

Э 302

Волжский автомобильный завод имени 50-летия СССР
Челябинский государственный технический
университет

На правах рукописи

Егоров Аркадий Васильевич

УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ФАЗ
ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Специальность 05.04.02 - "Тепловые двигатели"

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск 1993

Работа выполнена в Научно-техническом центре акционерного общества "Волжский автомобильный завод" и на кафедре "Автомобили и тракторы" Челябинского государственного технического университета.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Драгунов Г.Д.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Вароглазов Б.А.,

кандидат технических наук, доцент
Сухов Е.М.

Ведущее предприятие - Уфимское моторостроительное
производственное объединение.

Защита состоится - 30 - декабря 1993 года, в 15 часов,
на заседании специализированного совета К 053.13.02 при Челябинском государственном техническом университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять ученому секретарю совета по вышеуказанному адресу.

Автореферат разослан - 25 - сентября 1993г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук



В.В. Кестков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь р а б о т ы. Для современного развития автомобилестроения характерны тенденции как и совершенствования динамических качеств автомобиля, так и снижения токсичности отработавших газов, повышения экологичности.

Одним из решающих условий достижения этих противоречивых качеств является совершенствование имеющихся способов управления характеристикой двигателя и разработка новых решений, как например, изменения фаз газораспределения в зависимости от изменения режима работы двигателя. Одним из главных достоинств его является возможность достижения высоких значений всех вышеперечисленных качеств двигателя.

Ввиду того, что это направление до настоящего времени еще достаточно не изучено, развитие данного способа актуально.

Ц е л ь р а б о т ы. Улучшение эффективных показателей двигателя легкового автомобиля изменением фаз газораспределения в широком диапазоне рабочих частот и совершенствование методики выбора фаз.

Н а у ч н а я н о в и з н а. 1. Усовершенствована математическая модель применительно к бензиновому двигателю с двумя впускными и двумя выпускными клапанами на цилиндр, впрыском и получении зависимости изменения фаз газораспределения на впуске с учетом соотношения давления перед впускным клапаном и давления в цилиндре.

2. Разработана методика расчетного определения зависимости фаз газораспределения, обеспечивающих наибольший крутящий момент, от частоты вращения коленчатого вала двигателя при работе на полном дросселе.

3. Обоснована целесообразность применения непрерывного, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя изменения фаз и диапазоны изменения фаз.

П р а к т и ч е с к а я ц е л ь н о с т ь. 1. Разработан, изготовлен и испытан механизм изменения фаз и его привод, прибор регистрации фаз газораспределения на работающем двигателе, установка для исследования фаз газораспределения при моторных испытаниях.

2. Экспериментально исследована эффективность управления характеристикой двигателя с помощью фаз газораспределения.

3. Усовершенствована программа для ЭВМ расчета рабочего процесса двигателя применительно к двигателям с двумя впускными и двумя выпускными клапанами на каждый цилиндр и впрыском бензина.

4. Даны рекомендации по применению непрерывного и ступенчатого способов изменения характеристики двигателя.

5. Проведены натурные испытания двигателя ВАЗ-2112 с механизмом изменения фаз.

6. Методика определения зависимости изменения фаз газораспределения от частоты вращения коленчатого вала и предложенная конструкция механизма изменения фаз применяются для разработки перспективных двигателей в Научно-техническом центре Волжского объединения по производству легковых автомобилей.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Положения диссертации обсуждались на научно-технической конференции "Двигатели внутреннего сгорания и их конкурентоспособность" (г. Челябинск, 1991г), научно-технической конференции "Мотортехника" (г. Тольятти, 1991г), научно-техническом совете Научно-технического центра АвтоВАЗ (г. Тольятти, 1993г).

П у б л и к а ц и и. Содержание диссертации опубликовано в четырех печатных работах. Получено авторское свидетельство на изобретение.

О б ъ е м р а б о т ы. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Изменение фаз газораспределения как способ управления характеристикой двигателя известен с 1902 года, однако заметное применение начинает получать только с конца 60х годов с развитием технологии и электроники.

Наиболее активно в этом направлении работают фирмы Toyota, Nissan (Япония), Daimler-Benz, Porsche, Volkswagen (Германия), Fiat, Alfa-Lancia (Италия), Lotus (Англия).

Способы изменения фаз применительно к непосредственному приводу клапанов в обобщенном и систематизированном виде можно свести к пяти типичным, когда изменяется угловое положение распредвала, либо применяются раздвижные кулачки, или распредвала эксцентричен

по отношению к расходу, применяется пространственный кулачок, наконец, когда клапаны имеют электронное управление.

Применение механизмов изменения фаз позволяет улучшить экономичность до 30%, снижаются частоты вращения холостого хода (12), улучшаются антидетонационные качества двигателя на низких частотах. Выбросы NOx снижаются до 37,5%, СН- до 27,5%, крутящий момент возрастает на 32%.

Можно существенно снизить насосные потери (на 20-30% от объема КПД), отказавшись от применения дроссельных заслонок на частичных режимах работы.

Исходя из вышеизложенного, изменение фаз газораспределения как способ управления характеристикой двигателя заслуживает разработки и исследования.

Информация по характеру изменения фаз газораспределения в зависимости от параметров двигателя в известных публикациях представлена недостаточно.

Ряд ученых придерживается акустической природы газодинамических процессов (А. Заммерфельд, Н. Дебай (1911г), О. Лутц (1934г), А. Охата, Я. Уида. Другие находят объяснение в инерционном характере течения (А.С. Орлин, М.И. Ленин, М.Н. Нигматуллин). Существует различные методы расчетов течений (методы баланса - Глаголев Н.М., В.Т. Цветков, А.С. Орлин, М.Г. Круглов, Г.Д. Драгунов), характеристик (М.С. Ховак, Б.А. Киселев и Б.Р. Ибрагимов), "распад-разрыва" (А.С. Орлин, Г.А. Барышников и Б.П. Рудой). Развитием последнего является метод интегральных законов сохранения (Б.П. Рудой, С.Р. Березин). Высокий уровень развития ЭВМ позволяет решать газодинамические задачи в трехмерной постановке (Патанкар С.).

Во всех разработках влияние фаз газораспределения оценивается подстановкой их значений и получением результатов расчетов.

Анализ существующих технических решений показывает, что к основным недостаткам всех конструкций следует отнести увеличение продольных габаритов двигателя и сложность конструкций.

Проведенный анализ состояния вопроса позволяет определить следующие проблемы, требующие решения.

1. Истинные методы расчета процессов газообмена с учетом газодинамических явлений в газоздушных трактах не учитывают особенности конструкции перспективных автомобильных двигателей - на-

личие двух впускных и двух выпускных клапанов и требует совершенствования.

2. В известных методиках, в лучшем случае, производится оценка эффективности существующих на двигателе фаз газораспределения. Необходимо разработать методику выбора фаз с использованием математического моделирования.

3. Рассмотренные конструкции механизмов изменения фаз увеличивают габариты двигателя, что затрудняет установку их на те автомобили, на которых они применяются без механизмов изменения фаз.

4. Вследствие эффективности применения изменения фаз для улучшения потребительских качеств автомобиля, проблема изменения фаз заслуживает разработки и исследования.

5. Для исследуемого вопроса при разработке математической модели процессов во впускной системе можно принять как базовую одну из моделей, разработанных Б.И. Рудик и С.Р. Березинки с доработкой ее для системы с двумя впускными клапанами.

6. Для процессов в цилиндре за базовую можно принять модель, разработанную под руководством Г.Д. Драгунова и доработать ее с учетом особенностей двигателя с впрыском бензина.

В итоге определены следующие задачи исследования.

1. Совершенствование математической модели рабочего процесса в ДВС с учетом газодинамических процессов, происходящих в газопроводах, применительно к двигателю с впрыском бензина, имеющему два впускных и два выпускных клапана на каждый цилиндр.

2. Расчетно-экспериментальное исследование влияния изменения фаз газораспределения впускных клапанов на эффективные показатели ДВС на режиме полного дросселя и определение целесообразных по заданному критерию фаз газораспределения в зависимости от режима работы двигателя.

3. Разработка конструкции механизма изменения фаз, изготовление и испытания опытного образца, выработка практических рекомендаций.

За объект исследования принят четырехцилиндровый, четырехтактный, бензиновый двигатель ВВЗ-2112 с впрыском, имеющий по два впускных и два выпускных клапана на каждый цилиндр. Двигатель имеет рабочий объем 1500 см³, номинальную мощность $N_e=62,5$ кВт/5600 мин⁻¹, крутящий момент $M_e=130$ Нм.

2. Математическая модель и методика теоретического исследования изменения фаз

Математическая модель составлена в одномерной постановке и базируется на модели газообмена в ДВС, разработанной д.т.н.Б.П.Рудми, С.Р.Березиним, и на модели протекания рабочего процесса в цилиндре, разработанной д.т.н. Драгуновым Г.Д.

При составлении математической модели приняты допущения об одномерности модели и квазистационарности потока. Заброс газов во впускной коллектор происходит без перемешивания с воздухом, и после окончания заброса газы возвращаются в цилиндр. При расчете газодинамических явлений во впускном трубопроводе и клапане все внешние воздействия (геометрические, расходные, механические, тепловые, трения) опосредованы через скорость потока. Газ в рабочей камере двухкомпонентный - воздух и остаточные газы. Давление в цилиндре на расчетном шаге выравнивается по всему объему мгновенно. Теплоотдача от газа в стенки цилиндра учитывается с помощью коэффициента теплоотдачи. Поле скоростей в цилиндре принимается однородным и пропорциональным средней скорости поршня. Учет теплообмена в выпускном коллекторе упрощается и принимается равным 2...4% от введенного с топливом. Давление в выпускном коллекторе на заданном режиме постоянно, однако с изменением режима изменяется.

Расчетная схема газообмена и рабочего процесса в цилиндре представлены на рис.1а. Принципиальная блок-схема расчета рабочего цикла представлена на рис.2.

В базовую программу INLET введена подпрограмма "Tr1" расчета течения газа в месте разделения впускного канала на два.

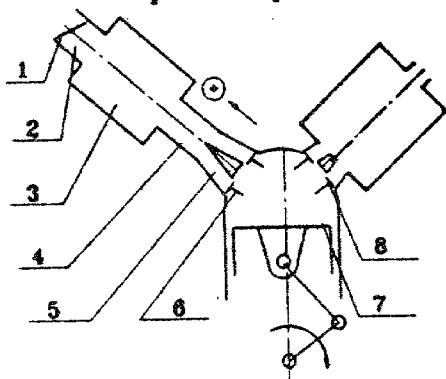
Тройник рассматривается как скачок сечения (см.рис 1б)) в т.В. Расчет течения по патрубкам В и С не производится, считая, что их длинами можно пренебречь и тройник сразу следует после клапанов. При этом

$$\frac{P_2^0}{P_1^0} = \frac{1}{\pi^*(M_2)} \cdot \frac{\gamma(M_2) F_0}{\gamma(M_1) \beta \cdot F_0} \cdot \pi^*(M_2); \quad (1)$$

$$\frac{P_3^0}{P_1^0} = \frac{1}{\pi^*(M_3)} \cdot \frac{\gamma(M_3) F_0}{\gamma(M_1) (1-\beta) \cdot F_0} \cdot \pi^*(M_3); \quad (2)$$

$$\gamma(M_1) F_0 = \gamma(M_2) \cdot \Sigma \cdot \sigma_{03}; \quad (3)$$

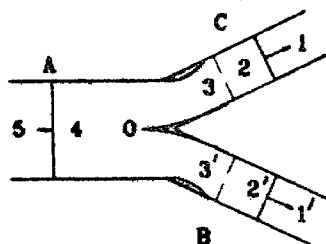
Расчетная схема модели
рабочего процесса.



- 1-просельная заслонка
- 2-патрубок "а"
- 3-ресивер
- 4-патрубок "б"
- 5-тройник
- 6-клапаны впускные
- 7-цилиндр
- 8-клапаны выпускные

а)

Расчетная схема тройника



б)

Рис. 1

$$M_3 a_3 = M_2 a_2; \quad (4)$$

$$M'_3 a'_3 = M'_2 a'_2, \quad (5)$$

где $\Sigma = f_c + f_a$;

ξ - коэффициент, характеризующий отношение проходных сечений каналов С и А.

Поскольку каналы В и С расположены симметрично относительно канала А, то $\xi = 0,5$.

В уравнении (3) b_{43} - коэффициент потерь полного давления, определяется из уравнения

$$b_{43} = \frac{M_4 \cdot [1 + (\frac{\kappa-1}{2}) M_3^2]^{\frac{\kappa-1}{2(\kappa-1)}} \cdot (f_A + f_C)}{M_3 \cdot [1 + (\frac{\kappa-1}{2}) M_3^2]^{\frac{\kappa-1}{2(\kappa-1)}}}, \quad (6)$$

где M_3, M_4 - числа Маха в сечениях 3, 4;

κ - показатель адиабаты;

Блок-схема программы расчета цикла г. рабочего цикла бензинового двигателя с 4 клапанами на цилиндр.

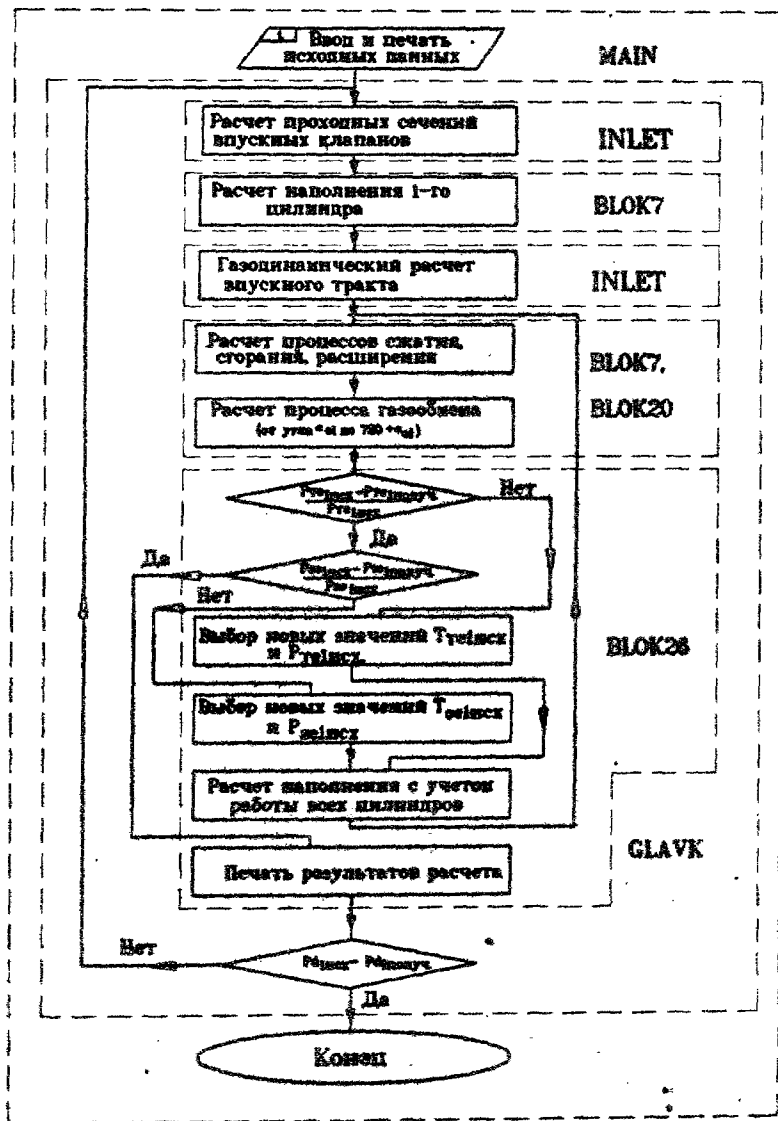


Рис. 2

λ_a, λ_b - сечения труб А и В.

Расчеты состояния газа в цилиндре и процессы сжатия, сгорания, рабочего хода основаны на программе расчета рабочего процесса по методу Г.А. Драгунова.

После закрытия выпускного клапана расчет ведется из условия потери давления при расширении за счет хода поршня и изменении давления за счет наполнения через выпускные клапаны.

Температура рассчитывается из условия адиабатического соотношения параметров. Сжатие, сгорание, рассматриваются в общем случае как политропные процессы. Расчет процесса расширения ведется как политропного, с учетом изменения коэффициента теплоотдачи в стенках. Состав газа принимается по концу сгорания, а величина удельной теплоты определяется теплообменом аналогично случаям сжатия. По каждому участку определяется работа газа и суммарная работа газа.

Расчет ведется до совершения полностью четырехтактного рабочего цикла двигателя для одной частоты вращения коленчатого вала. Определяются индикаторные и эффективные показатели.

Представленная в настоящей работе математическая модель охватывает все стадии рабочего процесса, протекающего в ДВС, начиная от входа во впускную трубу на ее границе с окружающей средой, и кончая выхлопной трубой.

С целью адаптации математической модели к объекту испытаний использованы осциллограммы давления перед впускным клапаном на частотах 3000 и 5600 мин⁻¹. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 3%. Сходимость всей математической модели принята достаточной, а математическую модель - приемлемой для проведения расчетов и исследования двигателя с двумя впускными и двумя выпускными клапанами и механизмом изменения фаз газораспределения.

При мгновенном закрытии клапанов наиболее целесообразно закрывать впускной клапан в момент равенства давления во впускной трубе и в цилиндре. При реальной кинематике клапана и более раннем фактическом закрывании его проходного сечения этого не наблюдается, однако введенная закономерная связь между углом закрытия впускного клапана и углом, соответствующим точке пересечения диаграммы давления перед клапаном и в цилиндре, прослеживается.

Отсюда следует, что геометрическое место точек пересечения ди-

аграмм давления можно принять за аналог зависимости целесообразного изменения фаз от частоты вращения коленчатого вала. Определив различие между действительной зависимостью и аналогом, можно определить действительную зависимость изменения целесообразных фаз от частоты вращения коленчатого вала.

В связи с вышесказанным предлагается следующая методика.

1. Производится расчет рабочего процесса двигателя на выбранных режимах с определением диаграммы изменения давления перед впускным клапаном и индикаторной диаграммы.

2. На каждой частоте определяются координаты точек пересечения диаграммы давления перед клапаном и в цилиндре. Геометрическое место этих точек составляет кривую, которая повторяет траекторию протекания кривой изменения целесообразных фаз от частоты вращения коленчатого вала двигателя, однако смещена от нее по координате относительного изменения фаз газораспределения. Назовем ее "аналогом".

3. На одном из режимов расчетом определяется значение отклонения угла закрывания впускного клапана от "стандартного", соответствующее наибольшему значению крутящего момента на данном режиме.

4. "Аналог" перемещается таким образом, чтобы его точка, соответствующая заданному режиму, совпала с точкой, определенной по п.3.

3. Теоретическое исследование изменения фаз.

Результаты теоретического исследования

С целью расчетного определения зависимости изменения фаз газораспределения от частоты вращения коленчатого вала двигателя для частот 1000, 2000, 3000, 3500, 4000, 5000, 5600, 6000 мин⁻¹ проведен ряд расчетов течения воздушного потока во впускном трубопроводе и рабочего процесса двигателя при "стандартных" фазах газораспределения.

Построен "аналог". Проведены расчеты при изменении фаз от -24 град. до +24 град. отв. от "стандартных" для частоты 5600 мин⁻¹.

Расчеты показали, что наибольшие значения крутящий момент имеет при "стандартных" фазах. После этого аналог был перемещен в системе координат таким образом, чтобы точка на частоте 5600 мин⁻¹.

принадлежащая аналогу, совпала с расчетной. Так получена расчетная кривая фаз впуска, показанная на рис. 3. Кривая имеет большой диапазон изменений фаз от -99 град. до +3 град. п.кв. Поскольку в реальном двигателе имеется конструктивное ограничение по возможности изменения фаз, определяемое опасностью встречи клапанов с поршнем, составляющее ~ 26 град. п.кв, реальный диапазон изменения фаз был ограничен -24 град. п.кв. Рекомендуемая зависимость изменения фаз газораспределения показана на рис. 3.

Диаграмма изменений углов запаздывания закрытия впускного клапана с постоянным подъемом клапана.

α град. ПКВ

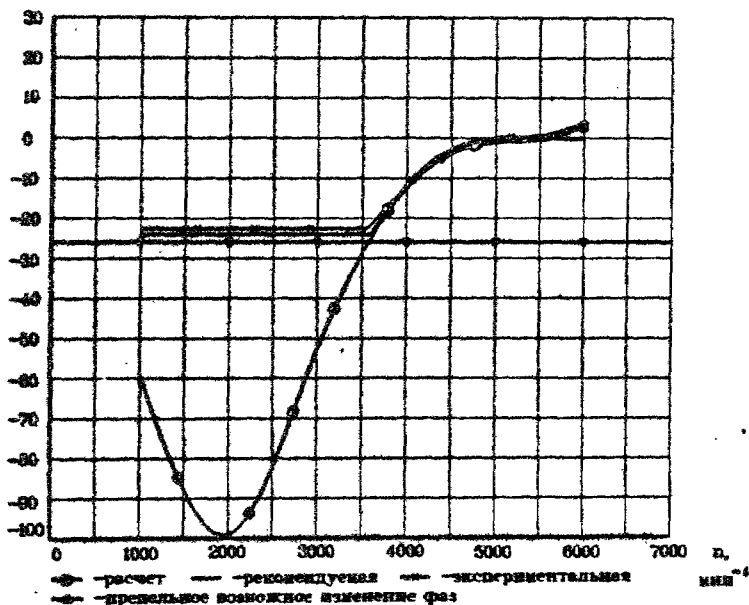


Рис. 3

С целью подтверждения правильности расчетной зависимости были проведены расчеты рабочего процесса и течения газа во впускной трубе для всего диапазона изменения фаз газораспределения от -24

град. до +24 град.лкв. Расчеты показали совпадение значений фаз на каждом режиме с теми, которые были определены по первой расчетной кривой. Следовательно, предложенный способ определения зависимости фаз от режима работы двигателя по внешней скоростной характеристике оправдан и может быть предложен для определения фаз для двигателей, соответствующих принятой расчетной схеме.

С целью исследования эффективности изменения фаз при переменной продолжительности впуска и подъема клапана по принятой методике проведены расчеты показателей двигателя при полном дросселе на различных частотах вращения коленчатого вала.

Для этого использован линейный закон изменения подъема клапана в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Определена зависимость изменения целесообразных фаз от частоты вращения (рис. 4).

Диаграмма целесообразных углов запаздывания закрытия впускного клапана при переменной подъеме

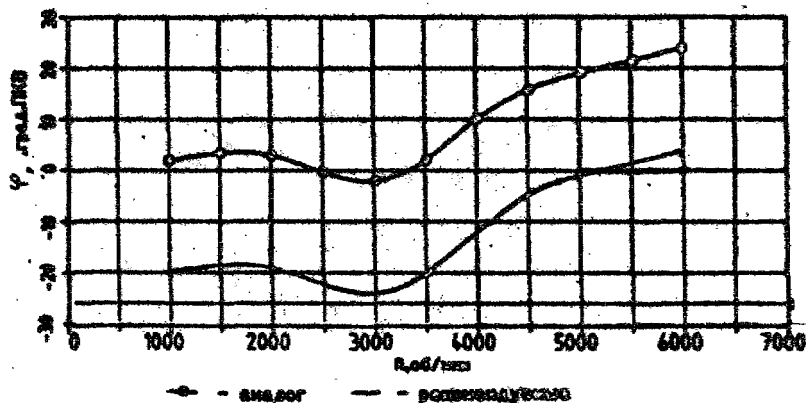


Рис. 4

Построенная зависимость показывает, что диапазон изменения целесообразных фаз в этом случае располагается в пределах конструктивных ограничений двигателя, связанных с вероятностью касания клапанов поршня.

Сравнение внешних скоростных характеристик двигателя при пос-

тоянием и переменном подъемах клапанов показывает что при уменьшении подъема впускных клапанов в диапазоне частот от 1000 до 2000 мин⁻¹ происходит улучшение показателей по мощности и крутящему моменту.

4. Методика и результаты экспериментальных исследований

Испытания двигателя с механизмом изменения фаз проведены в моторном боксе НТЦ АвтоВАЗ, который оборудован приборами и устройствами согласно ГОСТ 14846 81. Погрешности испытаний находятся в пределах регламентированных последних и в соответствии с методикой проведения моторных испытаний в НТЦ АвтоВАЗ дополнительная оценка погрешности измерений не производится.

Двигатель оборудован механизмом изменения фаз газораспределения как для впускного, так и выпускного распредвалов, а также приводом механизмов. Механизм представляет из себя актив зубчатого ремня, венец которого имеет возможность углового перемещения относительно неподвижно закрепленной ступицы. Ступица оснащена двумя гидроцилиндрами, тангенциально расположенными в плоскости шкива. Перемещение порней вдоль оси гидроцилиндров через посредство рычага и кулисы преобразуется в угловое перемещение венца относительно ступицы. Техническое решение по описанному механизму изменения фаз обладает новизной и зарегистрировано в качестве изобретения (А.С.Н.1733844, от 15.01.1992г) [2].

Изменение фаз газораспределения производится с помощью электрогидроприводов отдельно каждого распредвала, что позволяет управлять валами автономно, независимо друг от друга, с пульта управления стендом. Контроль фаз осуществляется с помощью специального электронного блока, который фиксирует сигналы от датчиков Холла.

Во впускную трубу перед клапаном встроен пьезокварцевый датчик давления И7507 SN 150421 фирмы KISTLER. Сигнал от него через усилитель поступает на пленочный осциллограф, либо ЗБМ. Двигатель прошел натурные стендовые испытания.

Экспериментальные исследования проведены с целью проверки правильности теоретических исследований и определения возможностей способа управления характеристикой двигателя изменением фаз газораспределения.

Методика исследования состоит в следующем.

1. Фазы выпуска приняты "стандартными" и неизменными. Фазы выпуска изменяются от поздних углов (24 град. пкв) по сравнению со "стандартными", до 24 град. в сторону ранних углов через 4 град. пкв.

2. По результатам расчетов на частотах 1000, 2000, 3000, 3500, 4000, 5000, 5600, 6000 мин⁻¹, определяются внешние скоростные характеристики (НСХ).

3. Для каждой частоты определяются значения фазы выпуска, обеспечивающие наибольшее значение крутящего момента.

4. Определяется зависимость фаз выпуска от частот вращения, определенных согласно п.2.

5. На расчетных частотах устанавливаются определенные в пп 1. - 4. фазы выпуска. Фазы выпуска изменяются от поздних (24 град. пкв.) до ранних (24 град. пкв.) через 4 град. пкв. Определяются целесообразные значения фаз выпуска, обеспечивающие наибольший крутящий момент.

6. Чередуются снятие регулировочных характеристик по фазам выпуска и выпуска до прекращения улучшения показателей по крутящему моменту.

7. Делается вывод о влиянии фаз выпуска и фаз выпуска на эффективные показатели двигателя.

8. Устанавливаются "стандартные" фазы выпуска и выпуска. Снимаются внешние скоростные характеристики и осциллограммы давления перед выпускными клапанами на частотах по п. 2.

9. Для оценки эффективности применения механизма изменения фаз снимаются регулировочные характеристики по составу смеси.

10. Снимается характеристика холостого хода при $n=650$ мин⁻¹.

11. В контрольной точке $n=2000$ мин⁻¹, $P_e=0.28$ Па и на режиме, соответствующем скорости движения автомобиля 90 км/час производится замер токсичных компонентов.

12. Делаются выводы и предложения.

По результатам испытаний построена экспериментальная диаграмма целесообразных по величине крутящего момента фаз (рис.3).

Сравнение экспериментальной и расчетной диаграмм показывает их хорошую сходимость в пределах шага счета.

С целью более детального изучения изменения фаз изменялись как фазы выпуска, так и выпуска и определялись значения эффективных по-

казателей.

На режимах $n=2000 \text{ мин}^{-1}$, $P_e=0,2 \text{ МПа}$, $U_a=90 \text{ км/ч}$ и $U_a=120 \text{ км/ч}$ согласно методике сняты регулировочные характеристики по составу смеси.

- На режиме $U_a=90 \text{ км/ч}$ определялись фазы газораспределения впускного распредвала, обеспечивающие минимальный расход топлива. Им являются "стандартные" фазы двигателя ВАЗ 2112.

- Для впускного распредвала целесообразным является изменение фаз от стандартных на 4 град.пкв. в сторону запаздывания.

- На режиме $U_a=120 \text{ км/ч}$ для впускного распредвала целесообразным является изменение фаз на 16 град.пкв в сторону опережения по отношению к "стандартным".

- На режиме $U_a=120 \text{ км/ч}$ целесообразными фазами для впускного распредвала являются "стандартные" фазы двигателя ВАЗ 2112.

- В контрольной точке $n=2000 \text{ мин}^{-1}$, $P_e=0,2 \text{ МПа}$ целесообразным для впускного распредвала является изменение фаз от "стандартных" на 4 град.пкв в сторону опережения.

- Целесообразными фазами для впускного распредвала при выбранных фазах впускного является изменение фаз от "стандартных" на 4 град.пкв в сторону запаздывания.

- На режимах $U_a=90 \text{ км/ч}$ и $n=2000 \text{ мин}^{-1}$, $P_e=0,2 \text{ МПа}$ изменение фаз существенно влияет на выброс оксидов азота NO_x . При изменении фаз на 20 град.пкв в сторону опережения по выпуску и на 24 град.пкв в сторону запаздывания по впуску выбросы оксидов азота снижаются в первом случае в 4.6 раза, во втором - в 3.6 раза. Выброс токсичных компонентов CO , CH , при изменении фаз практически не меняются.

- Минимальные выбросы CO и CH при работе по впускному и впускному распредвалам получены при изменении фаз от "стандартных" на 12 град.пкв в сторону запаздывания, при этом чувствительность к изменению фаз газораспределения впускного распредвала наибольшая.

ВЫВОДЫ

1. Сходимость теоретических и экспериментально определенных зависимостей изменения целесообразных фаз позволяет утверждать о правильности выдвинутых предположений и годности предлагаемой ме-

годики теоретического определения зависимости целесообразных фаз от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

2. Разработанная методика теоретического исследования позволяет примерно в четыре раза сократить трудоемкость определения целесообразного для получения наибольшего крутящего момента изменения фаз.

3. Установлено, что управление характеристикой двигателя путем изменения фаз газораспределения позволяет получить улучшение показателей исследуемого двигателя по максимальной мощности на 16%, крутящему моменту - на 13,6%, снижает удельный расход топлива на 3500 мин⁻¹ на 21%, улучшает наполнение на режиме 5800 мин⁻¹ на 31,7%. Расходы топлива на режимах движения 90-120 км/ч снижаются на 1,9-2,0%, выбросы NOx на режиме 90 км/час снижаются в 4,6 раза, на режиме 2000 мин⁻¹, $P_e=0,2$ МПа - в 3,8 раза, выбросы CO на холостом ходу снижаются в 13 раз. Эти показатели получены при одновременном изменении фаз впуска и выпуска.

4. Непрерывное изменение только фаз впуска дает прирост по мощности и моменту на 8% по сравнению с двухпозиционным на внешней скоростной характеристике в диапазоне частот вращения 3500-4000 мин⁻¹. Вследствие того, что такие режимы работы двигателя применяются при движении со скоростью несколько большей 120 км/час, а также разгонах, непрерывное изменение фаз целесообразно. Для применения способа изменения фаз с наибольшей эффективностью необходимо непрерывное изменение как фаз впуска, так и выпуска.

5. Разработанная экспериментальная установка позволяет исследовать фазы газораспределения на 26 град. пик в сторону опережения и на 26 град. пик в сторону запаздывания от "стандартного" положения в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов без остановки двигателя.

6. Уменьшение подъема клапанов в сочетании с уменьшением продолжительности фазы впуска ведет к улучшению показателей по наполнению на частотах вращения от 1000 до 2000 мин⁻¹ на 7,8%, по крутящему моменту и мощности на 11%, по удельному расходу топлива улучшение составляет до 8%, позволяет получить диапазон изменения фаз в пределах возможности работы двигателя без контакта клапанов с поршнем. Ухудшение показателей на частоте $n=3000$ мин⁻¹ свидетельствует о необходимости ограничения изменения подъема клапана и про-

должительности фаз для исследуемого двигателя частотой не более 2000 мин.⁻¹

7. Для улучшения показателей автомобиля ВАЗ 2110 с двигателями ВАЗ 2112 при отсутствии механизма изменения фаз, целесообразно изменить фазы впуска и выпуска на 10-12 град. пкв в сторону опережения.

11. Натурные испытания двигателя ВАЗ-2112 с механизмом изменения фаз показали работоспособность новой конструкции, защищенной д.с. №1733844 от 15.05.92г и пути дальнейших доводочных работ в Научно-техническом центре Волжского автомобильного завода.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. №1733844. СССР. МКН 5 F 01 L1/34. Механизм регулирования фаз газораспределения двигателя внутреннего сгорания / А.В. Егоров, Г.Я. Литвин (СССР). - №4785081/06; Заявлено 22.01.90. Опубл. 15.05.92. Бюл. №18.

2. Драгунов Г.Д., Егоров А.В. О вопросах изменения характеристики Д.С. // Двигателестроение. - 1991. - №2. - С. 12-14, 28.

3. Егоров А.В., Батенин Н.С. Конструирование и испытания механизма газораспределения с изменяемыми фазами // Двигатели внутреннего сгорания и их конкурентоспособность: Научно-техническая конференция: Тезисы докладов. Челябинск: 1991. - С. 30-32.

4. Егоров А.В., Лисова Е.О. Теоретическое исследование зависимости фаз газораспределения от частоты вращения коленчатого вала // Двигатели внутреннего сгорания и их конкурентоспособность: Научно-техническая конференция: Тезисы докладов. Челябинск: 1991. - С. 32-34.

Подписано к печати 20.05.93. Формат 60x90 1/16. Печ.л. 1.
Уч.-изд.л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 114/373.

УОИ ЧТТУ. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.