cdot м^{-1}$;

$\xi_1 = 70 H \cdot м \cdot с$; $\xi_4 = 50 H \cdot м \cdot с$.



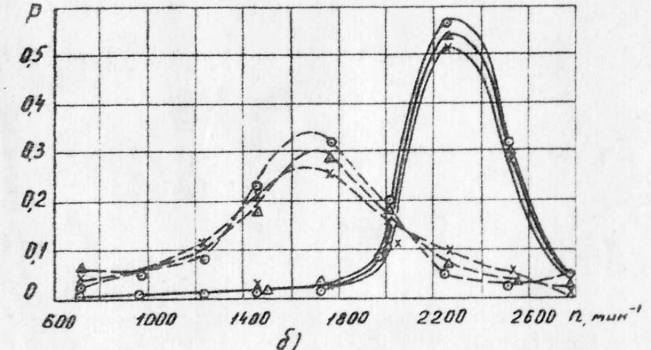


Рис.5. Распределение вероятностей координаты рейки (а) и частоты вращения двигателя (б) автомобиля КамАЗ-5320 (при движении в городских условиях, _____ в магистральных.

В данном случае для одновременной регистрации указанных случайных процессов использовались как магнитограф Н-062, так и осциллограф К I2-22. Реализации случайных величин, зафиксированные магнитографом, обрабатывались на ЭЦВМ СМ-4, а сигнал с осциллографа, предварительно преобразованный в цифровой код на дешифраторе Ф-00I, - на ЭЦВМ БЭСМ 6 , ЕС-I020 и Odra - I204.

Из условий необходимой точности получения статистических оценок, определяющей достоверность выводов, рассчитана длина реализаций, шаг квантования и частота опроса.

Испытания проведены по режимам городского и магистрального циклов в реальных дорожных условиях движения и при их моделировании на автополигоне НАМИ.

Сравнивая величины оценок с.к.о. (S) исследуемых параметров и их производных (таблица), характеристики законов распределения (рис.5) и нормированные автокорреляционные функции (рис.6), можно сделать вывод о том, что в городских условиях движения частота вращения и угловые ускорения коленчатого вала наиболее интенсивно изменяются при работе системы с двухрежимным регулятором, наименее - со всережимным. Однако при двухрежимном регулировании в отличие от всережимного, рейка ТНВД движется с меньшей скоростью и имеет меньшие амплитуды перемещений.

Таблица

Оценки с.к.о. исследуемых параметров и их производных, полученных в условиях городского движения автомобиля КАМАЗ-5320

Тип регулятора	S_n мин$^{-1}$	$S_{\dot n}$ с$^{-2}$	S_h м.10^{-3}	$S_{\dot h}$ м.10^{-3}.с$^{-1}$	S_M Н.м.	$S_{\dot M}$ Н.м.с$^{-1}$	S_Ψ %	$S_{\dot\Psi}$ (%).с$^{-1}$
Всережимный	4I5,2	II,5	3,I8	4,86	933	6067	24,23	68,28
Трехрежимный	43I,2	I6,0	2,83	3,76	88I	48I5	25,80	52,I7
Двухрежимный	446,3	23,4	2,52	2,9I	845	5304	26,26	25,0

В таблице обозначено: n - частота вращения коленчатого вала, h, M, Ψ - координаты соответственно рейки, момента и рычага управления.

Величина крутящего момента в трансмиссии при всережимном регулировании в отличие от двух- и трехрежимного, изменяется более резко.

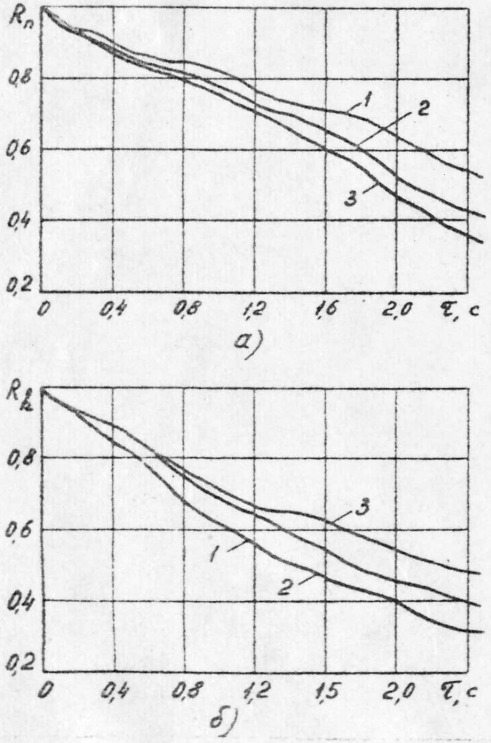


Рис.6. Нормированные автокорреляционные функции а) частоты вращения коленчатого вала б) координаты рейки топливного насоса. 1-соответствует варианту со всережимным регулятором; 2 – с трехрежимным; 3 – с двухрежимным.

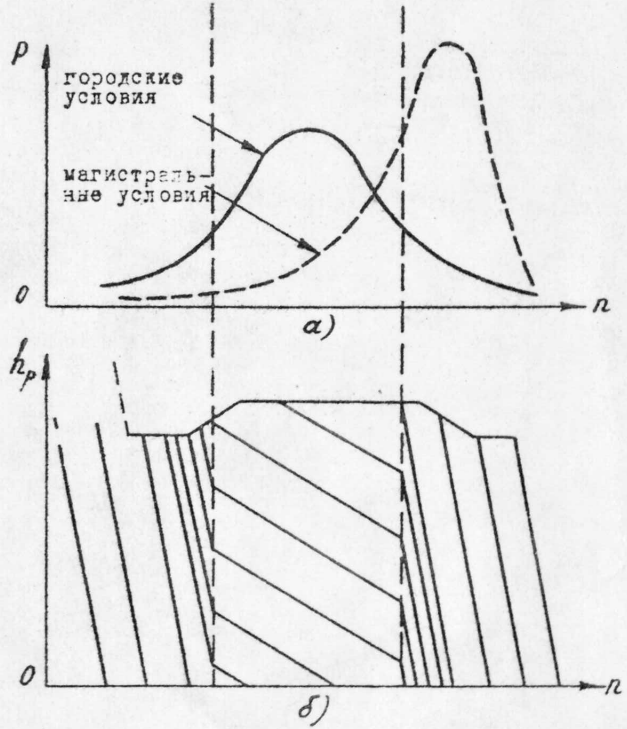


Рис.7. Соответствие распределения вероятностей частоты вращения (а) статическим характеристикам координаты рейки при трехрежимном регулировании.

Анализ упомянутых результатов позволяет оценить удобство управления автомобилем, оснащенным разными типами регуляторов. Так, при двухрежимном регулировании увеличивается по сравнению со всережимным частота воздействия водителя на педаль акселератора, но сами воздействия осуществляются с меньшим усилием и более плавно (см.табл.).

Эти закономерности, в основном, справедливы и для магистральных условий движения.

Выводы по результатам исследований систем Р-Д-А автомобилей МАЗ-500А и КАМАЗ-5320 идентичны.

Параллельно с этим было исследовано влияние типа регулирования на тепловое состояние АД. Статистическим методом установлено, что изменение температуры межклапанной перемычки головок цилиндров АД КАМАЗ-740 со всережимным регулятором в городских условиях движения является более интенсивным (с.к.о. температуры при всережимном регулировании составляет 47,64°К против 42,7I°К для двухрежимного) при среднем уровне температуры в обоих случаях 403°К.

5. Анализ влияния способа регулирования частоты вращения дизеля на технико-экономические показатели автомобиля

С целью изучения влияния способа регулирования АД на топливно-скоростные качества автомобиля проведены дорожные испытания в упомянутых выше условиях движения.

Результаты этих испытаний с погрешностью, не превышающей 0,5%, с участием водителей разной квалификации показали, что тип регулятора наиболее существенно определяет эксплуатационный расход топлива в условиях городского цикла. При заездах с двухрежимным регулятором экономия топлива составляла (5-7,5%), с трехрежимным -4,5-6,5%) по сравнению со всережимным. В магистральных условиях движения существенной разницы в расходе топлива не выявлено. При имитации горных условий движения с трехрежимным регулятором экономия топлива достигла 3,5% по сравнению с двухрежимным и 2% - по сравнению со всережимным регулятором.

В результате испытаний на динамометрической дороге по ГОСТ 22576-77 установлено, что при идентичном протекании внешних скоростных характеристик крутящего момента способ регулирования практически не влияет на скорость и путь разгона автомобиля. При двух- и трехрежимном регулировании положительное влияние на усло-

вия управления автомобилем оказывает снижение (в 2 раза) усилий на педали акселератора. При трехрежимном регулировании отмечена особо быстрая адаптация водителей, т.к. управление в этом случае практически аналогично таковому для автомобилей с карбюраторным двигателем. Важным преимуществом трехрежимных регуляторов, имеющих возможность регулировки величины диапазона каждой из трех зон, является их способность обеспечивать работу АД в условиях неустановившихся режимов (городские, горные, карьерные) по пологим регуляторным характеристикам, а в условиях установившихся режимов (магистральные) - по крутым (рис.7).

С учетом того, что различные по назначению автомобили оснащаются одними и теми же двигателями (и регуляторами), внедрение трехрежимного регулятора будет способствовать снижению расхода топлива вследствие обеспечения возможности устанавливать подачу топлива в зависимости от условий движения автомобиля.

Степень наклона регуляторных характеристик на скоростных режимах между номинальным и минимальным можно оптимизировать путем подбора жесткости упругих элементов при доводочных испытаниях новых моделей автомобиля.

6. Разработка схем перспективных конструкций регуляторов частоты вращения автомобильного дизеля

В связи с установленной целесообразностью оснащения АД трехрежимными регуляторами частоты вращения разработаны схемы конкретных конструкций таких регуляторов, способных обеспечить характеристики, показанные на рис.7. На две схемы таких регуляторов получены авторские свидетельства СССР.

В Ы В О Д Ы

I. Экспериментально-теоретическим путем определены параметры САР частоты вращения автомобильных дизелей ЯМЗ-236 и КАМАЗ-740, т.е. базовых модификаций семейства ЯМЗ и КАМАЗ.

2. В результате структурно-параметрического анализа динамики САР частоты вращения АД, проведенного по специально разработанной методике с помощью математической модели, рассматривающей САР частоты вращения как элемент системы Р-Д-А, выявлено, что для улучшения частотных свойств САР автомобильных дизелей КАМАЗ-740 и

ЯМЗ-236, в серийном варианте оснащенных всережимными регуляторами, требуется уменьшение фактора торможения регулятора и его коэффициента усиления и увеличение фактора устойчивости регулятора в пределах, максимально достижимых без изменения структурной схемы регулятора.

Существенное улучшение частотных свойств системы может быть достигнуто при изменении только одного параметра - величины фактора устойчивости регулятора, что соответствует схеме трехрежимного регулятора. Соответствующая аналогия может быть проведена и для двухрежимного регулятора при положительных значениях фактора устойчивости дизеля.

3. Разработана методика и в соответствии с ней впервые экспериментально получены частотные характеристики САР частоты вращения автомобильных дизелей ЯМЗ-236 и КАМАЗ-740 при гармоническом воздействии на рычаг управления регулятора в дорожных условиях, что позволило идентифицировать математическую модель. Амплитудно-частотные характеристики системы Р-Д-А имеют, как правило, два резонансных пика в отличие от АЧХ системы Р-Д, на высоту которых и расположение их по частотам влияет сочетание величин параметров САР дизеля и параметров трансмиссии.

4. С целью дальнейшей идентификации математической модели введены нелинейности типа "зазор" в трансмиссии автомобиля и "сухое трение" в регуляторе.

5. Статистическими исследованиями динамики САР частоты вращения АД в эксплуатационных условиях установлено, что интенсивность изменения частоты вращения коленчатого вала и его углового ускорения уменьшается при переходе от двухрежимного регулирования к трехрежимному и далее ко всережимному, а интенсивность перемещения рейки ТНВД и интенсивность изменения крутящего момента при этом увеличивается и тем существенней, чем интенсивнее меняются режимы работы двигателя (например, городские и горные условия в сравнении с магистральными условиями движения автомобиля), что приводит к повышению эксплуатационного расхода топлива и может являться одной из причин увеличения дымности отработавших газов и увеличения износа деталей трансмиссии автомобилей.

6. Экспериментально установлено влияние способа регулирования на интенсивность изменения теплового состояния дизеля. Выявлено, что в условиях городского движения при двухрежимном способе регулирования с.к.о. температуры межклапанных перемычек голо-

вок цилиндра составляет 42,7I °К, а при всережимном 47,64 °К. Уровень средних значений температуры за цикл при этом одинаков (403 °К).

7. В городских условиях движения применение двухрежимного способа регулирования на автомобиле КАМАЗ-5320 снижает расход топлива на 5-7,5 %, а трехрежимного - на 4,5-6,5 % по сравнению со всережимным, в магистральных условиях движения эксплуатационный расход топлива практически не зависит от способа регулирования.

8. При идентичных внешних скоростных характеристиках крутящего момента способ регулирования не влияет на динамику разгона автомобиля.

9. Установлено, что при двух- и трехрежимном способах регулирования усилие на рычаге управления почти в два раза меньше в сравнении со всережимным, не оснащенным специальными сервопружинами.

I0. С учетом условий управления автомобилем и оснащения автомобилей разного назначения одинаковыми дизелями, на которые устанавливаются одни и те же регуляторы частоты вращения, установлено, что наиболее предпочтительным является трехрежимный способ регулирования.

II. На основании выполненных исследований разработаны схемы перспективных конструкций трехрежимного регулятора частоты вращения АД, которые защищены авторскими свидетельствами СССР.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах.

I. Скобелкин С.З., Субботина С.И., Хрящев Ю.Е. Определение параметров системы автоматического регулирования скорости дизеля. - В сб.: Вопросы автоматического регулирования скорости автомобильных дизелей - Ярославль, I978, с.26-3I. Рукопись деп. в НИИНАвтопром I2.06.79, № Д 398.

2. Блаженнов Е.И., Полуэктов В.С., Хрящев Ю.Е. Электронная модель системы "регулятор-дизель-автомобиль". - В сб.: Вопросы автоматического регулирования скорости автомобильных дизелей - Ярославль, I978, с.I8-25. Рукопись деп. в НИИНАвтопром II.06.79, № Д 397.

3. Блаженнов Е.И., Хрящев Ю.Е., Субботина С.И. и др. Исследование системы "регулятор-дизель-автомобиль" с помощью ЭВМ.

– В сб.: Вопросы автоматического регулирования скорости автомобильных дизелей – Ярославль, 1978, с.90–97. Рукопись деп. в НИИНАвтопром 11.06.79, № Д 392.

4. Блаженнов Е.И., Субботина С.И. Хрящев Ю.Е. Экспериментальное исследование системы "регулятор–дизель–автомобиль". – В сб.: Вопросы автоматического регулирования скорости автомобильных дизелей. – Ярославль, 1978, с.83–89. Рукопись деп. в НИИНАвтопром 11.06.79, № Д 393.

5. Исследование системы "регулятор–дизель–автомобиль". Блаженнов Е.И., Субботина С.И., Хрящев Ю.Е. и др. – В сб.: Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания (материалы Всесоюзной научной конференции) – М.: МАДИ, 1978, с.169.

6. Блаженнов Е.И., Хрящев Ю.Е., Субботина С.И. Исследование динамических свойств системы автоматического регулирования скорости (САРС) двигателя КАМАЗ–740. – В сб.: Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания (материалы Всесоюзной научной конференции), М., МАДИ, 1982, с.191–192.

7. Установка для определения величины инерционного коэффициента грузов регулятора частоты вращения коленчатого вала двигателя КАМАЗ–740. /Блаженнов Е.И., Скобелкин С.З. Неспанов В.Н., Хрящев Ю.Е. – Ярославль: Ярославский межотраслевой территориальный ЦНТИ, 1982 – 4 с.

8. Блаженнов Е.И., Хрящев Ю.Е., Пугин Е.В. К вопросу об экспериментальном определении частотных характеристик системы "регулятор–дизель–автомобиль". – Ярославль, 1983, 13 с. Рукопись деп. в НИИНАвтопром 15.07.83 г., № 913 ап Д83.

9. Блаженнов Е.И., Хрящев Ю.Е., Скобелкин С.З. Способ улучшения динамической системы "регулятор–двигатель–автомобиль". – Двигателестроение, 1984, № 7, с.30–31.

10. А.С.1110919 (СССР). Центробежный регулятор частоты вращения дизеля /Е.И.Блаженнов, Ю.Е.Хрящев, С.З.Скобелкин и др. – Опубл. в Б.И. 1984, № 32.

11. А.С.1118780 (СССР). Регулятор частоты вращения /Е.И.Блаженнов, Ю.Е.Хрящев – Опубл. в Б.И. 1984, № 38.

12. Блаженнов Е.И., Хрящев Ю.Е. Влияние типа регулирования частоты вращения на динамику системы "регулятор–дизель–автомобиль". – В кн.: Динамика и прочность автомобиля: Всесоюзное научно–техническое совещание, Москва, 1984, с.33.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Подписано в печать 30.01.85. АК 00517. Формат бумаги 60×84 1/16.
Бумага газетная. Офсетная печать. Печ. л. 1. Тираж 150. Заказ 209.
Бесплатно.
Типография Ярославского политехнического института.
Ярославль, ул. Советская, 14а.