

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию**

**КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «АВТОМОБИЛИ»**

**ИНЖЕКТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ
БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 190201

КУРГАН 2005

Кафедра «Автомобили»

Дисциплина «Конструкция автомобиля и трактора»
Специальность 190201

Составил канд. техн. наук, доц. Петров А.П.

Утверждены на заседании кафедры 4 марта 2005 г.
Рекомендованы методическим советом университета

“ ____ “ _____ 2005 г.

Цель работы. Изучить принцип работы систем впрыска бензина, их классификацию, конструкцию элементов систем впрыска бензина. Изучить принцип приготовления топливовоздушной смеси необходимого состава на всех режимах работы двигателя в разных системах впрыска бензина. Проанализировать достоинства и недостатки различных систем.

Оборудование. Узлы и детали систем впрыска бензиновых двигателей, макеты, плакаты и схемы.

1. СОСТАВ ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ

Кроме приготовления горючей смеси высокого качества системы питания бензиновых двигателей должны обеспечивать также нужные количественные соотношения между топливом и воздухом или, иными словами, в автоматическом режиме готовить горючую смесь определенного состава на заданном режиме работы двигателя.

Состав горючей смеси принято оценивать коэффициентом избытка воздуха α , представляющим собой отношение действительного количества воздуха l , участвующего в процессе сгорания, к количеству воздуха, теоретически необходимому для полного сгорания смеси l_0 , необходимому для полного ее сгорания, то есть $\alpha = l/l_0$. Для 1 кг бензина требуется 14,7 кг воздуха. Следовательно, бензовоздушная горючая смесь, содержащая 14,7 кг воздуха на каждый килограмм бензина, будет иметь коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,0$. Такой состав считается нормальным или *стехиометрическим*. Если $\alpha < 1$, то смесь считается богатой, содержащей топлива больше, чем можно полностью сжечь при данном количестве воздуха. При $\alpha > 1$ смесь бедная, поскольку из-за недостатка топлива кислород в ней полностью не используется. Однако при чрезмерном обеднении, а равно и переобогащении смесь утрачивает способность к воспламенению от электрической искры (при $\alpha \approx 0,4$ и $\alpha \approx 1,4$). Первое из этих значений соответствует высшему, а второе низшему пределам воспламеняемости (горючести) смеси от электрической искры.

Опытами установлено, что с максимальной скоростью сгорают смеси с $\alpha = 0,8...0,9$. Дальнейшее обогащение или обеднение

горючих смесей значительно снижает скорость их сгорания, а следовательно, и развиваемую двигателем мощность. Если, например, мощность N_e и удельный расход топлива g_e двигателя выразить графически в зависимости от изменения коэффициента α , то оказывается на режиме полной нагрузки (при 100% открытии дросселя) и номинальной частоте вращения вала эти главные показатели для всех двигателей внешнего смесеобразования изменяются по идентичной закономерности (рис 1). Особенно резко снижается мощность при работе двигателя на переобедненных горючих смесях, причем из-за затяжки процесса сгорания смеси двигатель работает неустойчиво, а далее он вообще перестает

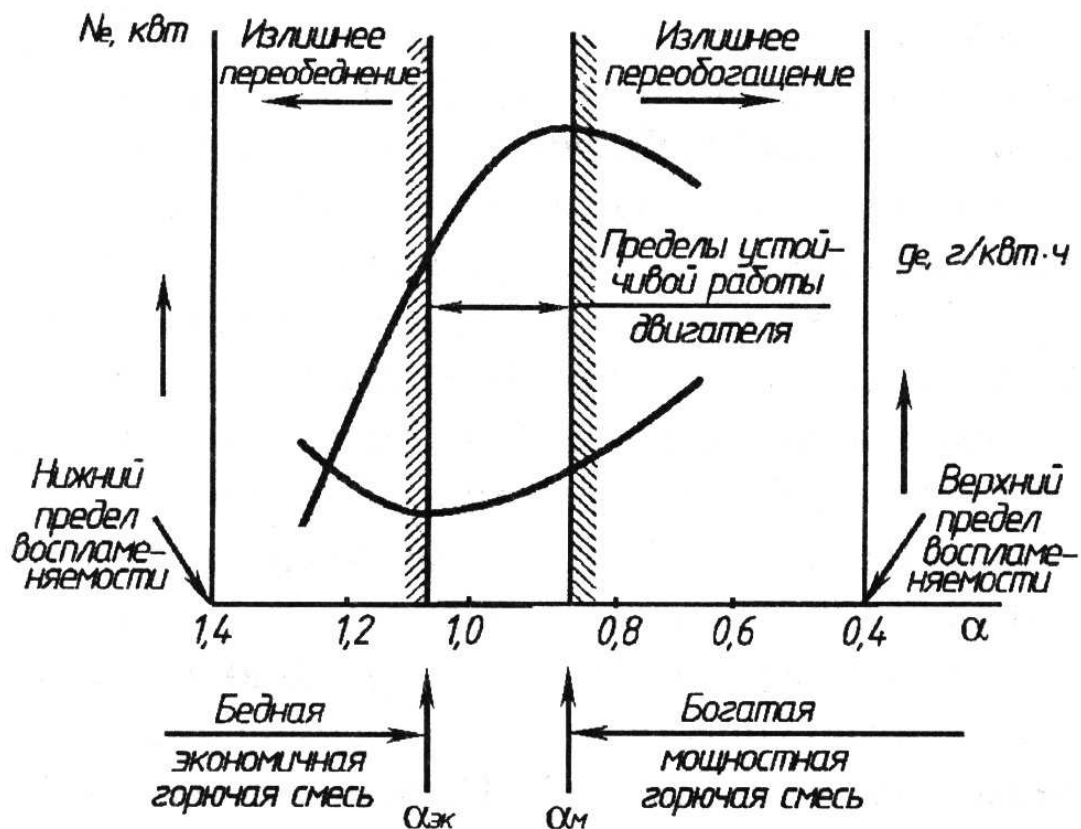


Рис. 1. Зависимость мощности (N_e) и удельного расхода топлива (g_e) от коэффициента избытка воздуха (α)

работать.

Автомобильные двигатели в эксплуатации в основном работают на частичных нагрузках, когда доля остаточных газов резко возрастает и на холостом ходу составляет уже величину, близкую к 0,4. Низшая воспламеняемость смеси вследствие этого снижает-

ся до $\alpha \approx 1$, поэтому на режимах малых нагрузок наибольшая экономичность двигателя может быть получена только при $\alpha < 1$. Практика свидетельствует, что с уменьшением нагрузки, т.е. по мере дросселирования двигателя, а следовательно, и неизбежного уменьшения расхода воздуха (смеси), величина $\alpha_{эк}$ не остается постоянной, уменьшаясь в пределах примерно от 1,15 до 0,7.

Стехиометрический состав $\alpha = 1$ необходим при холостом ходе и малых нагрузках, $\alpha = 0,6—0,8$ (богатая смесь), при частичных нагрузках $\alpha = 1,0—1,15$, при максимальных (полных) нагрузках $\alpha = 0,8—0,9$.

Недостаток карбюраторных систем питания заключается в недостаточной точности приготовления смеси. Основным режимом работы карбюратора заключается в том, что процесс приготовления смеси происходит за счет поступления бензина вследствие разряжения в диффузоре, «пропорционально» расходу воздуха. Эта пропорциональность носит лишь приблизительный характер, основанный на законах гидродинамики. Кроме того, карбюраторные системы питания имеют свой предел возможности адаптации к разным режимам работы двигателя. Совсем другое дело — впрыск. Он позволяет оптимизировать процесс смесеобразования в гораздо большей степени. Другими словами, впрыск может осуществляться более оптимально по месту, времени и необходимому количеству топлива.

Из всех выпускаемых в 1995 году во всем мире легковых автомобилей, а это около 1800 моделей, впрыск применяется на 76%, а с учетом дизельных двигателей, на 90% машин. Если не принимать во внимание выпускаемые до сих пор устаревшие типы двигателей, разработки 10—15-летней давности, а взять только самые новые, выйдет, что почти 100% современных автомобилей имеют либо моторы с впрыском бензина, либо дизели.

По сравнению с карбюраторными двигателями двигатели с впрыскиванием бензина имеют следующие преимущества.

1. Топливо равномернее распределяется по цилиндрам, что дает возможность поддерживать одинаковый состав смеси в цилиндрах, вследствие чего повышается экономичность двигателя. При однородном составе смеси в цилиндрах снижается разброс показателей их работы, уменьшаются вибрация и износ деталей.

2. Исключаются потери части топлива при продувке цилиндра, что увеличивает экономичность и мощность двигателя (рис. 2).

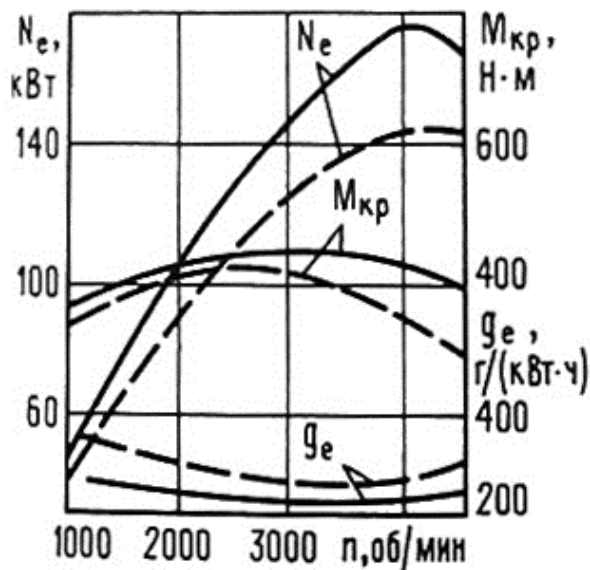


Рис. 2. Внешняя характеристика двигателя:

— - с впрыском топлива;
 ----- - с карбюраторной системой питания

торном смесеобразовании, коррекция состава смеси при переходе двигателя с одного режима на другой и обеспечивается лучшая приемистость двигателя.

6. В отработавших газах содержится меньшее количество окиси углерода, а также других вредных веществ.

7. Упрощается решение проблемы нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов, поскольку применение хорошо отрегулированной системы впрыскивания позволяет использовать только один каталитический нейтрализатор и избежать применения более сложных систем нейтрализации, таких, как рециркуляция отработавших газов, подача дополнительного воздуха для дожигания горючих компонентов отработавших газов.

8. Создаются предпосылки для оптимального управления работой двигателя на всех режимах с применением микропроцессорной техники.

Наряду с указанными преимуществами системы впрыскивания легкого топлива обладают существенными недостатками.

3. Уменьшается сопротивление впускной системы вследствие отсутствия карбюратора и улучшается наполнение цилиндра, а следовательно, повышается мощность двигателя.

4. Можно несколько повысить степень сжатия двигателя вследствие более однородного состава смеси в цилиндрах и возможности организовать продувку. В результате повышается мощность и улучшается экономичность двигателя.

5. Достигается более правильная, чем при карбюраторном смесеобразовании, коррекция состава смеси при переходе двигателя с одного режима на другой и обеспечивается лучшая приемистость двигателя.

6. В отработавших газах содержится меньшее количество окиси углерода, а также других вредных веществ.

7. Упрощается решение проблемы нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов, поскольку применение хорошо отрегулированной системы впрыскивания позволяет использовать только один каталитический нейтрализатор и избежать применения более сложных систем нейтрализации, таких, как рециркуляция отработавших газов, подача дополнительного воздуха для дожигания горючих компонентов отработавших газов.

8. Создаются предпосылки для оптимального управления работой двигателя на всех режимах с применением микропроцессорной техники.

Наряду с указанными преимуществами системы впрыскивания легкого топлива обладают существенными недостатками.

1. Эти системы сложнее, чем системы питания карбюраторного двигателя. Наличие прецизионных деталей и чувствительной автоматики для регулирования и корректирования состава смеси обуславливает более высокую стоимость системы впрыскивания легкого топлива по сравнению с карбюраторными системами.

2. Эксплуатация таких систем сложнее эксплуатации систем питания с карбюратором. Регулирование и устранение неисправностей в системе должны производиться высококвалифицированным персоналом.

В отличие от дизелей в двигателях с впрыскиванием легкого топлива и принудительным зажиганием регулирование мощности не может быть реализовано только изменением цикловой подачи. В этих двигателях осуществляют количественное регулирование, поэтому при изменении режима их работы для обеспечения оптимального состава смеси подача топлива должна меняться автоматически при изменении его расхода.

Впервые система механического впрыска бензина была разработана компанией Даймлер-Бенц. Первый в мире серийный автомобиль с впрыском бензина — "Мерседес-Бенц-300SL", начало выпуска — 1954 год.

Впрыск в дизельных двигателях используется давно, идея впрыска бензина так же не нова, тогда почему впрыск раньше широко не применялся? Причины этому две. Первая, — системы впрыска первоначально были более сложными конструктивно и в эксплуатации, чем системы с карбюраторами. Вторая, и может быть главная причина, — технологическая. Суть ее заключается в том, что дизельное топливо — это хоть и маловязкое, но все же масло, то бензин имеет кинематическую вязкость вдвое меньшую, чем вода. В обычных гидросистемах рабочая жидкость — это масло, что позволяет довольно просто решить вопросы смазки деталей гидроаппаратуры и предотвращения утечек.

Системы впрыскивания бензина более сложны, чем карбюраторные, из-за наличия большого числа прецизионных подвижных и электронных элементов и, кроме того, требуют более квалифицированного обслуживания при эксплуатации.

Кроме того, топливная аппаратура должна быть более быстросрабатывающей, по сравнению с дизельной, поскольку обороты бензиновых двигателей почти в полтора раза выше.

В настоящее время впрыскивающие топливные системы классифицируют по различным признакам, а именно: по месту подвода топлива (центральный одноточечный впрыск, распределенный впрыск и непосредственный впрыск в цилиндры); по способу подачи топлива (непрерывный и прерывистый впрыск); по типу узлов дозирующих топливо (плунжерные насосы, распределители, форсунки); по способу регулирования количества смеси (механические, электронные); по способу определения количества воздуха (по разрежению во впускной системе, по углу поворота дроссельной заслонки, по расходу воздуха).

Итак, впрыск бензина позволяет более точно распределить топливо по цилиндрам. При распределенном впрыске состав смеси в разных цилиндрах может отличаться только на 6—7%, а при питании от карбюратора — на 11—17%.

Отсутствие добавочного сопротивления потоку воздуха на впуске в виде карбюратора и диффузора и вследствие этого более высокий коэффициент наполнения цилиндров обеспечивает получение более высокой литровой мощности.

При впрыске возможно использование большего перекрытия клапанов, (когда открыты одновременно оба клапана) для лучшей продувки камеры сгорания чистым воздухом, а не смесью.

Лучшая продувка и большая равномерность состава смеси по цилиндрам снижают температуру стенок цилиндра, днища поршня и выпускных клапанов, что, в свою очередь, позволяет снизить потребное октановое число топлива на 2—3 единицы, т.е. поднять степень сжатия без опасности детонации. Кроме того, снижается образование окислов азота при сгорании, и улучшаются условия смазки зеркала цилиндра.

При всех этих преимуществах необходимо отметить, что состав смеси при впрыске топлива должен быть связан с режимом работы двигателя так же, как и при карбюраторном двигателе. Другими словами, для оптимальной работы двигателя стехиометрическое соотношение бензина и воздуха практически может выдерживаться только в определенном диапазоне частичных нагрузок, а при пуске, холостом ходе, малых и максимальных нагрузках, при резком открытии дроссельной заслонки необходимо обогащение смеси.

Управление топливоподачей. Управление топливоподачей в двигателях с искровым зажиганием связано с регулированием топливоздушной смеси и включает в себя следующие функции: измерение количественных и качественных характеристик рабочей смеси; образование рабочей смеси; подачу топлива; распределение смеси по цилиндрам.

Водитель автомобиля управляет дроссельной заслонкой, которая регулирует количество рабочей смеси, в то время как устройство для приготовления рабочей смеси изменяет соотношение воздуха и топлива в этой смеси (качество смеси) дозированием необходимого количества топлива и смешивания его с воздухом перед подачей в двигатель.

Приготовление рабочей смеси в значительной мере зависит от типа устройства подачи топлива. Топливо обычно попадает во впускной коллектор в виде капель. Определенное количество капель топлива на пути к впускным клапанам испаряется с образованием паров (желательное явление), а другие капли осаждаются в виде пленки на стенках коллектора (нежелательное явление). Большая часть методов улучшения качества смеси при использовании центрального (одноточечного) впрыска топлива (рис. 3 а)

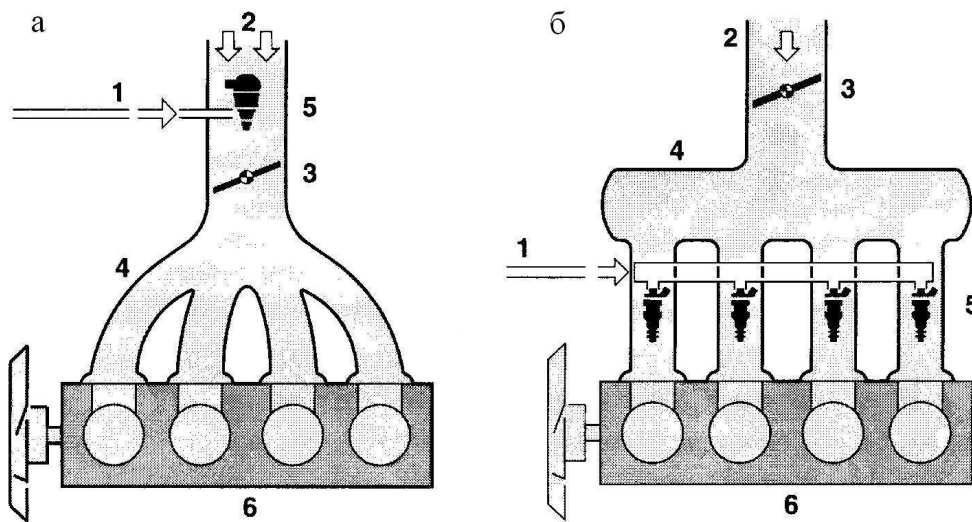


Рис. 3. Способы приготовления рабочей смеси
 а - центральное (одноточечное) впрыск топлива; б - распределенный (многоточечный) впрыск топлива; 1 - подача топлива; 2 - поступление воздуха; 3 - дроссельная заслонка; 4 - впускной коллектор; 5 - форсунки; 6 - двигатель

заключается в повышении степени распыления топлива у дроссельной заслонки и испаряемости топлива на нагретых стенках впускного коллектора и других горячих элементах системы топливоподачи. При использовании систем с распределенным (многоточечным) впрыском топлива (рис. 3 б) хорошее образование смеси при помощи форсунок дополняется испарением топлива у горячего впускного клапана.

При использовании одноточечного способа приготовления смеси, подача смеси к цилиндрам и распределение ее по цилиндрам осуществляется внутри впускного коллектора. Поэтому конструкция впускного коллектора оказывает основное влияние на оба этих процесса и при любых условиях трудно достичь равномерного распределения смеси по цилиндрам двигателя.

При децентрализованном приготовлении смеси в системе с многоточечным впрыском чистый воздух проходит по большей части впускного тракта. Топливо впрыскивается в воздух непосредственно перед впускным клапаном, что гарантирует равномерное распределение смеси (рис. 4).

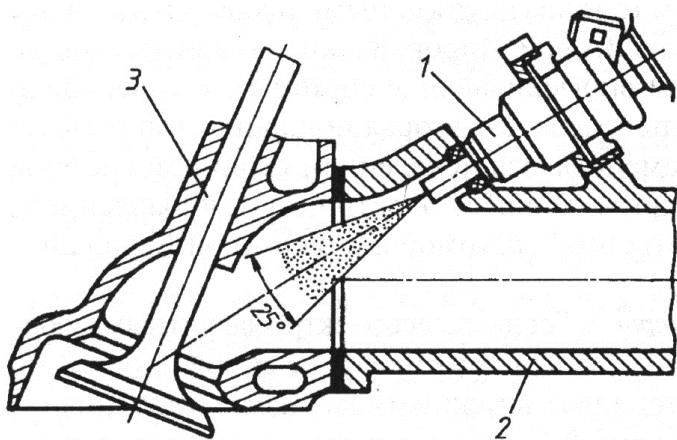


Рис. 4. Впрыскивание бензина в зону впускного клапана:

1 - электромагнитная форсунка; 2 - впускной трубопровод; 3 - впускной клапан

2. СИСТЕМЫ ВПРЫСКА БЕНЗИНА

2.1. Система впрыска «Mono-Jetronic»

Mono-Jetronic представляет собой электронно -управляемую систему впрыска, в которой топливо впрыскивается во впускной трубопровод электромагнитной форсункой, расположенной перед дроссельной заслонкой. Распределение топливовоздушной смеси по цилиндрам происходит, как и в случае применения карбюрато-

ра - через впускной трубопровод. Схема системы впрыска показана на рис. 5.

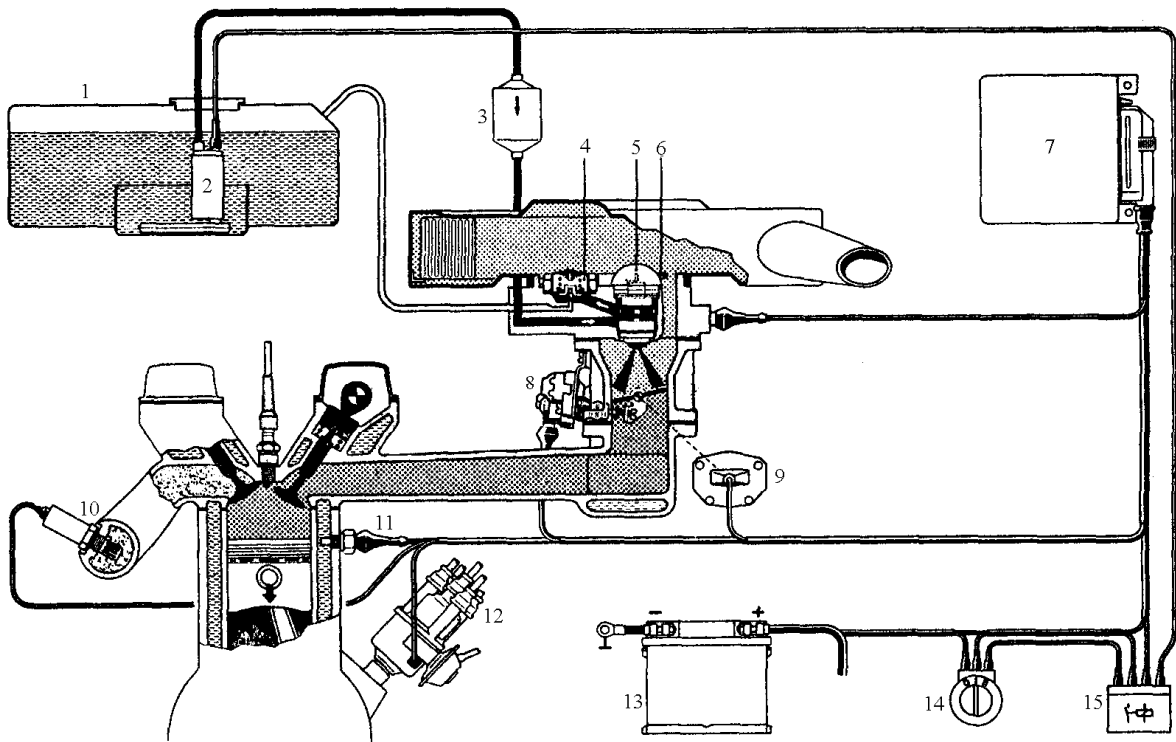


Рис. 5. Схема системы впрыска МОНО-ДЖЕТРОНИК:
1-топливный бак; 2-электрический топливный насос; 3-топливный фильтр; 4-регулятор давления в системе топливоподдачи; 5-электромагнитная форсунка впрыска; 6-датчик температуры всасываемого воздуха; 7-блок управления; 8-термоавтомат управления дроссельной заслонкой; 9-датчик положения дроссельной заслонки; 10-лямбда-зонд; 11-датчик температуры двигателя; 12 - прерыватель-распределитель; 13-аккумуляторная батарея; 14-выключатель зажигания; 15 -реле

Любую систему впрыска можно разделить на три подсистемы:

- подачи топлива;
- определения рабочего режима двигателя;
- обработки данных.

Топливный насос. Топливный насос с электроприводом должен подавать достаточное количество топлива в двигатель и

одновременно поддерживать нужное давление, обеспечивающее эффективный впрыск топлива при всех условиях работы.

Топливный насос с электроприводом состоит из торцевой крышки с электрическими контактами, обратным клапаном (для сохранения давления в системе) и выпускным патрубком (большинство торцевых крышек также имеют угольные щетки коллектора электродвигателя).

Вытеснительные насосы. При вращении рабочего элемента вытеснительного насоса он всасывает жидкость со стороны входа, пропускает ее через герметичную зону и нагнетает эту жидкость потребителю. Насосы выпускаются двух типов: роторный насос с роликами (рис. 6 а) и шестеренный насос с внутренним зацеплением (рис. 6 б). Насосы первого типа обеспечивают хорошую производительность в условиях высоких давлений (400 кПа и выше). Они также могут работать при низком напряжении питания, т.е. кривая расхода остается относительно «плоской» и постоянной в большом диапазоне рабочих нагрузок. КПД насоса составляет около 25%.

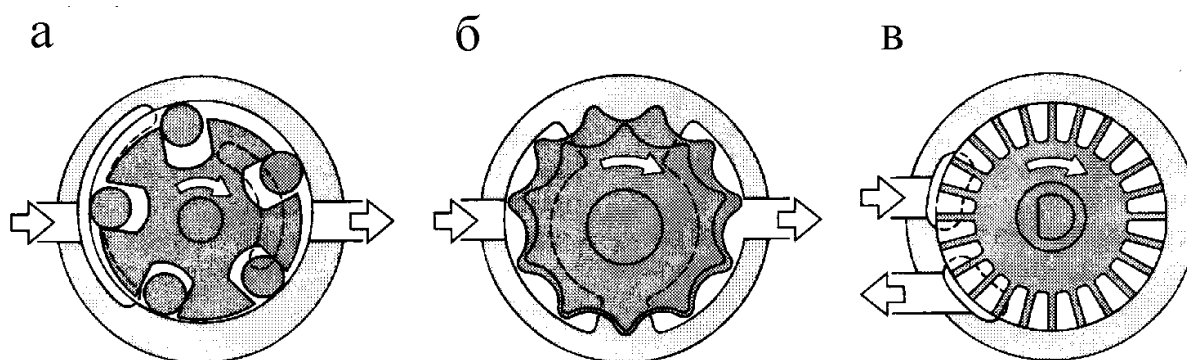


Рис. 6. Конструкции топливных насосов с электроприводом
а - роторный насос с роликами; б - шестеренный насос с внутренним зацеплением; в - центробежный насос

Центробежные насосы. Конструкции, базирующиеся на действии центробежных сил, стали обычными в электроприводных насосах (рис. 6 в). Крыльчатка, имеющая множество периферических лопаток, вращается внутри камеры, состоящей из двух неподвижных секций. Каждая из этих секций имеет канал, расположенный вдоль пути перемещения лопаток крыльчатки; на одном конце канала предусмотрены отверстия, расположенные в плос-

кости всасывающих отверстий насоса. Небольшое газовыпускное отверстие, располагаемое на определенном расстоянии от всасывающего отверстия, улучшает производительность насоса в горячем состоянии; через это отверстие наружу выпускаются пузырьки газа (с минимальными утечками).

Так как сохраняется постоянное повышенное давление без его резких колебаний, насосы этого типа работают бесшумно. Конструкция насоса проще, чем конструкция вытеснительного насоса. Одноступенчатые насосы позволяют получать давление в системе, достигающее 400 кПа; более высокие давления в современных топливоподающих системах встречаются редко. Уровни КПД для серийных насосов находятся в пределах от 10 до 15%. Фактически все новые конструкции автомобилей, оборудованные двигателями с искровым зажиганием, имеют в своих системах питания центробежные насосы.

Ранее применявшиеся системы с электронным управлением подачей топлива почти всегда имели электроприводные топливные насосы, связанные с системой питания двигателя и расположенные снаружи топливного бака. С некоторых пор наблюдается тенденция размещать электроприводные насосы внутри топливного бака.

Форсунка впрыска. Так как топливная форсунка расположена перед дроссельной заслонкой, практически на месте жиклера карбюратора, давление топлива в системе составляет всего около 1 кгс/см².

В обесточенном состоянии шариковый клапан 3 (рис. 7) прижат пружиной к седлу и перекрывает доступ топлива к отверстиям 4 распылителя.

Когда от блока управления 7 (рис. 5) через кабель 1 (рис. 7) на катушку поступает импульс, магнитное поле, образующееся внутри катушки, поднимает якорь вверх, уменьшая давление пружины на клапан 3.

Топливо, находящееся внутри корпуса форсунки, поднимает клапан 3 и под давлением, поддерживаемым регулятором 4 (рис. 5), распыливается в корпус дроссельной заслонки через отверстия 4.

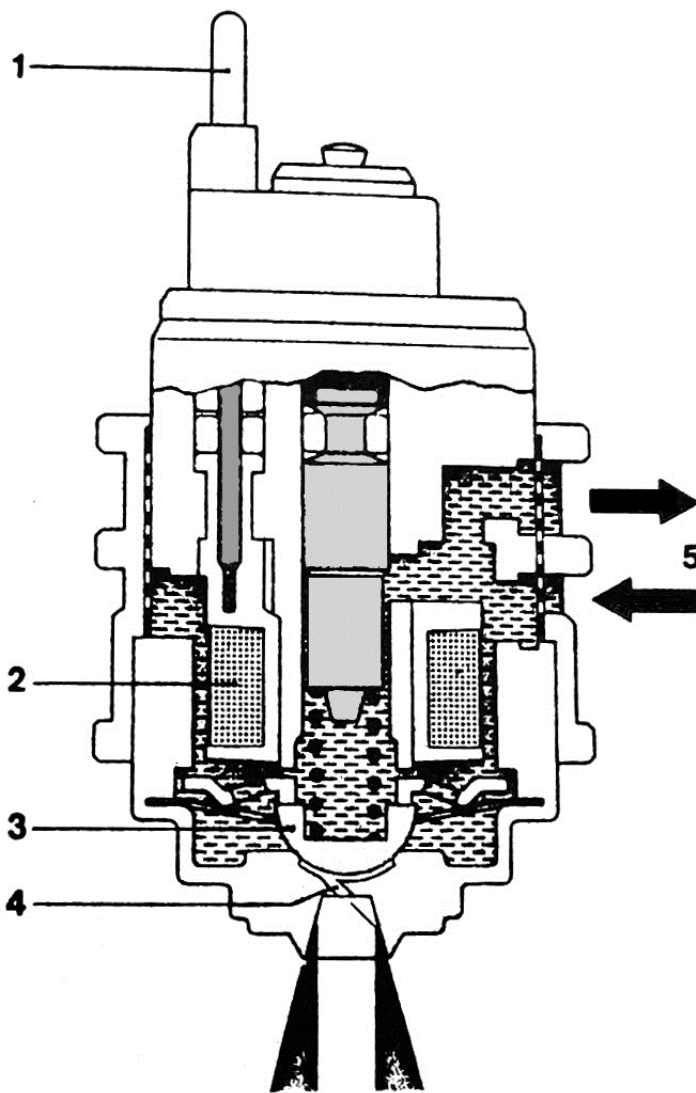


Рис. 7. Электромагнитная центральная форсунка впрыска

1-электрический кабель; 2-катушка; 3-шариковый клапан; 4-поперечно расположенные отверстия; 5-подвод и отвод топлива

трические сигналы в блок управления.

Система "Mono-Jetronic" не имеет расходомера воздуха, поэтому соотношение масс воздуха и топлива здесь менее точное и определяется только положением дроссельной заслонки, температурой всасываемого воздуха и частотой вращения коленчатого вала.

Обычно форсунка имеет шесть отверстий, ориентированных в разные стороны. Мелкое распыливание топлива обеспечивается за счет завихрения потока топлива в отверстиях распылителя. Угол впрыска выбирается таким, чтобы топливо направлялось в щель между дроссельной заслонкой и корпусом дроссельной заслонки.

Подсистема определения рабочего режима двигателя. Эта подсистема включает в себя датчики, установленные на двигателе и посылающие элек-

Датчик положения дроссельной заслонки посылает в блок управления сигнал, соответствующий углу поворота дроссельной заслонки. Датчик представляет собой потенциометр.

Количество воздуха, поступающее в двигатель, зависит от положения дроссельной заслонки. Следовательно, угол, на который она повернута, может с определенной степенью точности характеризовать количество поступившего в двигатель воздуха. Изменяющееся напряжение с потенциометра будет соответствовать углу поворота дроссельной заслонки.

Кроме того, блок управления по сигналам с датчика распознает конечные положения дроссельной заслонки. Когда дроссельная заслонка закрыта, топливовоздушная смесь обогащается (увеличивается подача топлива) на режиме холостого хода или прекращается и возобновляется подача топлива на режиме принудительного холостого хода. Когда дроссельная заслонка полностью открыта, топливовоздушная смесь обогащается на режиме полной мощности.

Датчик частоты вращения коленчатого вала посылает в блок управления сигнал, соответствующий частоте вращения коленчатого вала двигателя. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает от прерывателя, в современных системах этот параметр определяется непосредственно на коленчатом валу (с диска или демпфера, установленного на переднем конце коленчатого вала или с маховика индуктивным датчиком). Эта информация используется для поддержания заданной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу, для подключения или отключения подачи топлива на режиме принудительного холостого хода и для ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала (не во всех системах).

Датчик температуры двигателя измеряет температуру охлаждающей жидкости и посылает в блок управления соответствующий сигнал.

Этот сигнал используется для коррекции количества топлива, рассчитанного в соответствии с текущим режимом двигателя. Чем ниже его температура, тем больше обогащается смесь (так как при низкой температуре значительная часть топлива конденсируется на стенках впускного трубопровода по пути к цилиндрам).

Датчик температуры всасываемого воздуха посылает в блок управления сигнал, соответствующий температуре воздуха на входе во впускной трубопровод.

Как уже упоминалось, на режиме частичных нагрузок система впрыска prepares смесь стехиометрического состава. С помощью блока управления определяется масса воздуха, поступившего в двигатель, путем умножения его объема на постоянную величину - его плотность при определенной температуре. При изменении температуры окружающего воздуха его плотность меняется: при повышении температуры она уменьшается, при понижении - увеличивается. Таким образом, если не использовать сигнал описываемого датчика для коррекции рассчитанного количества топлива, при повышении температуры будет готовиться обогащенная смесь, при понижении обедненная.

Помимо внешних датчиков в блоке управления имеется схема, измеряющая напряжение в бортовой сети электрооборудования, так как время открытия форсунки будет зависеть от силы тока через катушку 2 (рис. 7), который определяется напряжением в бортовой сети. Этот сигнал важен во время пуска двигателя с разряженной аккумуляторной батареей, так как если не использовать такую коррекцию, то двигатель будет получать меньше топлива из-за более долгого времени открытия форсунки.

Подсистема обработки данных. Обработка данных происходит в цифровом блоке управления. Сигналы датчиков поступают на входы аналого-цифровых преобразователей, в которых напряжения датчиков преобразуются в цифровые коды, с которыми работает микропроцессор. Когда процессор получает код угла положения дроссельной заслонки, он считывает из памяти данных значение расхода воздуха, соответствующее этому коду. Затем расход воздуха корректируется в соответствии с сигналом датчика температуры всасываемого воздуха. На основании полученного значения из памяти данных выбирается величина расхода топлива с учетом режима работы двигателя (пуск, прогрев, разгон и т.д.). Она, в свою очередь, корректируется в зависимости от температуры двигателя. По полученному значению рассчитывается выходной сигнал блока управления - командный импульс для форсунки впрыска. Для этого из памяти считываются время открытия форсунки (корректируется с учетом напряжения в борто-

вой сети), затем время открытого состояния форсунки для полученного ранее количества топлива и время закрытия форсунки. Сумма этих трех величин дает длительность командного импульса. Если требуется обогатить смесь, форсунка открывается на более длительное время, если обеднить - на более короткое.

2.2. Система впрыска «К- Jetronic»

Система впрыска "К-Jetronic" представляет собой механическую систему впрыска топлива. Поступающее в двигатель количество воздуха измеряется расходомером. Топливо подается насосом с электрическим приводом через накопитель и фильтр к распределителю топлива, который направляет его к форсункам впрыска во впускном трубопроводе, установленном перед каждым цилиндром.

Давление топлива (расход) зависит от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

Впрыск топлива происходит непрерывно, т.е. без учета положения впускного клапана. Когда клапан закрыт, смесь остается на нем до его открытия. При открытии клапана смесь всасывается в цилиндр.

Принцип действия. Главная дозирующая система. Топливный насос 2 (рис. 8) забирает топливо из бака 1 и подает его под давлением около 5 кгс/см^2 через накопитель 3 и фильтр 4 к каналу "А" дозатора-распределителя 6. При обычном карбюраторном питании управление двигателем осуществляется воздействием на педаль "газа" т.е. поворотом дроссельной заслонки. Если при карбюраторном питании дроссельная заслонка регулирует количество подаваемой в цилиндры рабочей смеси, то при системе впрыска дроссельная заслонка 14 регулирует только подачу чистого воздуха.

Для того, чтобы установить требуемое соотношение между количеством поступающего воздуха и количеством впрыскиваемого бензина используется расходомер воздуха с так называемым напорным диском 5 и дозатор-распределитель топлива 6.

В действительности расходомер не замеряет, в буквальном смысле слова, расход воздуха, просто его напорный диск перемещается "пропорционально" расходу воздуха. А само название

"расходомер" объясняется тем, что в этом устройстве использован принцип действия «взвешивания» воздуха. Здесь на одной чаше весов как бы находится поступающий в цилиндры воздух, а на другой бензин. Бензина на этой чаше должно быть столько, чтобы уравновесить эти «весы».

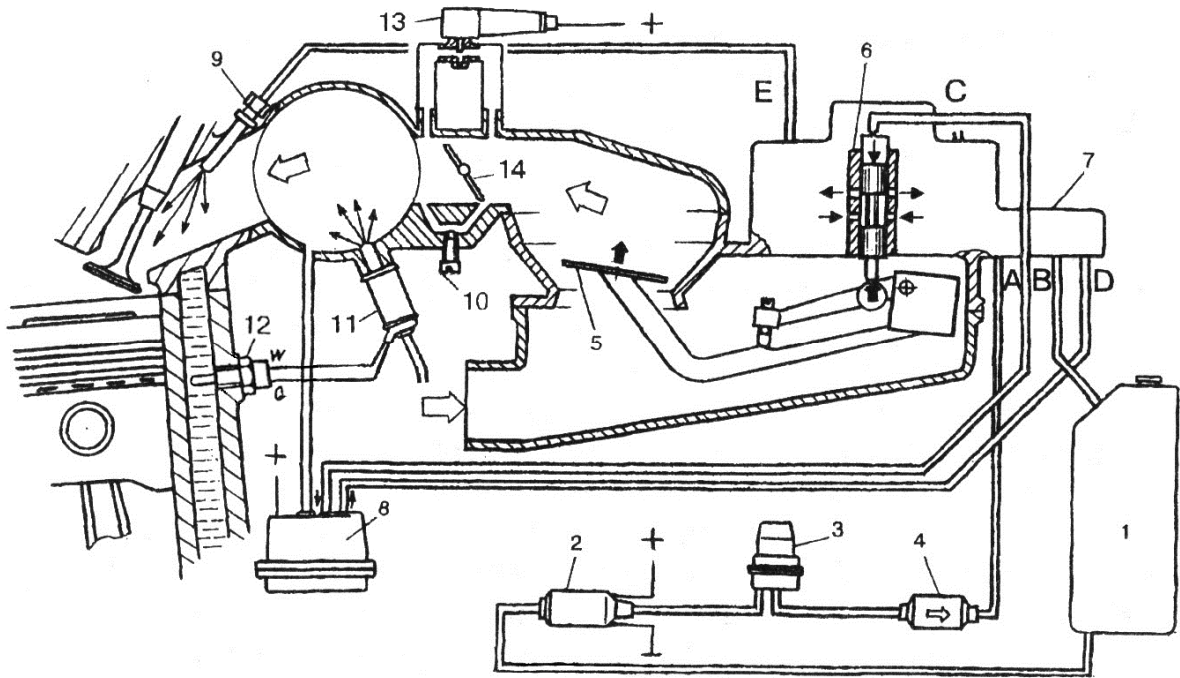


Рис. 8. Схема главной дозирующей системы и системы холостого хода системы впрыска "К-Jetronic"

1 — топливный бак; 2 — топливный насос; 3 — накопитель топлива; 4 — топливный фильтр; 5 — напорный диск расходомера воздуха; 6 — дозатор-распределитель количества топлива; 7 — регулятор давления питания; 8 — регулятор управляющего давления; 9 — форсунка (инжектор); 10 — регулировочный винт холостого хода; 11 — пусковая электромагнитная форсунка; 12 — термореле; 13 — клапан добавочного воздуха; 14 — дроссельная заслонка. Каналы: А — подвод топлива к дозатору-распределителю; В — слив топлива в бак; С — канал управляющего давления; D — канал толчкового клапана; E — подвод топлива к форсункам

Расходомер воздуха системы впрыска топлива представляет собой прецизионный механизм. Напорный диск его очень легкий (толщина примерно 1 мм, диаметр — 100 мм) крепится к рычагу, с другой стороны рычага (рис. 8) установлен баланси́р, уравнове-

шивающий всю систему. С учетом того, что ось вращения рычага лежит в опорах с минимальным трением (подшипники качения), диск очень "чутко" реагирует на изменение расхода воздуха.

На оси вращения рычага напорного диска 5 закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя.

Механическая система: расходомер воздуха — дозатор-распределитель обеспечивает только соответствие перемещений напорного диска и плунжера распределителя. Форма канала расходомера, где установлен напорный диск, выполнена таким образом, чтобы обеспечивать линейную зависимость перемещения напорного диска от расхода воздуха, но плунжер распределителя при перемещении линейного расходом бензина уже не дает. Для получения линейной зависимости применена система дифференциальных клапанов, о них речь ниже.

Напомним, "линейная зависимость" — в буквальном смысле слова означает, что график функции — прямая линия. Другими словами, изменение аргумента вызывает прямо пропорциональное изменение функции. Например, аргумент (расход воздуха) увеличился в 2 раза, во столько же раз увеличится и функция (перемещение). В данном случае независимым переменным (аргументом) будет уже перемещение плунжера, а функцией — расход бензина.

Из дозатора-распределителя топливо по каналам "Е" поступает к форсункам впрыска 9.

Итак, перемещение напорного диска вызывает перемещение плунжера распределителя. Взаимосвязь перемещений и упомянутые выше дифференциальные клапаны обеспечивают стехиометрическое соотношение воздуха и бензина в рабочей смеси. Но, особенностью автомобильного двигателя является то, что он должен быть приспособлен к различным режимам: холодный пуск, холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка. Смесь приходится при соответствующих режимах или обогащать или обеднять. Для коррекции состава смеси на различных режимах используется управляющее давление со стороны верхней части плунжера, по каналу "С". Это давление в зависимости от режима работы двигателя имеет большую или меньшую величину. (На вторую «чашу весов» прибавляется дополнительный вес или

уменьшается.) В первом случае сопротивление перемещению плунжера увеличивается — смесь обедняется. Во втором случае, напротив, сопротивление перемещению плунжера уменьшается — смесь становится богаче. Одним из режимов работы автомобильного двигателя является резкое открытие дроссельной заслонки. При карбюраторной системе питания необходимое обогащение смеси (в противном случае, так как воздух более подвижен, было бы ее обеднение) производится ускорительным насосом. При системе впрыска обогащение обеспечивается почти мгновенной реакцией напорного диска.

Система пуска. Если двигатель прогрет (температура не менее 35°C) термореле 12 выключает пусковую форсунку 11 с электромагнитным управлением. В момент пуска холодного двигателя и в течение определенного времени пусковая форсунка впрыскивает во впускной коллектор дополнительное количество топлива.

Продолжительность работы пусковой форсунки определяет термореле в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Клапан 13 обеспечивает подвод к двигателю дополнительного количества воздуха для повышения частоты вращения коленчатого вала холодного двигателя на холостом ходу. По мере прогрева клапан прикрывается, и дополнительный расход воздуха в обход дроссельной заслонки будет уменьшаться. Дополнительное обогащение топливовоздушной смеси при пуске и прогреве холодного двигателя достигается за счет более свободного подъема плунжера дозатора-распределителя благодаря тому, что регулятор управляющего давления 8 снижает над плунжером противодействующее давление возврата.

Накопитель топлива. Накопитель топлива 3 представляет собой пружинный гидроаккумулятор, назначение которого поддерживать давление в системе при остановленном двигателе и выключенном бензонасосе. Поддержание остаточного давления препятствует образованию в трубопроводах паровых пробок, которые затрудняют пуск (особенно горячего двигателя).

После включения топливного насоса накопительная полость через пластинчатый клапан в перегородке заполняется топливом, при этом диафрагма прогибается вверх до упора, сжимая пружину. После остановки двигателя пружина, воздействуя на диафрагму, вытесняет бензин из накопительной полости.

Дозатор - распределитель. Дозатор-распределитель (рис. 9) дозирует и распределяет топливо, поступившее через фильтр от насоса к каналу "А", по форсункам цилиндров, каналы "Е". Перемещение плунжера распределителя происходит в соответствии с перемещениями напорного диска расходомера воздуха.

Плунжер 6 перемещается в гильзе 7 с отверстиями. Каких-либо уплотнений в этой паре не предусмотрено, герметичность обеспечивается минимальными зазорами, точностью формы и чистотой сопрягаемых поверхностей деталей.

На плунжер снизу воздействует рычаг напорного диска, сверху — управляющее давление.

Между распределителем и выходными каналами "Е" располагаются дифференциальные клапаны, необходимые, как отмечалось, для получения линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом топлива поступающего к форсункам.

Дифференциальный клапан - это буквально клапан с двумя камерами с перепадом давлений или клапан, разделенный гибкой диафрагмой.

Нижние камеры дифференциальных клапанов соединены кольцевым каналом и находятся под рабочим давлением. На стальную диафрагму 4 снизу воздействует это давление, а сверху - пружина.

При поступлении топлива в верхнюю камеру (рис. 10) к усилию пружины добавляется давление топлива, диафрагма прогибается вниз, увеличивая проходное сечение, в связи с чем давление в верхней камере падает, диафрагма несколько выпрямляется, в результате получается динамическое равновесие или та самая необходимая линейная зависимость между перемещением плунжера и поступлением топлива к форсункам.

Рассмотренное регулирование состава рабочей смеси относится к частичным нагрузкам или к обычной работе двигателя. Но существуют и другие режимы: холодный пуск, холостой ход, полная нагрузка.

Постоянное по величине давление топлива в системе поддерживает регулятор давления.

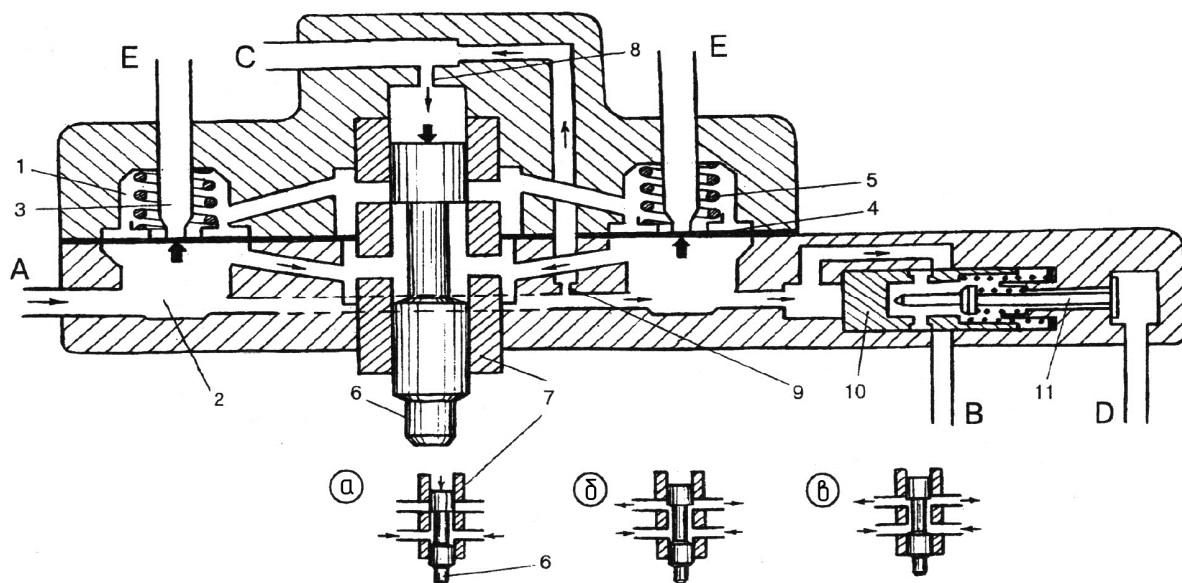


Рис. 9. Дозатор-распределитель с регулятором давления питания
 1 — верхняя камера дифференциального клапана; 2 — нижняя камера; 3 — трубка форсунки впрыска; 4 — диафрагма клапана; 5 — пружина клапана; 6 — плунжер распределителя; 7 — гильза распределителя; 8 — демпфирующий дроссель; 9 — дроссель подпитки; 10 — поршень регулятора давления; 11 — толчковый клапан; а — состояние покоя; б — холостой ход, частичные нагрузки; в — полная нагрузка; А, В, С, D, Е — топливные каналы

Регулятор управляющего давления. Регулятор управляющего давления (рис. 11) изменяет управляющее давление в основном при режимах холодного пуска прогрева на холостом ходу и полной нагрузке. Регулятор имеет две диафрагмы верхнюю 5 и нижнюю 7. В средней части верхней диафрагмы 5 имеется клапан, перекрывающий канал 4, по которому топливо через регулятор давления питания возвращается в бак (рис. 9).

Биметаллическая пластинчатая пружина 6 при температуре до 35—40°C прогибает диафрагму 5 вниз, соединяя два канала, расположенные над диафрагмой, при этом сжимаются две цилиндрические пружины у диафрагмы 7. Регулятор крепится к блоку цилиндров и нагревается от него. Кроме этого биметаллическая пружина 6 имеет электрический подогрев. Это необходимо для того, чтобы при затрудненном пуске не "залить" двигатель.

Регулятор управляющего давления без нижней диафрагмы 7 (без подвода вакуума) и внутренней цилиндрической пружины называется регулятором подогрева и работает только при

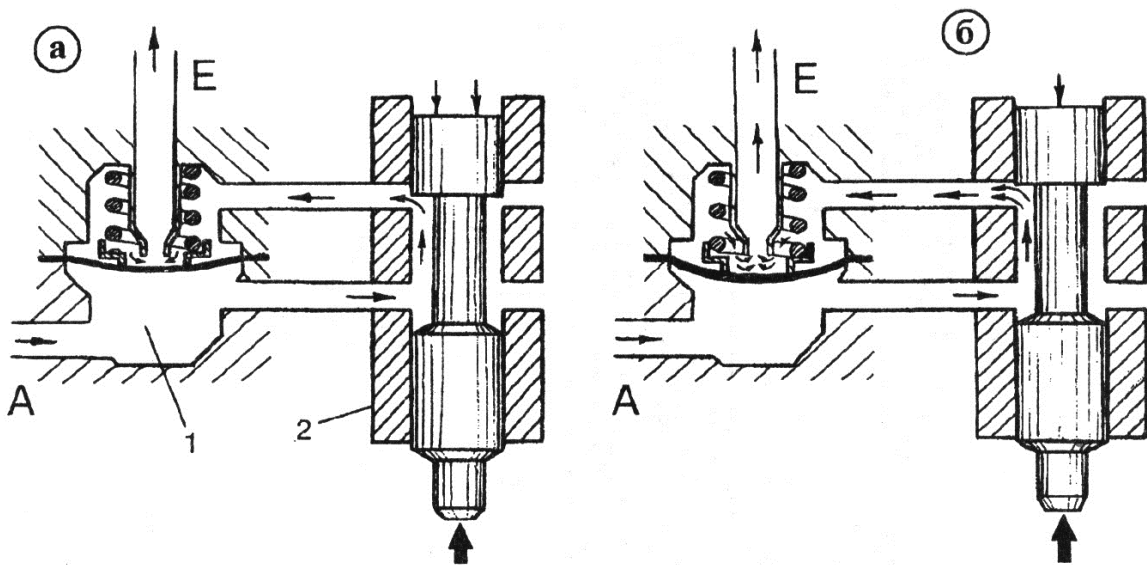


Рис. 10. Регулирование состава рабочей смеси
 а — малая доза впрыска; б — большая доза впрыска; 1 — дифференциальный клапан; 2 — распределитель. Каналы: А — подвод питания от насоса; Е — подача топлива к форсункам

прогреве двигателя. На рис. 11 показана работа регулятора при прогреве.

Пружина б прогибает верхнюю диафрагму 5 вниз, клапан открывается и соединяет два канала. По мере прогрева двигателя управляющее давление увеличивается, так как биметаллическая пружина б начинает постепенно выгибаться вверх, разгружая цилиндрические пружины и уменьшая прогиб диафрагмы 5. При температуре около 35—40°С пружина б полностью освобождает диафрагму и канал слива 4 закрывается.

Положение нижней диафрагмы определяется разрежением, подводимым по каналу 3 и атмосферным давлением по каналу 2. При холостом ходе и частичных нагрузках, дроссельная заслонка прикрыта, в связи с чем за ней устанавливается пониженное давление. Нижняя диафрагма атмосферным давлением прижимается к верхнему упору, при этом внутренняя цилиндрическая пружина сжимается.

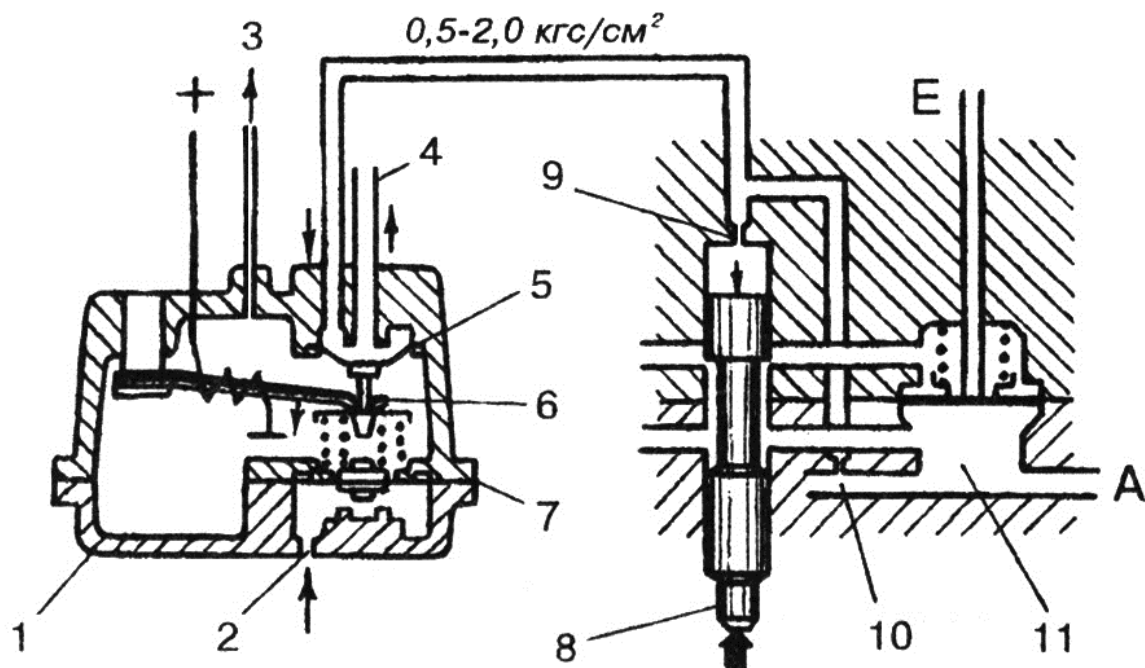


Рис. 11. Регулирование состава рабочей смеси

1 — регулятор управляющего давления, 2 — атмосферное давление, 3 — вакуум, 4 — к каналу D регулятора давления, 5 — верхняя диафрагма, 6 — биметаллическая пластинчатая пружина, 7 — нижняя диафрагма, 8 — плунжер распределителя, 9 — демпфирующий дроссель, 10 — дроссель подпитки, 11 — дифференциальный клапан; А,Е — клапаны

При работе прогретого двигателя при частичных нагрузках (обычный режим) пластинчатая биметаллическая пружина выгибается вверх и на верхнюю диафрагму уже не воздействует. Нижняя диафрагма при частичных нагрузках при подводе вакуума атмосферным давлением также прижимается к верхнему упору. При этом внутренняя цилиндрическая пружина находится в сжатом состоянии, внизу опирается в диафрагму, вверху через клапан верхней диафрагмы — в корпус.

Верхняя диафрагма находится под воздействием следующих сил. Снизу действует суммарное усилие двух пружин, сверху усилие, определяемое давлением, подводимым через дроссель 10 в кольцевой канал над диафрагмой. Усилиями двух сжатых пружин определяется максимальная величина управляющего давления 3,4-3,8 кгс/см², что соответствует полному прогреву двигателя.

Режим полной нагрузки характеризуется тем, что дроссельная заслонка открыта полностью, разрежение за ней уменьшается т.е. повышается давление. Нижняя диафрагма перемещается в крайнее положение до упора, благодаря чему усилие внутренней цилиндрической пружины резко снижается. Под действием давления верхняя диафрагма прогибается вниз, в результате управляющее давление понижается $2,7-3,1 \text{ кгс/см}^2$ и рабочая смесь обогащается.

Клапан дополнительной подачи воздуха. Как известно, при пуске холодного двигателя и его прогреве для устойчивой работы двигателя, требуется повышенное количество рабочей смеси. Обеспечивается это рядом устройств. Одно из них — клапан добавочного воздуха (рис. 12). При холодном двигателе диафрагма 1 клапана удерживается биметаллической пластиной в верхнем

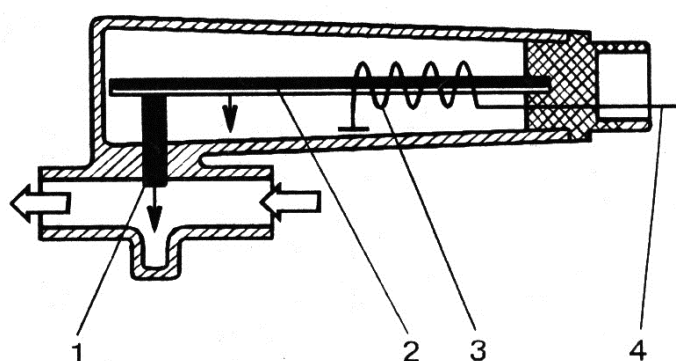


Рис. 12. Клапан добавочного воздуха
1 — диафрагма; 2 — биметаллическая пластина; 3 — электрическая спираль; 4 — штекер

положении, клапан открыт и воздух поступает в обход дроссельной заслонки. По мере прогрева биметаллическая пластина изгибается вниз, в результате чего канал подачи дополнительного воздуха перекрывается. Биметаллическая пластина обогревается специальной электрической спиралью и за счет температуры двигателя.

Клапан добавочного воздуха при прогреве увеличивает количество только воздуха. Получение же обогащенной рабочей смеси осуществляется двумя путями. Первый — добавочный воздух фиксируется расходомером, его напорный диск перемещается и через рычаг воздействует на плунжер распределителя, поднимая его вверх, смесь обогащается. Второй — на холодном двигателе включается в работу регулятор управляющего давления, рассмотренный выше.

2.3. Система впрыска "KE-Jetronic"

Система впрыска "KE-Jetronic" это электронно-механическая система постоянного впрыска топлива, подобная системе "K-Jetronic", но с электронным блоком управления. В системе "KE-Jetronic" регулятор управляющего давления заменен электрогидравлическим регулятором.

Кроме этого, система имеет: установленный на рычаге расхода воздуха потенциометр (реостатный датчик) и выключатель положения дроссельной заслонки. Потенциометр сообщает электрическими сигналами в электронный блок управления информацию о положении напорного диска расходомера воздуха. Положение напорного диска определяется расходом.

Выключатель положения дроссельной заслонки может информировать электронный блок управления: о крайних положениях дроссельной заслонки — полностью открыта или закрыта (в этом случае выключатель называется концевым); о всех положениях дроссельной заслонки; о всех положениях и о скорости ее открытия и закрытия.

Система "KE-Jetronic" является дальнейшим развитием системы "K-Jetronic". Она более сложная, но позволяет лучше оптимизировать дозирование топлива. Идеальное дозирование - это топливная экономичность, наименьшая токсичность отработавших газов, наилучшая динамика. К сожалению, совместить все три эти составляющие не удастся. Поэтому, к примеру, о топливной экономичности заботятся при всех частичных нагрузках, а при полной нагрузке — только о наилучших динамических показателях.

Принцип действия, главная дозирующая система и система холостого хода. Топливо под давлением поступает к форсункам 11 (рис. 13), установленным перед впускными клапанами. Форсунки распиливают топливо, количество которого определяется его давлением в зависимости от нагрузки (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

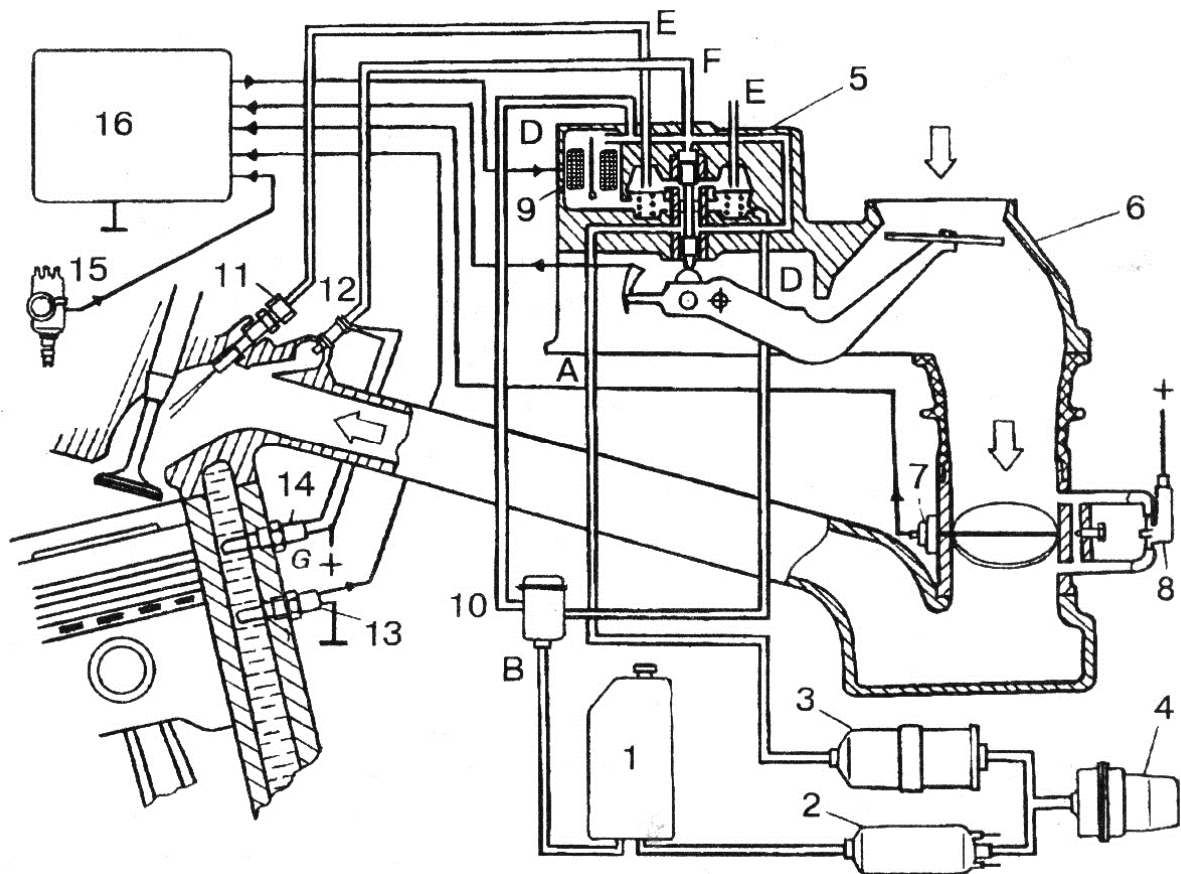


Рис. 13. Схема системы впрыска "KE-Jetronic"

1 — топливный бак; 2 — топливный насос; 3 — топливный фильтр; 4 — накопитель топлива; 5 — дозатор-распределитель количества топлива; 6 — расходомер воздуха; 7 — выключатель положения дроссельной заслонки; 8 — клапан дополнительной подачи воздуха; 9 — электрогидравлический регулятор управляющего давления (противодавления); 10 — регулятор давления топлива в системе; 11 — форсунка (инжектор); 12 — пусковая электромагнитная форсунка; 13 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 — термореле; 15 — датчик-распределитель; 16 — электронный блок управления. Каналы: А — подвод топлива (давление системы); В — слив топлива в бак; С — канал управляющего давления (в дозаторе-распределителе); D — канал регулятора давления; Е — подвод топлива к форсункам; F — подвод топлива к пусковой электромагнитной форсунке

Регулирование количества топлива обеспечивается дозатором-распределителем 5, управляемым расходомером воздуха 6 и электрогидравлическим регулятором управляющего давления 9, управляемым электронным блоком управления 16 по сигналам датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя 13, выключателя положения дроссельной заслонки 7 и датчика частоты вращения (числа оборотов) коленчатого вала двигателя (датчика начала отсчета).

Система впрыска работает следующим образом. Электронасос 2 забирает топливо из бака и подает его под давлением к дозатору-распределителю топлива 5 через топливный фильтр 3 и накопитель 4.

Топливо поступает в верхние камеры дифференциальных клапанов дозатора-распределителя под давлением, которое изменяется регулятором 10 в зависимости от положения плунжера распределителя.

Количество топлива, поступающего к рабочим форсункам 11, регулируется диафрагмой дифференциальных клапанов, прижимаемой управляющим давлением (противодавлением) к выходным отверстиям (трубкам форсунок).

В отличие от системы "К-Jetronic", управляющее давление к верхнему торцу плунжера распределителя в системе "KE-Jetronic" не подводится.

Регулятор управляющего давления 9 представляет собой электроклапан, управляемый электронным блоком 16.

Потенциометр напорного диска и выключатель положения дроссельной заслонки передают в электронный блок управления информацию о текущей нагрузке двигателя и о "поведении" дроссельной заслонки. В свою очередь, электронный блок управления через электрогидравлический регулятор управляющего давления корректирует воздействие перемещений напорного диска на плунжер распределителя. Например, при резком нажатии на педаль "газа", ("взаимосвязь" открытия дроссельной заслонки, перемещения напорного диска и роста частоты вращения коленчатого вала) электронный блок управления различает, ускорение ли это движения автомобиля или просто увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

При полной нагрузке сигнал от выключателя положения дроссельной заслонки поступает в электронный блок управления, последний через регулятор управляющего давления дозатора-распределителя обогащает смесь.

Система холостого хода, представленная на рис. 13, почти не отличается от системы холостого хода "К-Jetronic". Параллельно каналу дроссельной заслонки идут еще два воздушных канала. В одном установлен конический винт регулировки холостого хода (винт количества), которым поддерживается минимальное разре-

жение в расходомере воздуха 6 под диском, и обеспечивается работа двигателя на холостом ходу. Клапан дополнительной подачи воздуха 8 работает при холодном пуске и прогреве двигателя аналогично системе "К-Jetronic".

Система пуска. Электронасос 2 при пуске мгновенно создает давление в системе. В течение определенного времени, зависящего от температуры охлаждающей жидкости, пусковая форсунка 12 распыляет топливо во впускной трубопровод, что обеспечивает обогащение смеси и надежный запуск холодного двигателя. Время работы пусковой форсунки определяет так же, как и в системе "К-Jetronic", термореле 14.

Клапан 8 открывает доступ во впускной трубопровод добавочному воздуху, обеспечивая тем самым увеличение частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу при прогреве двигателя.

Вместо клапана дополнительной подачи воздуха (рис. 12) или параллельно с ним могут быть установлены более сложные устройства, например, электромагнитный регулятор (клапан) с электронным управлением (рис. 14). Если клапаны добавочного воздуха с подогревом работают "сами по себе" или по усредненной программе без обратной связи, то электромагнитные регуляторы управляются электронным блоком. Электронный блок, получая текущую информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, корректирует ее, воздействуя на электромагнитный регулятор холостого хода, работающий на всех температурных режимах двигателя.

Обогащение смеси у холодного двигателя осуществляется регулятором управляющего давления 9 (рис. 13), который уменьшает противодавление в нижних камерах дифференциальных клапанов, при этом биметаллическая пластина регулятора отклоняется вправо. Обогащение смеси прекращается по сигналу датчика температуры охлаждающей жидкости 13.

Датчик температуры охлаждающей жидкости по внешнему виду похож на термореле (тепловое реле времени), управляющее работой пусковой форсунки. Однако, принцип его действия совершенно иной. Если термореле, это простой термоэлектрический выключатель, то датчик температуры двигателя — это термочувствительное сопротивление.

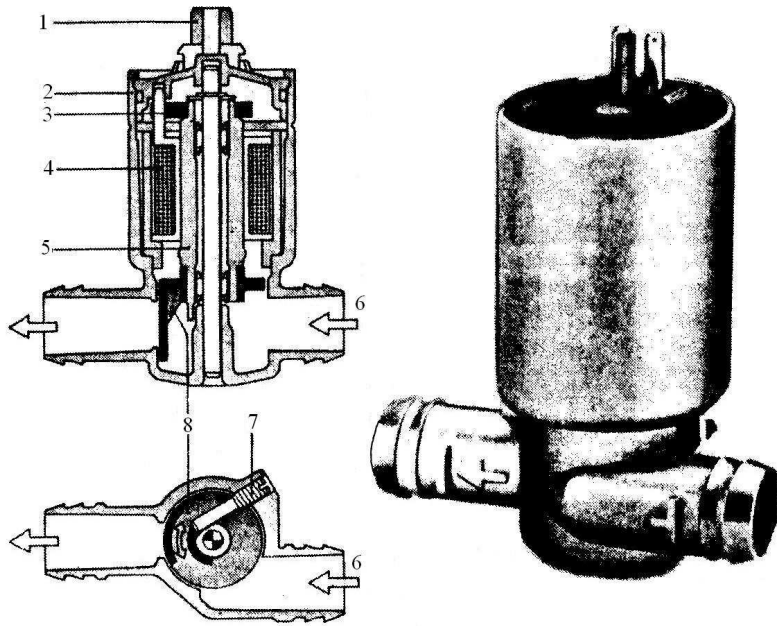


Рис. 14. Задатчик частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу
 1- электрический разъем; 2- корпус; 3- возвратная пружина; 4- обмотка; 5- поворотный якорь; 6- воздушный канал в виде байпаса дроссельной заслонки; 7- регулируемый упор; 8- поворотная заслонка

Электронный блок управления получает сигнал о текущей температуре двигателя в виде величины сопротивления датчика. На основании этого блок выдает соответствующую команду на электрогидравлический регулятор управляющего давления, который изменяет это управляющее давление, который изменяет это управляющее давление и тем самым состав смеси.

Дозатор-распределитель, регулятор управляющего давления. Принципиальное отличие дозатора-распределителя "КЕ-Jetronic" от "К-Jetronic" в том, что: уже нет необходимости устанавливать регулятор управляющего давления на блоке цилиндров двигателя и подводить к нему вакуум, он встроен непосредственно в дозатор-распределитель (рис. 15); управляющее давление подводится не к плунжеру распределителя сверху, а в дифференциальный клапан снизу.

В верхние камеры дифференциальных клапанов подводится рабочее давление системы. В нижних камерах присутствует давление управления.

Электрогидравлический регулятор управляющего давления изменяет давление в нижних камерах дифференциальных клапанов в зависимости от режима работы двигателя (давления струи

топлива на пластину) и от вырабатываемого соответственно этому режиму сигнала (команды) электронного блока управления. Благодаря этому изменяется доза топлива, подводимого к рабочим форсункам.

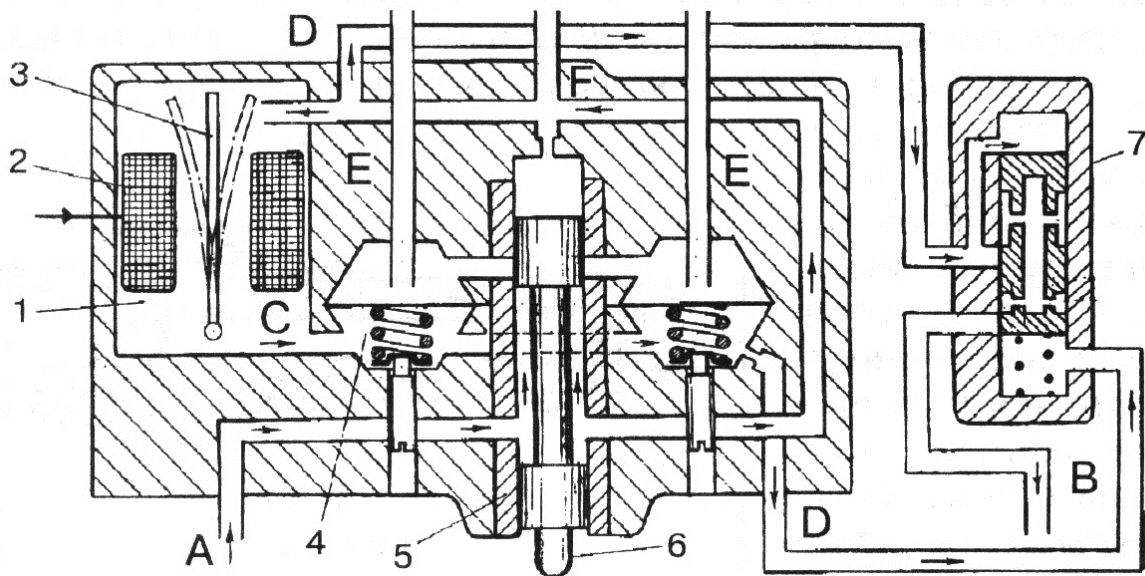


Рис. 15. Дозатор-распределитель и регулятор давления системы впрыска "KE-Jetronic"

1 — электрогидравлический регулятор управляющего давления, 2 — обмотка клапана, 3 — биметаллическая пластина электроклапана, 4 — дифференциальный клапан, 5 — гильза распределителя, 6 — плунжер распределителя, 7 — регулятор давления топлива в системе. Каналы: А — подвод топлива (давление системы), В — слив топлива в бак, С — канал управляющего давления, D — канал регулятора давления, E — подвод топлива к форсункам впрыска, F — подвод топлива к пусковой электромагнитной форсунке

При постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя, как отмечалось, биметаллическая пластина 3 находится в среднем положении.

При снижении частоты вращения коленчатого вала или при принудительном холостом ходе (торможение двигателем), когда дроссельная заслонка закрыта, а частота вращения коленчатого вала более 1700 об/мин, по сигналу датчика положения дроссельной заслонки электронным блоком управления подается команда регулятору управляющего давления, который полностью откры-

вается, т.е. пластина 3 занимает левое положение. В нижних камерах дифференциальных клапанов создается давление, равное давлению подачи топлива. Поступление топлива к рабочим форсункам резко сокращается.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала при открытии дроссельной заслонки происходит обогащение смеси путем снижения управляющего давления регулятором, биметаллическая пластина 3 займет правое положение. При этом воздействие электронного блока управления на регулятор определяется сигналами от потенциометра напорного диска и датчика дроссельной заслонки. Последний сообщает о положении дроссельной заслонки и скорости ее открытия. При системе "К-Jetronic" обогащение при быстром открытии дроссельной заслонки осуществлялось только за счет быстрого перемещения напорного диска.

Обогащение смеси при холодном пуске и прогреве происходит в соответствии с сигналами датчика температуры двигателя по цепочке: датчик (сигнал) — электронный блок управления (команда) — регулятор управляющего давления (изгиб пластины) — дифференциальные клапаны (прогиб вниз диафрагмы).

Обогащение смеси при полной нагрузке двигателя происходит, как отмечалось, по сигналу от датчика дроссельной заслонки.

Лямбда-регулирование. Топливо в цилиндрах двигателя сгорает не полностью. Чем больше остается не сгоревшего топлива, тем больше уровень вредных веществ в отработавших газах. Полного сгорания топлива не происходит даже тогда, когда в цилиндр поступает избыток воздуха. Чтобы не загрязнять среду, нужно улучшить состав отработавших газов. Выброс вредных веществ бензиновыми двигателями может быть значительно снижен с помощью применения лямбда-зонда (датчик кислорода) и катализатора.

Лямбда-зонда осуществляет обратную связь — от отработавших газов — к составу смеси. При этом в электронный блок управления подаются сигналы от лямбда-зонда, размещенного в выпускном трубопроводе двигателя.

Сигнал лямбда-зонда регистрируется электронным блоком управления и преобразуется в команду для регулятора управляющего давления, который изменяет давление управления и тем самым обогащает или обедняет смесь.

Датчики кислорода работают обычно в диапазоне температур 350— 900°С. Принцип действия применяемых датчиков различный.

Циркониевый датчик (рис. 16) (используется керамический элемент на основе двуокиси циркония ZrO_2 , покрытый платиной) — гальванический источник тока, меняющий напряжение в зависимости от температуры и наличия остаточного кислорода в отработавших газах.

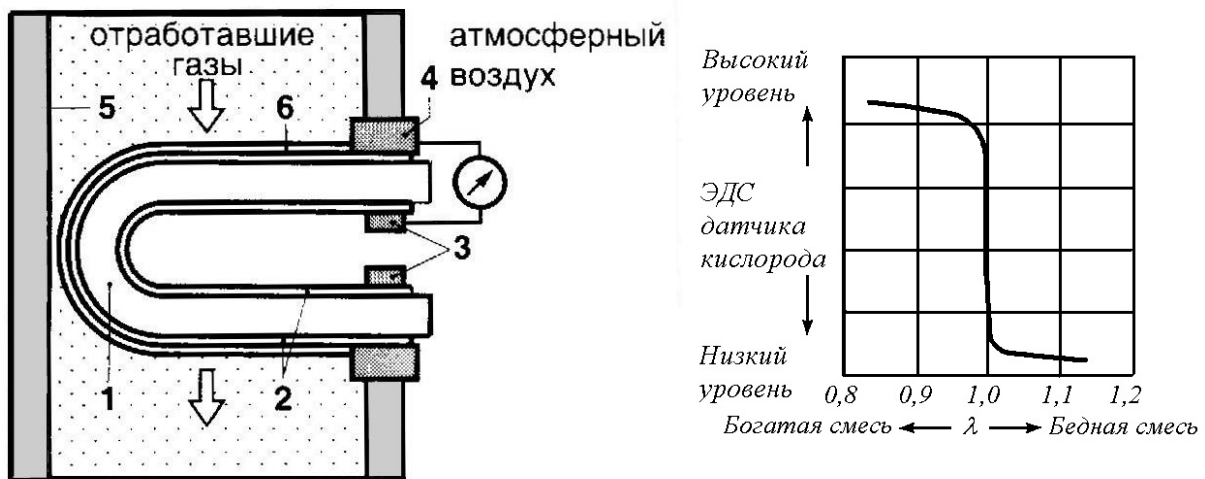


Рис. 16. Конструкция (поперечное сечение) и характеристика датчика кислорода

1 - керамический датчик; 2 - электроды; 3 - контакт; 4 - контакты корпуса; 5 - выпускная труба; 6 - защитное керамическое покрытие (пористое)

В системах дозирования топлива содержание остаточного кислорода в отработавших газах, измеренное датчиком кислорода, используется для точного контроля сгорания топливовоздушной смеси. Состав смеси регулируется довольно точно для достижения коэффициента избытка воздуха λ (лямбда) = 1 (стехиометрическая смесь).

При помощи датчиков концентрации кислорода в отработавших газах удастся оптимизировать состав рабочей смеси только по токсичности выхлопа при определенных режимах работы двигателя. Применяются эти датчики, как правило, совместно с нейтрализаторами отработавших газов.

Лямбда-зонды применяются обогреваемые и не обогреваемые. Обогреваемые зонды, как правило, находятся несколько дальше от выпускного коллектора в выпускном трубопроводе. Без обогрева они достигали бы своей рабочей температуры при пуске двигателя с задержкой. Главная же цель электрического обогрева зондов — включение их в работу, когда температура контактирующих с ними отработавших газов ниже 350°С.

2.4. Система впрыска "L-Jetronic"

L-Jetronic (рис. 17) представляет собой не имеющую привода, электронноуправляемую систему впрыска с периодическим впрыском топлива во впускной трубопровод.

В подсистеме подачи топлива изменилась конструкция регулятора давления и форсунки впрыска, а также появился новый элемент - распределительный трубопровод. Иногда в магистраль слива и (или) в магистраль подвода топлива к форсунке холодного пуска (если имеется) устанавливают демпфер.

Распределительный трубопровод имеет функцию накопителя. Его объем достаточен для накопления порции топлива, впрыскиваемого за рабочий цикл двигателя, чтобы устранить колебания давления. Поэтому соединенные с распределительным трубопроводом форсунки впрыска находятся под одинаковым давлением топлива. Кроме того, распределительный трубопровод допускает простой монтаж форсунок.

На конце распределительного трубопровода установлен регулятор давления. Регулятор давления представляет собой мембранный перепускной регулятор, поддерживающий давление в зависимости от типа системы 0,25 или 0,3 МПа. Он состоит из металлического корпуса, разделенного мембраной на две полости: пружинную для установки предварительно сжатой витой пружины, нагружающей мембрану, и топливную.

При превышении установленного давления клапан, приводимый мембраной, открывает сливное отверстие, благодаря чему лишнее топливо может без давления сливаться в бак. Пружинная полость регулятора давления связана трубопроводом со впускным коллектором двигателя за дроссельной заслонкой. Это сделано для того, чтобы давление в системе топливоподачи не зависело от

давления во впускном коллекторе, в этом случае при любом положении дроссельной заслонки падение давления на форсунках впрыска будет одинаково.

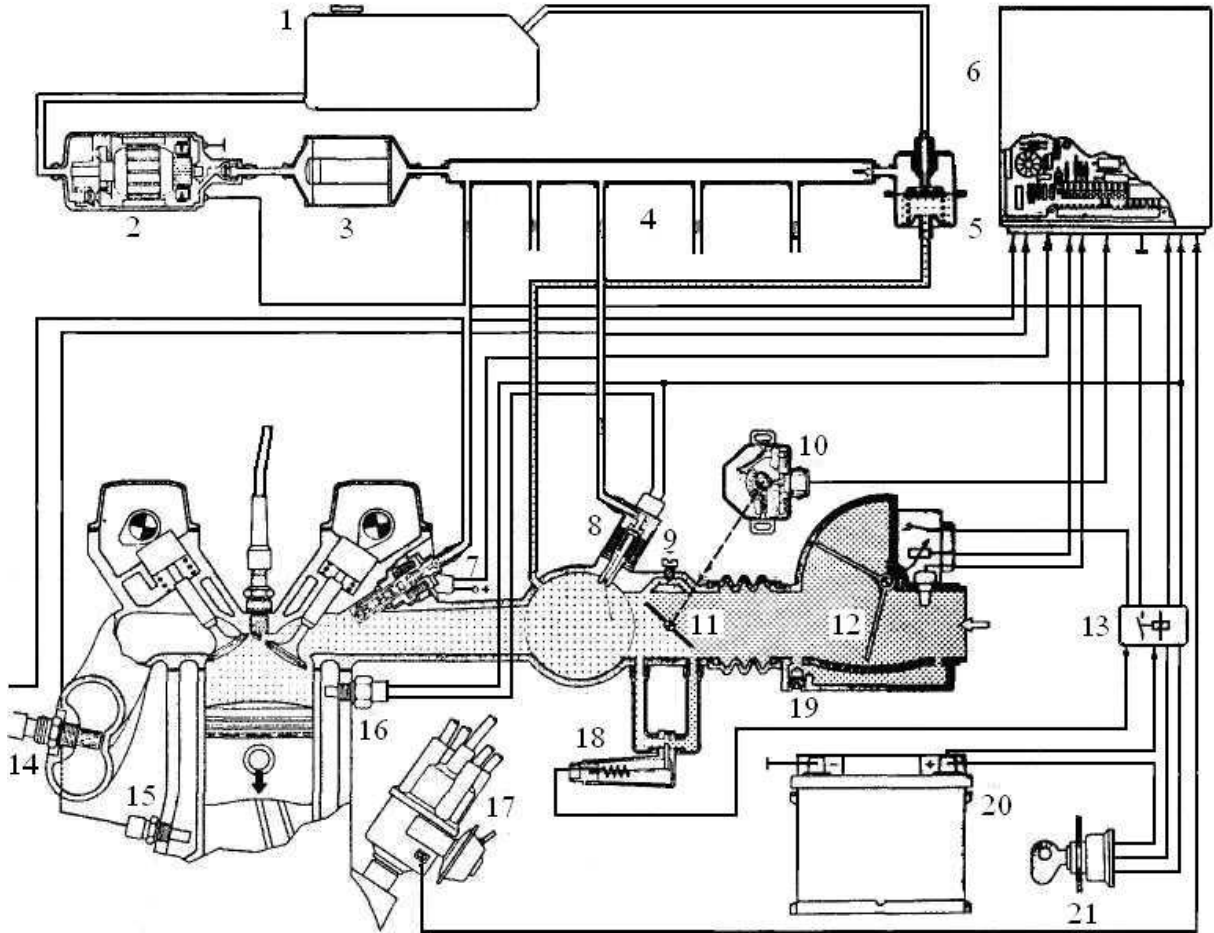


Рис. 17. Общий вид системы L- Jetronic

1-топливный бак; 2-электрический топливный насос; 3-топливный фильтр; 4-распределительный трубопровод; 5-регулятор давления; 6-блок управления; 7-форсунка впрыска; 8-форсунка холодного пуска; 9-винт регулировки частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу; 10-датчик дроссельной заслонки; 11-дроссельная заслонка; 12-расходомер воздуха; 13-блок реле; 14-лямбда-зонд (только для определенных стран); 15-датчик температуры двигателя; 16-термореле; 17-распределитель зажигания; 18-заслонка дополнительного воздуха; 19-регулирующий винт качества смеси на холостом ходу; 20-аккумуляторная батарея; 21-выключатель зажигания

Форсунка впрыска. Форсунки впрыска электромагнитные, открываются электрическими импульсами от блока управления. Форсунка впрыска (рис. 18) состоит из корпуса и иглы распылителя с надетым на нее якорем электромагнита.

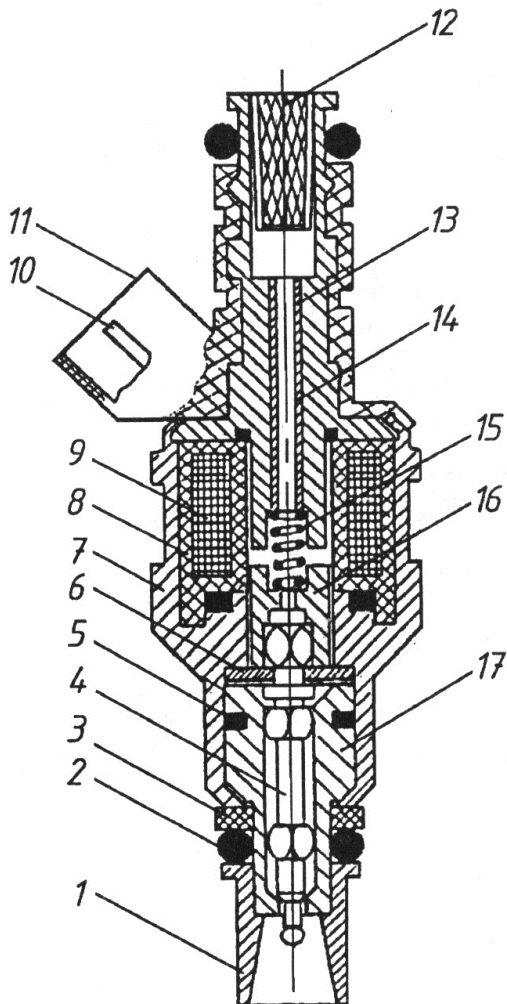


Рис. 18. Электромагнитная форсунка

1 — насадка распылителя; 2,5 — уплотнения; 3 — шайба; 4—игла запорная; 6—ограничительная шайба; 7—корпус; 8 — изолятор; 9 — обмотка электромагнита; 10 — контакты; 11 — электро-разъем; 14—крышка; 15—пружина; 16 — сердечник электромагнита; 17— корпус клапана-распылителя

В корпусе находится обмотка электромагнита и канал к игле распылителя. В обесточенном состоянии игла распылителя прижата пружиной к ее седлу. Если на электромагнит подается импульс тока, игла поднимается примерно на 0,1 мм над седлом и топливо выходит через калиброванную кольцевую щель. Для более мелкого распыливания топлива передний конец иглы, входящий в отверстие распылителя, имеет специальную форму. Время открытия и закрытия форсунки находится в диапазоне от 1 до 1,5 мс. Чтобы обеспечить хорошее распыливание топлива с малыми потерями на конденсацию, нужно уменьшить площадь контакта струи топлива со стенками впускного трубопровода.

Система управления. С помощью измерительных датчиков определяются параметры рабочего состояния двигателя и передаются в блок управления в виде электрических сигналов. Измерительные датчики и блок управления образуют систему управления.

Основными измеряемыми параметрами являются частота вращения коленчатого вала двигателя и всасываемое в двигатель количество воздуха. Зная эти два параметра, можно определить количество воздуха, приходящееся на ход поршня, которое служит непосредственным критерием нагрузочного состояния двигателя.

Часто приходится менять состав смеси в соответствии с изменившимися условиями. Рассмотрим следующие рабочие режимы: пуск холодного двигателя, прогрев, приспособление к изменяющейся нагрузке. Определение режимов холодного пуска и прогрева двигателя осуществляется с помощью датчика температуры, посылающего в блок управления сигнал, соответствующий температуре двигателя. Для приспособления к изменяющейся нагрузке блок управления определяет нагрузочный диапазон с помощью датчика положения дроссельной заслонки (холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка).

Чтобы оптимизировать процесс движения, при дозировании топлива могут быть учтены и другие нагрузочные режимы и воздействия: переходная характеристика при разгоне, ограничение максимальной частоты вращения коленчатого вала и принудительный холостой ход, которые определяются рассмотренными датчиками. При таких рабочих режимах сигналы этих датчиков находятся в определенном соответствии друг с другом. Это соответствие распознается блоком управления, и сигнал управления форсунками впрыска соответствующим образом меняется.

Информация о частоте вращения коленчатого вала и моменте впрыска при контактной системе зажигания поступает на блок управления L- Jetronic от контактов прерывателя, при бесконтактной системе от катушки зажигания или непосредственно с коленчатого вала.

За один оборот коленчатого вала каждая форсунка впрыскивает топливо один раз, независимо от положения впускного клапана. При закрытом клапане топливо остается на нем и при сле-

дующем открытии клапана сдувается воздухом в камеру сгорания. Длительность впрыска зависит от количества воздуха и частоты вращения коленчатого вала.

Расходомер воздуха. Всасываемое двигателем количество воздуха является параметром для определения его нагрузочного состояния.

Воздух, перед тем как попасть в двигатель, проходит расходомер, его сигнал при разгоне опережает момент фактического попадания воздуха в цилиндр. Благодаря этому имеется возможность заранее дозировать большее количество топлива, в результате достигается желаемое обогащение смеси при разгоне.

Принцип действия расходомера основывается на измерении силы, с которой поток всасываемого воздуха действует на напорную заслонку, преодолевая возвратное действие пружины. Заслонка отклоняется таким образом, чтобы, с учетом профиля канала измерителя, обеспечивалось увеличение проходного сечения с ростом количества воздуха. Изменение освобождающегося проходного сечения в зависимости от положения напорной заслонки выбирается таким, чтобы обеспечивалось логарифмическое соотношение между углом напорной заслонки и количеством всасываемого воздуха. Благодаря этому, при малых количествах воздуха,

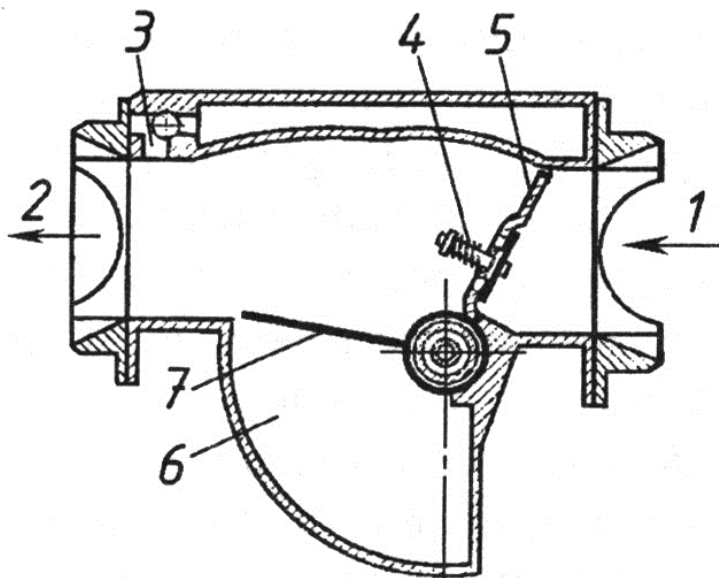


Рис. 19. Измеритель расхода воздуха
1 — поток воздуха из фильтра; 2 — поток воздуха на входе во впускную систему; 3 — байпасный канал; 4 — клапан; 5 — заслонка; 6, 7 — успокоитель и его заслонка

когда требуется большая точность, чувствительность расходомера воздуха (рис. 19) велика. Чтобы уменьшить влияние колебаний в системе впуска, вызываемых тактами впуска отдельных цилиндров, на положение напорной заслонки, с ней жестко соединена компенсационная заслонка. Колебания давления действуют одновременно на напорную и компен-

сационную заслонки. Угловое положение напорной заслонки преобразуется потенциометром в электрическое напряжение. Для регулирования состава смеси на холостом ходу имеется встроенный обводной канал, через который небольшое количество воздуха обходит дроссельную заслонку.

Несмотря на попытки устранить колебания напорного диска или напорной заслонки расходомера воздуха из-за колебаний давления во впускном тракте, они все же присутствуют и вносят погрешности в результаты измерений. Поэтому появились другие типы расходомеров воздуха, лишенные указанных недостатков.

Система LH- Jetronic имеет расходомер воздуха, в котором измерительным элементом является подогреваемая металлическая нить или керамическая пластина. Принцип термоанемометрического измерителя расхода воздуха заключается в том, что тепловая энергия, необходимая в единицу времени для поддержания постоянного перепада температур между нагреваемым элементом и обтекающим его воздухом, пропорциональна массовому расходу воздуха проходящего через заданное сечение потока. Измерительный теплообменный элемент представляет собой платиновую проволоку диаметром 0,07 мм, размещенную в середине цилиндрического воздушного канала. Величина тока нагрева, требуемого для сохранения постоянного температурного перепада между воздухом и проводником, является мерой массы воздуха, поступающего в двигатель.

Применение термоанемометров в расходомерах существенно увеличивает точность измерений и одновременно повышает их быстродействие, приспособляемость к неустановившимся режимам работы двигателя, а также уменьшает потери напора в них и придает им большую компактность. На показания также не влияет изменение плотности всасываемого воздуха, следовательно не нужен высотный корректор. Если нить обдувается разреженным воздухом, ее охлаждение уменьшается, что свидетельствует об уменьшенном объемном расходе, и, в результате, дозируется меньше топлива.

Конструктивное оформление термоанемометрического расходомера показано на рис. 20. В корпус 8 встроено кольцо 1, внутри которого размещены чувствительный элемент 2, представляющий собой платиновую нить и термокомпенсационный

резистор 3, включенные в мостовую измерительную цепь электронного модуля 14, поддерживающего температуру нити на требуемом уровне нагрева. Поскольку температура нити зависит также от температуры просасываемого воздуха, то термокомпенсационный резистор 3 вносит коррективы в работу модуля 14.

На входе и выходе канала устанавливаются специальные направляющие для получения параллельных струй воздуха. Перед входом установлена защитная решетка 6.

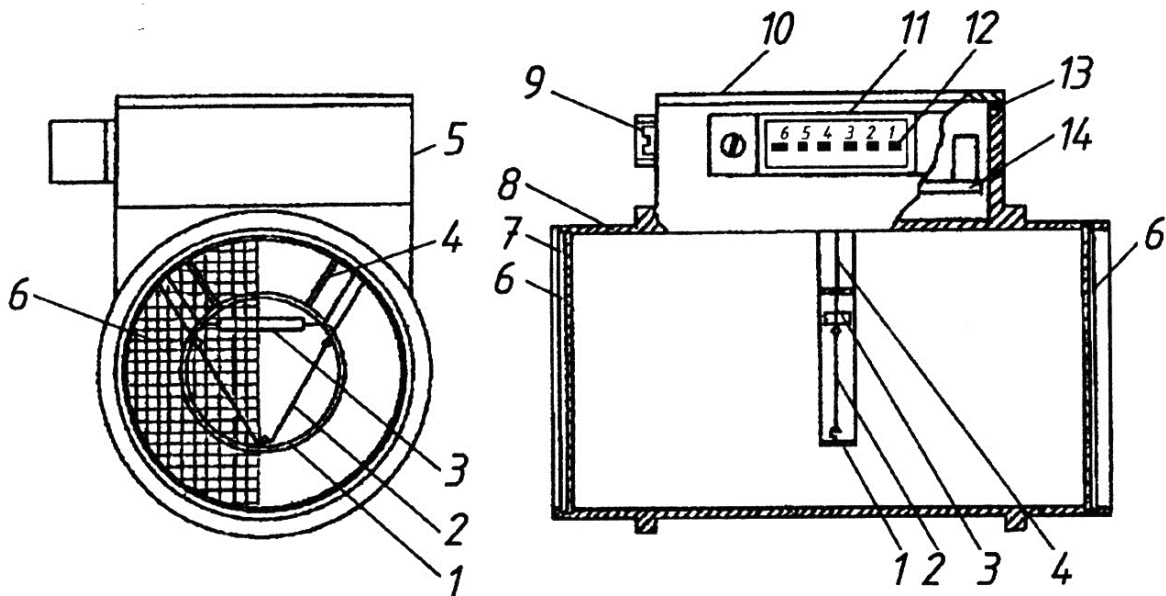


Рис. 20. Термоанемометрический расходомер

1 — кольцо опорное; 2 — платиновая проволочка (нить); 3 — термокомпенсационный резистор; 4 — кронштейн; 5 — электронный модуль; 6 — предохранительные сетки; 7 — запорное кольцо; 8 — корпус; 9 — винт регулировки СО; 10 — крышка; 11 — электрический разъем; 12 — контакты; 13 — уплотнение; 14 — электронный модуль

Система LU- Jetronic (в основном автомобили, изготовленные в США) имеет ультразвуковой расходомер воздуха (рис. 21). Расходомер устроен следующим образом: в патрубке забора воздуха имеется завихритель, создающий завихрения воздушного потока. Перпендикулярно к направлению воздушного потока ультразвуковой генератор, установленный на патрубке, пускает ультразвуковые волны, улавливаемые приемником. Завихрения воздушного потока изменяют частоту пускаемых волн, по изменению которой система судит об изменении объемного расхода воздуха. Пульса-

ции давления во впускном трубопроводе и изменение плотности всасываемого воздуха также не вносят существенных

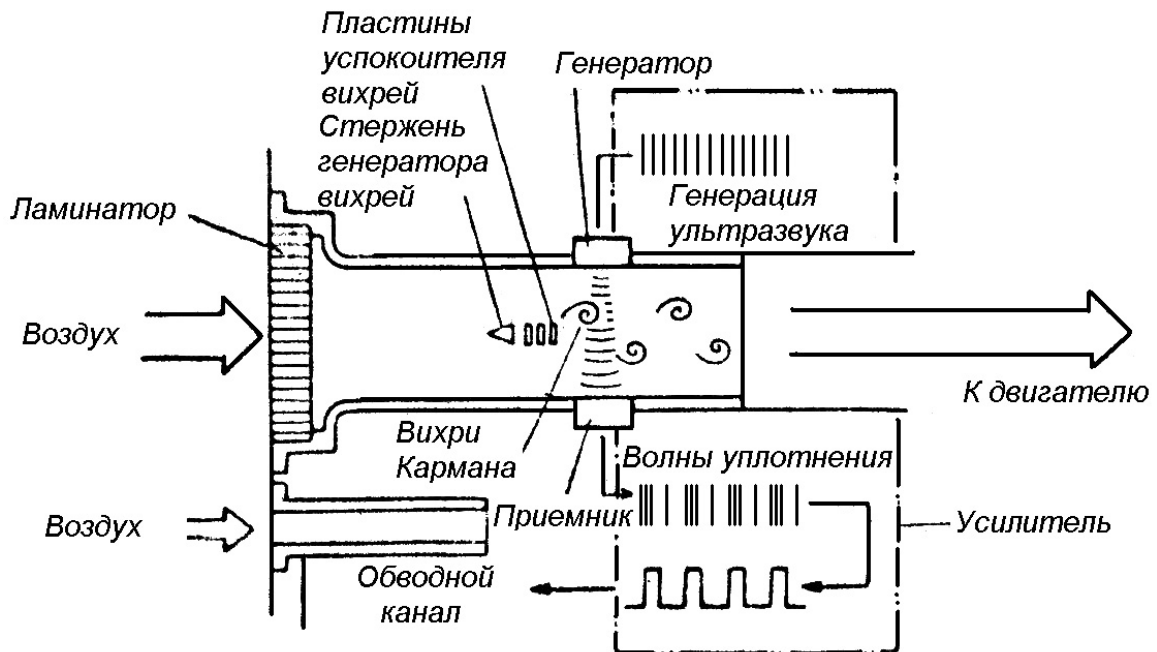


Рис. 21. Датчик расхода воздуха, работающего на принципе вихрей Кармана погрешностей в процесс измерений.

Более современные электронные системы питания, основанные на применении микропроцессорных устройств, расширили возможности рационального использования двигателей, особенно на неустановившихся режимах работы, и создали условия для дальнейшего развития автоматизации управления двигателями на базе использования бортовой микропроцессорной техники. Разработаны комплексные системы автоматического управления как процессами приготовления горючей смеси, так и зажиганием смеси в цилиндрах двигателя, т.е. электронные комплексы, позволяющие одновременно оптимизировать работу систем питания и зажигания.

Таким комплексом является самая распространенная в наши дни микропроцессорная система управления двигателем "Motronic"(1979 г.), в которой электронные системы питания "L" или "LN" объединены с электронной системой зажигания и управляются одним электронным блоком.

Назначение и взаимодействие приборов системы, аналогичные рассмотренным системам, обязательным для нее являются датчик детонации, λ -зонд и трехкомпонентный нейтрализатор.

Система "Motronic" может управлять наддувом двигателя, фазами газораспределения, если такая возможность заложена в конструкцию, ограничивать частоту вращения коленчатого вала и осуществлять самодиагностику.

3. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В новейших электронных инжекторных системах топливо (бензин) подают под давлением непосредственно в цилиндры в процессе сжатия. Этот принцип непосредственного впрыска в обозримом будущем должен занять лидирующие позиции.

В двигателе с непосредственным впрыском топлива форсунки «глядят» не во впускные каналы, а непосредственно в цилиндр (отсюда и название — «непосредственный впрыск»). Таким образом, в отличие от современных двигателей с впрыском, в которых образование топливной смеси происходит в доклапанном пространстве, в новом моторе воздух и бензин перемешиваются непосредственно в цилиндре. На рис. 22 приведены три варианта систем питания бензиновых двигателей в их хронологическом развитии.

Компания Mitsubishi первой заявила о создании двигателя с непосредственным впрыском. В этом двигателе использовали новый топливный насос высокого давления (5,0 МПа против 0,33 МПа на двигателе с впрыском во впускной коллектор) и новые вихревые форсунки высокого давления.

Топливо впрыскивается в цилиндр в конце такта сжатия и непосредственно перед воспламенением топливной смеси. Степень сжатия увеличили с 10,5 до 12,0. Очередная порция топлива сначала растворяется воздухом над поршнем, а затем воздушным вихрем «доставляется» прямо к свече зажигания (рис. 23).

Наиболее богатая смесь образуется непосредственно вокруг свечи. Так удалось «заставить» работать двигатель на максимально обедненной топливной смеси — соотношение воздух/бензин в этом моторе доходит до 40:1.

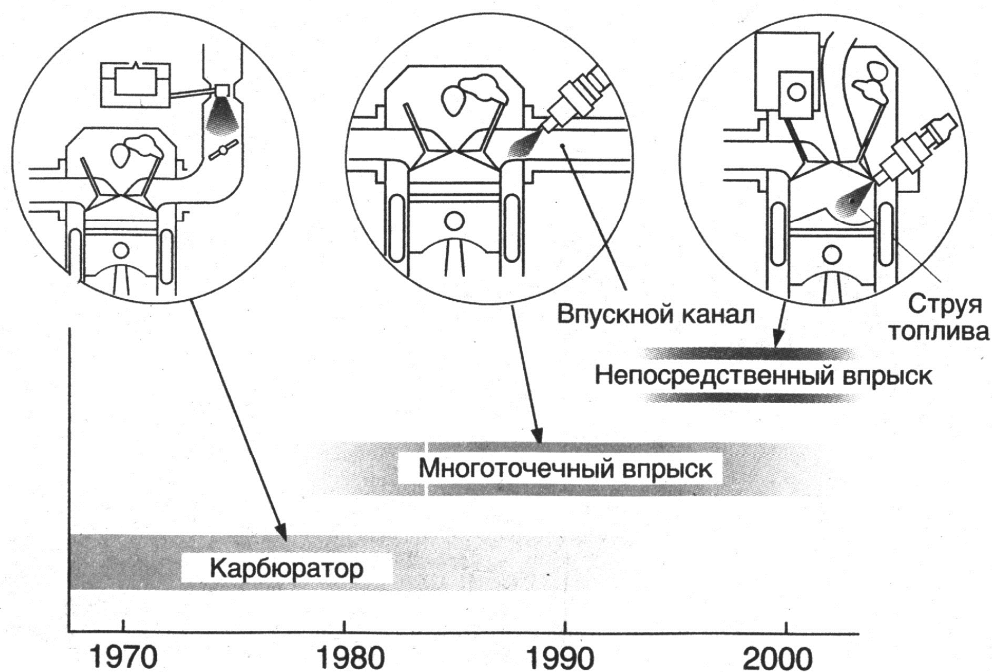


Рис. 22. Основные типы образования топливной смеси в бензиновых двигателях и ориентировочные годы их распространения

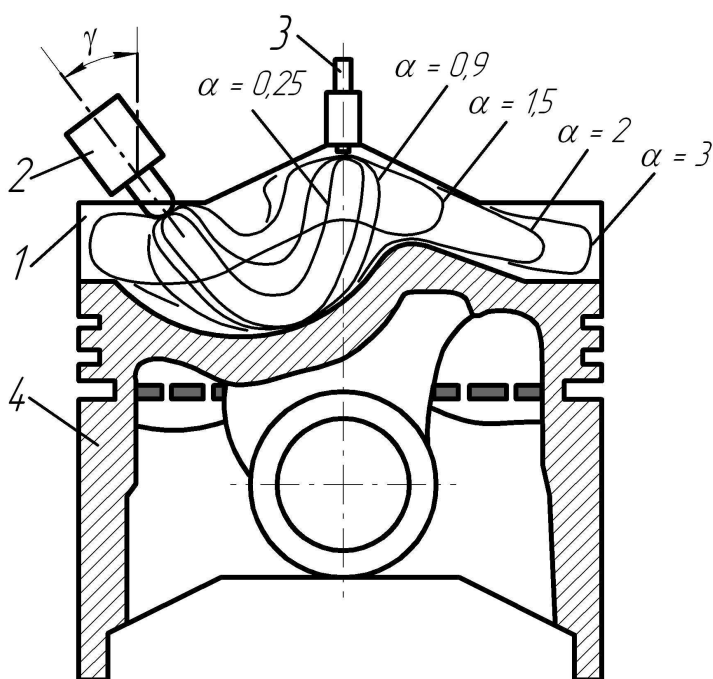


Рис. 23. Схема подачи бензина непосредственно в цилиндры двигателя γ - угол установки форсунки; α - коэффициент избытка воздуха и значение его в отдельных зонах надпоршневого пространства; 1 — камера сгорания; 2 — форсунка; 3 — свеча зажигания; 4 — поршень

Распространенная ныне схема многоточечного впрыска имеет неоспоримые преимущества перед карбюратором. Подавая топ-

ливо во впускной коллектор отдельно для каждого цилиндра, система впрыска улучшает качество и, соответственно, мощность двигателя и его экономичность. Однако впрыск «не выжимает» из топлива все «соки», поскольку смешивание воздуха с бензином происходит до клапана, а во впускном коллекторе далеко не самые лучшие условия для образования рабочей смеси. Потому поступающая в цилиндры топливная смесь не столь эффективна (не приготовлена наилучшим образом для сгорания), как могла бы быть в идеале.

В свою очередь, в новом двигателе с непосредственным впрыском топлива подаваемый в цилиндр бензин лучше перемешивается с воздухом, подачу его легче контролировать. В итоге — двигатель может работать на обедненной смеси, не теряя при этом в мощности и существенно выигрывая в экономичности.

На холостых оборотах потребление топлива у нового мотора на 40% ниже, чем у двигателя с впрыском в коллектор.

При скорости 40 км/час экономия топлива на 25%. Аналогичная экономия была получена и при движении в городском цикле. Экономия топлива при различных режимах движения приведена в таблице (рис. 24).

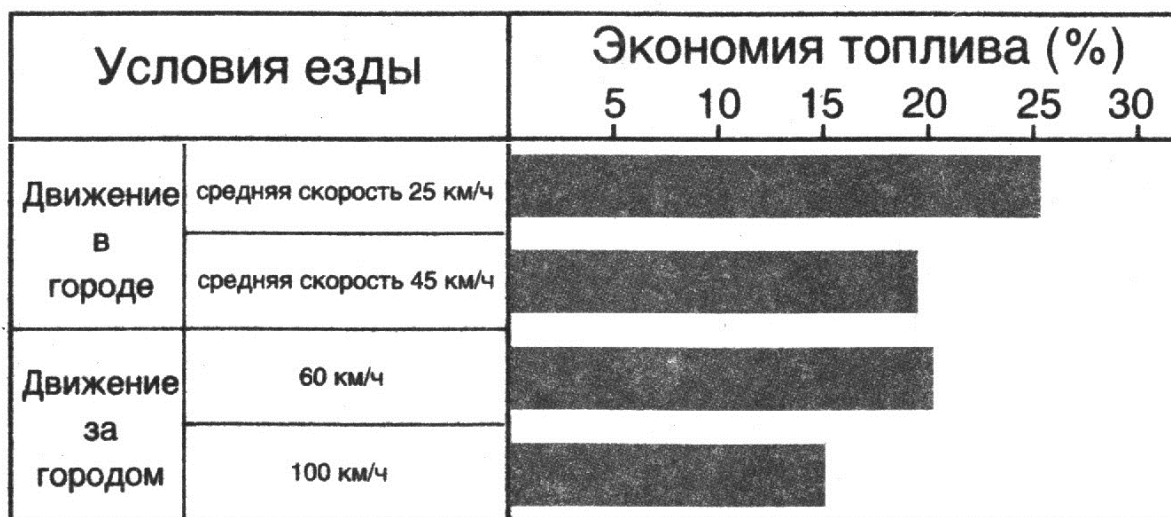


Рис. 24. Новый мотор по сравнению с аналогом в разных режимах движения экономит до 25% топлива

При скорости 40 км/ч выбросами отработавших газов снизились, например NO_x на 90%!

Казалось бы, по всем законам физики обеднение рабочей смеси не должно привести к повышению количества вырабатываемой при ее сгорании энергии и, как следствие, — увеличению мощности мотора. Однако, охлаждение топливной смеси (благодаря растворению бензина) непосредственно в цилиндре позволило без проявления (детонации) поднять степень сжатия до 12:1 при использовании топлива с прежним октановым числом.

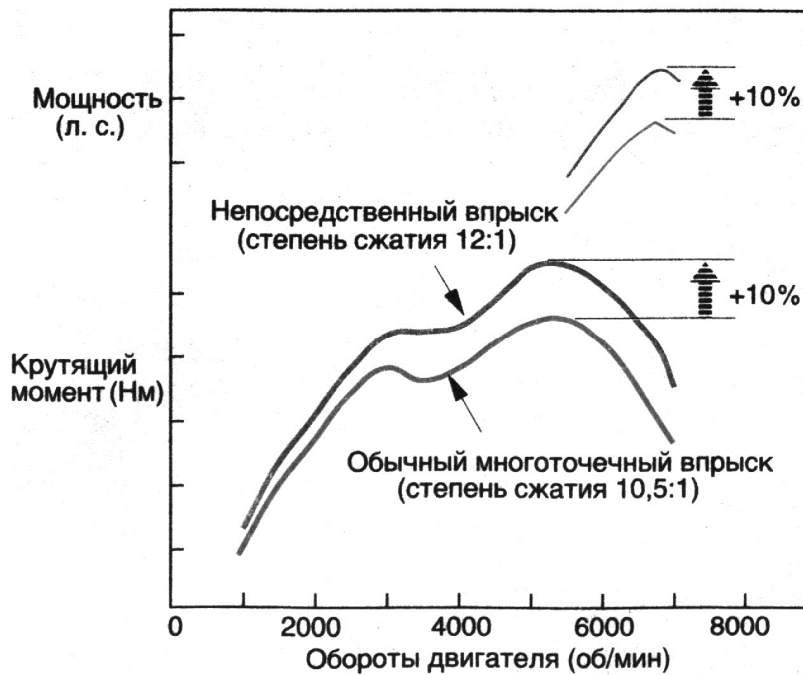


Рис. 25. Мощность и моментные характеристики нового и обычного моторов с равными объемами

Литровая мощность мотора (равно как и максимальный крутящий момент) поднялась на несколько процентов практически во всем диапазоне работы двигателя (рис. 25). Как следствие, примерно на 5% улучшилась динамика автомобиля — как с механической, так и с автоматической КПП.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Каким параметром оценивается горючая смесь и что он характеризует?
2. Что такое стехиометрическая смесь?
3. Какими свойствами обладает разный состав смеси?
4. Какая смесь должна быть на разных режимах работы двигателя и почему?
5. Какие преимущества имеют двигатели с впрыском топлива по сравнению с карбюраторными?
6. Назвать классификацию топливных систем с впрыском.
7. Каким образом осуществляется дозирование топлива в системе Mono-Jetronic?

8. Каким образом определяется количество воздуха поступающего в цилиндры двигателя в системе Mono-Jetronic, какие недостатки имеет такой способ?

9. Каким образом осуществляется дозирование топлива в системе К- Jetronic?

10. Каким образом определяется количество воздуха поступающего в цилиндры двигателя в системе К- Jetronic?

11. Почему в системах К- Jetronic и KE- Jetronic для дозирования топлива не достаточно применение плунжерного распределителя и дополнительно с ним используют дифференциальные клапана?

12. Каким образом корректируется состав смеси в системе К- Jetronic на частичных режимах работы двигателя?

13. Когда используется клапан дополнительной подачи воздуха?

14. Какое отличие имеет система KE-Jetronic от системы К- Jetronic?

15. Каким способом осуществляется дозирование подачи топлива в системе KE-Jetronic?

16. Каким образом корректируется состав смеси в системе KE- Jetronic на частичных режимах работы двигателя?

17. Для чего в инжекторных системах применяется лямбда-зонд?

18. Каким образом определяется количество воздуха поступающего в цилиндры двигателя в системе L- Jetronic?

19. Каким способом осуществляется дозирование подачи топлива в системе L-Jetronic?

20. Каким образом осуществляется управление подачей топлива в системе L-Jetronic на разных режимах работы двигателя?

21. Какое отличие имеют системы LH- Jetronic и LU- Jetronic от L-Jetronic?

22. Какой расходомер позволяет определить непосредственно массовый расход воздуха?

23. Какие преимущества имеет система непосредственного впрыска бензина?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция автомобиля. Том II. / И.Я. Райков, А.Р. Макаров, А.В. Сергиевский и др. Под ред. И.Я. Райкова – М.: Изд-во МАМИ, 2001. – 568 с.
2. Рос.Твейг. Системы впрыска бензина. Устройство, обслуживание, ремонт: Практик. пособие – М.: Изд-во «За рулем», 1999. – 144 с.
3. Спинов А.Р. Системы впрыска бензиновых двигателей. – М.: Машиностроение, 1995. – 112 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Состав горючей смеси	3
2. Системы впрыска бензина.....	10
2.1. Система впрыска «Mono-Jetronic»	10
2.2. Система впрыска «K- Jetronic»	17
2.3. Система впрыска "KE-Jetronic"	26
2.4. Система впрыска "L-Jetronic"	34
3. Электронные системы питания нового поколения	42
4. Вопросы для контроля.....	45
Список литературы	47

Петров Александр Павлович

ИНЖЕКТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 190201

Редактор Н.М. Кокина

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 3,0	Уч. изд. л. 3,0
Заказ	Тираж 80	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя 25.
Курганский государственный университет.