

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Допущено УМО вузов РФ по образованию
в области транспортных машин и транспортно-технологических
комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки «Эксплуатация наземного
транспорта и транспортного оборудования»

Пенза 2013

УДК 621.432
ББК 39.33-08
Т58

Рецензенты: кафедра «Эксплуатация машино-тракторного парка» Пензенской государственной сельскохозяйственной академии (зав.каф. доктор технических наук, профессор К.З. Кухмазов); профессор кафедры «Теоретическая и прикладная механика» Пензенской государственной технологической академии доктор технических наук, профессор В.В. Коновалов

Топливные системы современных и перспективных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / В.В. Лянденбургский, А.А. Грабовский, А.М. Белоковильский, В.В. Салмин, П.И. Аношкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 324 с.
ISBN 978-5-9282-0893-6

Представлены сведения о конструкции топливных систем современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), работающих на различных видах топлива.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта» и предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» всех форм обучения.

ISBN 978-5-9282-0893-6

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2013
© Лянденбургский В.В., Грабовский А.А., Белоковильский А.М., Салмин В.В., Аношкин П.И., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	8
1.1. Назначение и классификация систем питания	8
1.2. Общее устройство систем питания и назначение элементов ...	11
Контрольные вопросы.....	13
2. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ....	14
2.1. Общее устройство карбюратора. Назначение систем карбюратора.....	14
2.2. Карбюраторы МКЗ-К89АЕ и К-88АМ.....	15
Контрольные вопросы.....	37
3. ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ВПРЫСКОМ ЛЕГКОГО ТОПЛИВА.....	38
3.1. Основные принципы управления двигателем	38
3.2. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода.....	40
3.3. Системы подачи топлива с электронным управлением	47
3.4. Система впрыска "К-JETRONIK" ("К-Джетроник").....	51
3.5. Система впрыска «КЕ-JETRONIK»	69
3.6. Система пуска.....	72
3.7. Другие системы впрыска.....	73
3.8. Комплексные системы управления двигателем.....	81
3.9. Датчики электронных систем управления двигателем	85
3.10. Исполнительные устройства систем впрыска.....	94
Контрольные вопросы.....	101
4. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	102
4.1. Теоретические основы функционирования системы питания двигателя внутреннего сгорания тяжелого топлива	102
4.2. Влияние эксплуатационных факторов на характеристику впрыска.....	108
4.3. Особенности рабочего процесса дизеля.....	114
4.4. Особенности устройства и принцип действия системы питания двигателей внутреннего сгорания тяжелого топлива.....	121
Контрольные вопросы.....	161
5. УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	162

5.1. Применение горючих газов для двигателей внутреннего сгорания.....	162
5.2. Конструктивные особенности газобаллонной установки карбюраторных бензиновых двигателей	164
5.3. Схемы переоборудования инжекторных топливных систем на газовое топливо	170
5.4. Автомобильные газодизельные системы	174
5.5. Баллоны для газового топлива	178
5.6. Арматура газобаллонных установок.....	182
5.7. Испаритель, подогреватель и фильтры газа	191
5.8. Газовый редуктор	199
5.9. Газовый смеситель	208
5.10. Карбюраторы-смесители	212
5.11. Резервная система питания двигателя бензином	215
Контрольные вопросы	223
6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ СИНТЕЗА ГАЗА И ДРУГИХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА.....	224
Контрольные вопросы	237
7. НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ	238
7.1. Общие сведения о неисправностях систем питания двигателей.....	238
7.2. Способы выявления неисправностей топливных систем	256
7.3. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя.....	272
7.4. Виртуальное диагностирование топливной системы бензинового двигателя	277
7.5. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем	282
7.6. Встроенная система диагностирования автомобилей с инжекторными двигателями.....	288
Контрольные вопросы	303
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	304
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	305
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	308

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Топливные системы современных и перспективных ДВС» имеет большое значение при подготовке высококвалифицированных специалистов автомобильного транспорта.

Все системы и механизмы автомобилей претерпевают изменения, которые для топливных систем связаны с ужесточением экологических норм, а также снижением запасов нефтепродуктов. Знание существующих и перспективных топливных систем поможет будущим инженерам автомобильного транспорта в работе.

Данное пособие состоит из шести разделов. Для лучшего усвоения материала по завершении соответствующего раздела дисциплины студентам предлагается ответить на контрольные вопросы. Учебное пособие поможет закрепить знания, полученные при изучении специальных дисциплин.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом увеличивается парк автомобилей, автопоездов и других установок с ДВС, которые потребляют значительное количество топлива. Поэтому все более возрастает диспропорция между реальным приростом добычи нефти и темпами потребления нефтяных топлив для обеспечения развития автомобилестроения, в результате чего возникает проблема экономного использования ресурсов моторного топлива. Вот почему любая конкретная задача по экономии горючесмазочных материалов и улучшению экологических характеристик установок с ДВС является задачей государственной важности. А полная (или хотя бы частичная) замена жидких топлив другими видами горючего, пригодного для ДВС в качестве моторного, является одной из важнейших комплексных задач.

В настоящее время современные автомобили в основной своей массе работают на продуктах переработки нефти: бензине, дизельном топливе, сжиженном нефтяном газе, которые не безграничны.

Безусловно, целесообразно использование природного газа в качестве топлива на крупных, расположенных вблизи газовых месторождений, электростанциях с газовыми и газодизельными ДВС, с паровыми и газотурбинными установками для последующей передачи электроэнергии в густонаселенные и промышленно развитые районы страны (целесообразен также экспорт, но не газового сырья, а электроэнергии).

Применение газового топлива непосредственно в автомобильном транспорте требует создания отводов от газопроводов, газокompрессорных заправочных станций (для хранения газа в баллонах высокого давления) или установок сжижения природного газа (для хранения его в криогенных сосудах). Этот путь длителен, трудоемок и требует значительных затрат.

Достаточно сказать, что в России, имеющей разветвленную сеть газопроводов, лишь после 25 лет практического использования газового топлива на автомобильном транспорте начинает проявляться экономический эффект. При этом очевидно, что положительный экологический эффект проявляется значительно быстрее.

Существует другой путь использования газа для автомобильного транспорта. Этот путь – синтез из газа жидких топлив и последующая транспортировка их автоцистернами в густонаселенные районы,

хранение и раздача обычным порядком автозаправочными станциями. Но этот путь дорог.

При использовании водорода на транспортных средствах главная проблема заключается в хранении его в сжатом, сжиженном или растворенном состоянии.

Использование сжатого водорода в соответствующих баллонах приводит к увеличению массы автомобиля на 50 %.

Применение гидридов металлов как аккумуляторов водорода также увеличивает массу автомобиля.

Считается наиболее рациональным хранение водорода в сжиженном виде, хотя это сложно и дорого.

Стоимость водорода пока значительно превышает стоимость нефтяного топлива. При развитии атомных электростанций и получении сравнительно дешевой теплоты атомных реакторов эта стоимость снизится. В настоящее время при производстве H_2 из угля 1/3 его количества тратится на сам процесс производства, но работа ДВС на H_2 более экономична и менее токсична. В отработавших газах (ОГ) содержится лишь NO_x , которых меньше, чем в ОГ бензиновых двигателей.

Отличительные особенности в топливных системах современных и перспективных транспортных средств приводят к необходимости объединения информации по данным системам.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

1.1. Назначение и классификация систем питания

Системы питания (СП) предназначены для приготовления и подачи горючей смеси в объем рабочих органов двигателя внутреннего сгорания.

В зависимости от вида различают топлива:

- твердотопливные (угольная, сланцевая пыль и др.);
- жидкостные (бензин, дизельное топливо, керосин, спирт, рафинированные постные масла);
- газовые (сжиженные и сжатые природные газы, газогенераторные установки).

Жидкостные СП подразделяются на:

- СП легкого топлива (бензин, спирт);
- СП тяжелого топлива (дизельное топливо, постные масла).

Газовые СП подразделяются на:

- СП сжиженного газа;
- СП сжатого газа;
- газогенераторные СП;
- газодизельные СП.

В зависимости от способа смесеобразования:

- с внешним смесеобразованием (карбюраторные);
- с внутренним смесеобразованием: впрыск (инъекционные, инжекторные СП), дизели.

Дизели – ДВС с внутренним смесеобразованием и воспламенением от сжатия. Рабочая смесь образуется в процессе впрыска топлива в цилиндр, и тут же самовоспламеняется под воздействием высокой температуры сжатия.

Основным недостатком такого смесеобразования является изменение коэффициента избытка воздуха $\alpha = L_{\text{д}}/L_{\text{т}}$, в зависимости от оборотов и нагрузки двигателя.

Этого недостатка лишены дизели, у которых впрыск топлива осуществляется совместно с воздухом под большим давлением. Однако это требует наличия баллона со сжатым воздухом (20 МПа) и компрессора.

ДВС легкого топлива – двигатели с внешним смесеобразованием и принудительным смесеобразованием. Прибор, осуществляющий приготовление горючей смеси с определенным соотношением между количеством воздуха и топлива, в зависимости от режимов работы ДВС, называется **КАРБЮРАТОРОМ**, а процесс смесеобразования, – **КАРБЮРАЦИЕЙ**.

Существуют три типа карбюраторов:

– *испарительный (барботажный)*, принцип работы которого основан на смешивании воздуха с парами легкоиспаряющегося топлива при прохождении воздуха над поверхностью топлива. Качество смеси (концентрация) регулируется путем изменения объема полости между поверхностью топлива и крышкой карбюратора. Дроссельная заслонка определяет количество подаваемой смеси.

Преимущество – однородность смеси.

Недостатки – громоздкость, пожароопасность, необходимость частых регулировок, незначительная производительность и т.д.;

– *впрыскивающий (мембранный)* представляет собой устройство с воздушной и топливной камерами, каждая из которых разделена соответствующей мембраной на две полости. Мембраны установлены на одной оси с клапаном подачи топлива в камеру высокого давления. Положения мембран, следовательно, и количество распыляемого в смесительной камере топлива, определяется разностью давлений между горловиной диффузора и полостью перед диффузором. Качество горючей смеси определяется пропускной способностью жиклера, а его количество – положением дроссельной заслонки.

Преимущество – точность и надежность работы при любых режимах работы двигателя.

Недостаток – сложность регулировки;

– *поплавковые (всасывающие)*, принцип смесеобразования которых основан на распылении топлива и его смешивании с воздухом в смесительной камере, расположенной за диффузором. При этом топливо из поплавковой камеры по специальному наклонному каналу подается в горловину диффузора за счет разрежения в диффузоре вследствие местного повышения скорости потока воздуха.

Различают карбюраторы:

- горизонтальные;
- вертикальные, с восходящим потоком;
- вертикальные, с нисходящим (падающим) потоком.

Преимущество – простота и надежность.

Недостаток – инерционность и «стихийность» смесеобразования, несоответствие качества горючей смеси рабочим режимам двигателя.

Современные карбюраторы для устранения данных недостатков снабжаются дополнительными устройствами, число которых порой превышает десять. Кроме того, они оснащаются электронным или электровакуумным управлением смесеобразования, обеспечивающим стехиометрическое соотношение бензина и воздуха (1:14,7); оптимизирующим наполнение цилиндров на различных режимах работы; уве-

личивающим топливную экономичность; уменьшающим содержание вредных соединений в отработавших газах, повышающим надежность работы, облегчающим обслуживание и диагностику. Однако эта система имеет предел адаптации к режимам работы двигателя и равномерности наполнения цилиндров.

Единственное положительное свойство карбюраторов – это то, что они легко адаптируются под любое газовое топливо.

Наиболее эффективной системой питания в настоящее время являются системы с впрыском топлива. Они позволяют оптимизировать процесс смесеобразования по месту, времени и необходимому количеству топлива.

Впервые система механического впрыска бензина была разработана компанией Даймлер–Бенц. Первый серийный автомобиль с впрыском бензина – «Мерседес–Бенц–300SL», начало выпуска – 1954 г.

Распределение СП выпускаемых автомобилей на 1995 г. показано в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1 . 1

Распределение СП выпускаемых автомобилей по типам, %

Дизели	Карбюраторные	Одноточечный, (центральный, моновпрыск)	Многоточечный (распределенный)	Σ
14	10	11	65	100

В настоящее время, если не учитывать выпуск двигателей устаревших разработок (10–15 лет), 100 % современных двигателей имеют впрыск легкого и тяжелого топлива.

Современные инжекционные (инжекторные) системы питания классифицируются:

По месту подвода топлива:

- центральный одноточечный;
- распределенный впрыск;
- непосредственный впрыск в цилиндр.

По способу подачи топлива:

- непрерывный;
- прерывистый.

По типу узлов дозирования:

- плунжерные насосы;
- распределители;
- форсунки;
- регуляторы давления;

По способу регулирования количества смеси:

- пневматическое;
- механическое;
- электронное.

По основным параметрам регулирования состава смеси:

- разрежению во впускной системе;
- углу поворота дроссельной заслонки;
- расходу воздуха.

Преимущества впрыска:

- равномерность распределения горючей смеси по камере сгорания и эффективность наполнения цилиндров (разброс 6...7 % против 11...17 % при карбюраторной СП);
- отсутствие добавочного сопротивления, присущего карбюратору, следовательно, более высокий коэффициент наполнения;
- возможность использования большего перекрытия клапанов, следовательно, лучшей продувки чистым воздухом, а не топливно-воздушной смесью, что ведет к снижению температуры цилиндра и днища поршня, а это, в свою очередь, позволяет снизить потребное октановое число топлива на 2...3 единицы, т. е. поднять степень сжатия и обеспечить работу двигателя без детонации.

1.2. Общее устройство систем питания и назначение элементов

В общем случае, независимо от типа СП, она должна содержать следующие элементы:

- **емкость под топливо** (бак, баллон), предназначенную для хранения и транспортировки запаса топлива из расчета 8–12-часового рабочего дня или пробега 500–800 км пути. Топливный бак, как правило, монтируется в задней части, в плоскости симметрии транспортного средства или сбоку в плоскости правого, реже – левого борта. При этом первый вариант монтажа повышает безопасность транспортного средства;
- **фильтр-отстойник**, предназначенный для очистки топлива от механических взвесей (периодичность очистки совмещена с ТО1);
- **топливный насос**, предназначенный для подачи топлива из топливного бака к соответствующим приборам топливной системы. Может иметь механический привод от двигателя внутреннего сгорания, совмещенный с ручным рычажным приводом или без такого. В этом случае топливный насос монтируется на корпусе двигателя или на топливном насосе высокого давления (ТНВД). Кроме того, топливный насос может снабжаться электроприводом и монтироваться в топливном баке или в непосредственной близости от него;

– **фильтр тонкой очистки**, предназначенный для окончательной очистки топлива от мелких механических частиц, сбора эмульсии и ее сброса в топливный бак;

– **воздушный фильтр**, предназначенный для очистки воздуха поступающего в систему питания ДВС и компрессор. Может выполняться в двух вариантах: с постоянным и сменным фильтрующими элементами, с одно- двух- и трехступенчатой очисткой воздуха;

– **коллектор**, предназначенный для подвода воздуха или горючей смеси в цилиндры двигателя. Может быть совмещён с коллектором отвода продуктов сгорания;

– **систему отвода рабочих газов**, предназначенную для отвода продуктов сгорания, а так же снижения шумности и токсичности выхлопа.

Топливный бак представляет собой штампованную конструкцию, состоящую из двух половин, соединенных между собой посредством контактной сварки. На наружной поверхности бака могут быть отштампованы ребра жесткости, углубления под бандажные ленты крепления, а также кронштейны крепления. Варианты крепления баков к корпусу или раме автомобиля различны. Это кронштейны с подушками, бандажные ленты и т.д. В последнее время промышленностью освоены пластмассовые топливные баки.

В верхней части бака выполнена горловина, закрываемая пробкой, снабженной выпускным (0,011–0,018 МПа) и впускным (0,0016–0,0034 МПа) клапанами. Рядом выполнено фланцевое отверстие, в котором смонтирован фланец с сетчатым фильтром – заборником топлива. У некоторых разновидностей СП внутри бака смонтирован топливный насос с электроприводом. Кроме того, в аналогичном отверстии в верхней части бака смонтирован датчик уровня топлива поплавкового типа. Могут также выполняться дренажные отверстия для возврата излишка топлива (эмульсии) в топливный бак.

В нижней части бака выполнено резьбовое сливное отверстие, закрытое пробкой.

Внутренняя полость бака разделена перегородками, предназначенными для снижения опрокидывающего момента от движения топлива при неполном баке.

С внутренней стороны стенки и перегородки бака покрываются антикоррозионным покрытием (хромирование, освинцовывание).

Топливный фильтр-отстойник представляет собой корпус, с впускным и выпускным резьбовыми отверстиями, к которым посредством штуцеров присоединяются подводящий и отводящий трубопроводы.

В центральной части корпуса, снизу, через прокладку посредством болта прикрепляется фильтрующий элемент щелевого типа в виде набора кольцевых пластин или сетки с коническим отражателем.

Фильтрующий элемент расположен внутри стакана, который через прокладку прикрепляется к нижней части корпуса. В центре стакана выполнено сливное отверстие, закрытое резьбовой втулкой.

Фильтр тонкой очистки топлива (бензиновый) – аналогичен по устройству фильтру-отстойнику. Фильтр комплектуется фильтрующим элементом из керамической массы или мелкой латунной сетки (для дизтоплива) и представляет собой корпус с двумя стаканами, со сменными фильтрующими элементами и устройством для сбора и сброса эмульсии в топливный бак.

Воздушный фильтр представляет собой объемный корпус, выполненный из листовой стали или пластмассы, который монтируется над карбюратором или в стороне от него и соединяется с ним посредством воздуховода. Может иметь сменный фильтрующий элемент или постоянные обслуживаемые фильтрующие элементы. Например: а) масляная ванна; б) масляная ванна с фильтрующей кассетой; в) масляная ванна с дросселирующей кассетой и пеномаслоудерживающей набивкой. При этом в любом из вариантов на входе может применяться инерционный пылеотделитель.

Топливный насос (бензонасос) диафрагменный, герметизированный, с рычагом ручной подкачки (или без него). Привод насоса – от эксцентрика распределительного или вспомогательного вала, воздействующего на коромысло или штангу топливного насоса.

Основными элементами топливного насоса являются:

- корпус;
- головка;
- крышка;
- 3 впускных и 3 выпускных клапана;
- диафрагма с пружиной и штоком;
- коромысло с возвратной пружиной;
- рычаг ручной подкачки;
- соединительные штуцеры;
- элементы крепления.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация СП.
2. Общее устройство СП и назначение элементов.
3. Назначение систем питания легкого топлива.
4. Назначение систем питания тяжелого топлива.
5. Назначение систем питания газобаллонных автомобилей.

2. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1. Общее устройство карбюратора.

Назначение систем карбюратора

Карбюратор представляет собой механизм, собранный из трех частей. Он устанавливается через прокладку на фланце впускного коллектора.

Система пуска предназначена для обогащения горючей смеси при запуске ДВС.

Система холостого хода предназначена для приготовления и подачи ТВС при закрытых дроссельных заслонках.

Экономайзер принудительного холостого хода (ЭПХХ) предназначен для принудительного отключения системы ХХ при работе двигателя в режиме торможения.

Переходные системы предназначены для дополнительной подачи ТВС при открытии дроссельных заслонок карбюратора до включения «главных дозирующих систем» первой и второй камер.

Главная дозирующая система предназначена для приготовления горючей смеси при работе ДВС на средних нагрузках.

Экономайзер предназначен для обогащения смеси при работе ДВС на полных нагрузках.

Эконоустат предназначен для дополнительного обогащения смеси при полной нагрузке двигателя на скоростных режимах, близких к максимальным, при полностью открытых дроссельных заслонках в карбюраторах с последовательным включением камер. Топливо из поплавковой камеры через жиклер поступает в топливную трубку и высасывается через впрыскивающую трубку во вторую смесительную камеру.

Ускорительный насос предназначен для дополнительной подачи топлива в смесительную камеру при резком нажатии на педаль акселератора (резкое открытие дроссельных заслонок).

Ограничитель максимальной частоты вращения предназначен для ограничения числа оборотов двигателя.

Приводы управления предназначены для управления воздушной и дроссельными заслонками.

2.2. Карбюраторы МКЗ-К89АЕ и К-88АМ

2.2.1. Устройство карбюратора

Карбюратор вертикальный, с падающим потоком смеси и сбалансированной поплавковой камерой. Карбюратор двухкамерный, каждая камера имеет два диффузора. Необходимый состав смеси достигается благодаря пневматическому торможению горючего и применению клапана экономайзера (с механическим приводом). Карбюратор имеет отдельную для каждой камеры систему холостого хода с питанием из главного топливного канала. Для обогащения смеси при резком открывании дроссельных заслонок карбюратор снабжен ускорительным насосом с механическим приводом. Для облегчения пуска холодного двигателя карбюратор имеет воздушную заслонку с автоматическим клапаном и кинематическую связь воздушной и дроссельных заслонок.

При полностью закрытой воздушной заслонке дроссельные заслонки приоткрыты на размер $1,9 \pm 0,2$ мм. Регулируется указанный размер подгибкой соединительной тяги.

Поплавковая камера, ускорительный насос, экономайзер и воздушная заслонка – общие для обеих камер.

Карбюратор имеет встроенный исполнительный механизм, являющийся частью ограничителя максимальной частоты вращения.

Карбюратор состоит из трех основных частей:

- корпуса 1 (рис. 2.1) воздушной горловины (крышка поплавковой камеры, цинковый сплав);
- корпуса 19 поплавковой камеры (цинковый сплав);
- корпуса 36 смесительных камер (чугун).

В корпусе воздушной горловины находятся: воздушная заслонка 11 с автоматическим клапаном 12, сетчатый фильтр 3, пробка фильтра 4, клапан подачи горючего 2 и форсунки насоса ускорения 9, отлитые заодно с корпусом.

В корпусе поплавковой камеры размещены: поплавок 38 с пружиной поплавок 39, поршень ускорительного насоса, состоящий из манжеты 20, пружины 21 и втулки штока 22, клапаны шариковый впускной 24 и игольчатый нагнетательный 33, клапан экономайзера 28, два главных жиклера 37, два жиклера холостого хода 5, два жиклера полной мощности 7 и два воздушных жиклера 6.

В корпусе смесительных камер находятся дроссельные заслонки 35, два винта качественной регулировки холостого хода 34. Валик дроссельных заслонок установлен на подшипниках. На валике со

стороны корпуса диафрагменного механизма находится манжета, поджатая пружиной.

Полное открытие дроссельных заслонок отрегулировано на заводе специальным винтом на рычаге привода дроссельных заслонок. Изменять заводскую регулировку полного открытия дроссельных заслонок в процессе эксплуатации не рекомендуется,

В корпусе диафрагменного механизма находятся: шток с диафрагмой, пружина и рычаг валика дроссельных заслонок. С наружной стороны корпус закрыт крышками.

2.2.2. Принцип действия карбюраторов.

Работа карбюратора на различных режимах работы двигателя

Режим холостого хода. Карбюратор имеет две самостоятельные системы холостого хода, одинаковые для каждой камеры (рис. 2.1).

При малой частоте вращения на холостом ходу разрежение из впускной трубы передается через отверстие круглого сечения И и отверстие прямоугольного сечения З в канал К. Под действием разрежения горючее из поплавковой камеры, пройдя главный жиклер 37, направляется к жиклеру холостого хода 5.

Для получения необходимого состава смеси к горючему подмешивается воздух, поступающий через вырез Б. Образовавшаяся при этом эмульсия поступает через отверстия З и И в смесительную камеру. При выходе из отверстий эмульсия смешивается с основным потоком воздуха, проходящим в камеру через щель, образованную кромкой дроссельной заслонки 35 и стенкой корпуса 36 смесительных камер.

Режим частичных нагрузок. По мере открывания дроссельной заслонки количество воздуха, проходящего через главный воздушный канал, увеличивается, в результате чего разрежение в малом диффузоре 8 (см. рис. 2.1) оказывается достаточным для вступления в работу главной дозирующей системы карбюратора.

Горючее из поплавковой камеры поступает через жиклеры 37 и 7 к кольцевой щели малого диффузора В, смешиваясь с небольшим количеством воздуха, проходящего через воздушный жиклер 6. При этом происходит пневматическое торможение горючего и образуется эмульсия. При малых и средних нагрузках двигателя клапан экономайзера закрыт.

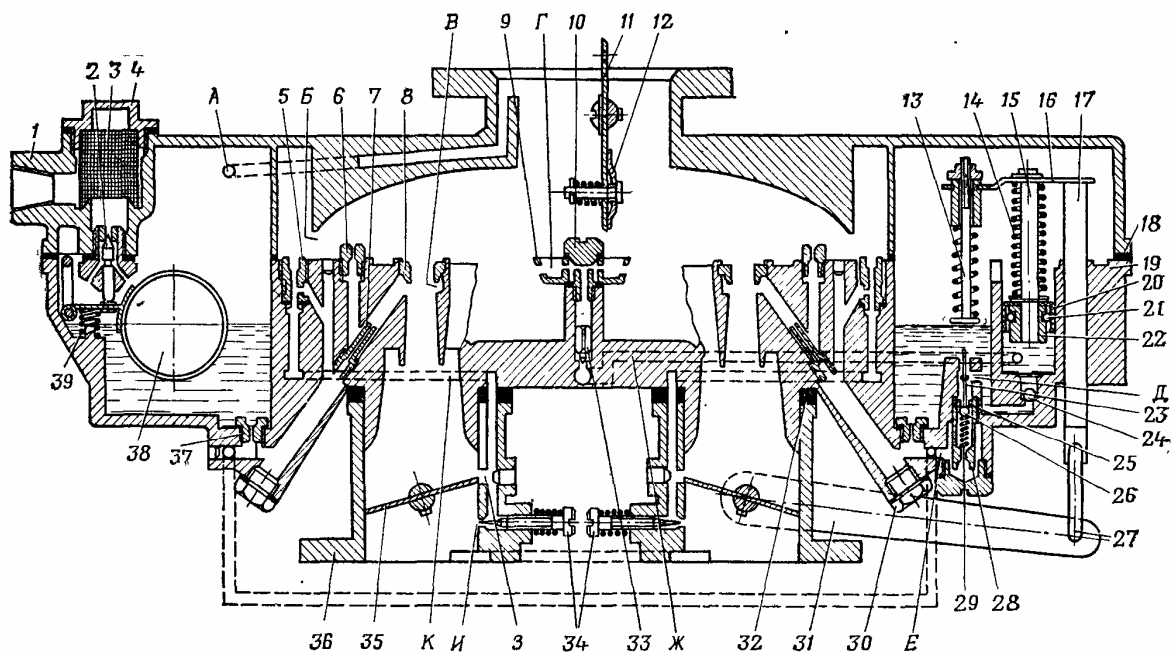


Рис. 2.1. Схема карбюратора МКЗ-К89АЕ:

- 1 — корпус воздушной горловины; 2 — клапан подачи топлива;
 3 — сетчатый фильтр; 4 — пробка фильтра; 5 — жиклер холостого хода; 6 —
 воздушный жиклер; 7 — жиклер полной мощности; 8 — малый диффузор; 9 —
 форсунка насоса ускорения; 10 — полый винт;
 11 — воздушная заслонка; 12 — автоматический клапан; 13 — толкатель; 14 и
 21 — пружины; 15 и 17 — штоки насоса ускорения; 16 — планка; 18 —
 уплотнительная прокладка; 19 — корпус поплавковой камеры;
 20 — манжета; 22 — втулка штока; 23 — промежуточный толкатель;
 24 — впускной шариковый клапан; 25 — седло; 26 — клапан; 27 — тяга; 28 —
 клапан экономайзера; 29 — пружина клапана; 30 — пробка;
 31 — рычаг; 32 — уплотнительная прокладка; 33 — нагнетательный
 игольчатый клапан; 34 — винты качественной регулировки холостого хода;
 35 — дроссельная заслонка; 36 — корпус смесительных камер;
 37 — главный жиклер; 38 — поплавок; 39 — пружина поплавка;
 А — канал для балансировки поплавковой камеры; Б — вырез;
 В — кольцевая щель; Г — воздушное пространство; Д — отверстие;
 Е — главный топливный канал; Ж и К — каналы; З — прямоугольное
 отверстие; И — круглое отверстие

Режим полных нагрузок. Клапан экономайзера 28 закрыт посредством пружины 29, которая прижимает клапан 26 к седлу 25. Открывается клапан, когда дроссельная заслонка находится в положении, близком к ее полному открытию, благодаря кинематической связи заслонки через рычаг 31, тягу 27, шток 17 и планку 16. При этом планка, закрепленная на штоке, через толкатель входит в соприкосновение с промежуточным толкателем 23 и перемещает его вниз. Промежуточный толкатель нажимает на клапан, который отходит от седла, горючее проходит через отверстие Д и поступает в главный топливный канал Е.

Дозировка горючего обеспечивается жиклером полной мощности 7, размер которого рассчитан на приготовление смеси, обеспечивающей работу двигателя на полную мощность.

Режим ускорения. Обогащение смеси, необходимое при резком открывании дроссельной заслонки, происходит с помощью ускорительного насоса, привод которого объединен с приводом клапана механического экономайзера.

Когда заслонка прикрыта, поршень ускорительного насоса, состоящий из втулки штока 22, пружины 21 и манжеты 20, находится в верхнем положении и полость под ним заполнена горючим, поступившим из поплавковой камеры через впускной шариковый клапан 24.

При резком открывании дроссельных заслонок рычаг 31 поворачивается, при этом опускается привод поршня вместе с планкой 16.

В планке имеется отверстие, в которое свободно входит шток насоса ускорения 15. Планка, опускаясь, сжимает пружину 14, под действием которой поршень насоса двигается вниз. Впускной шариковый клапан 24 при этом прижимается к седлу в корпусе поплавковой камеры и горючее по каналу Ж поступает к отверстиям в полем винте 10, открывая по пути игольчатый клапан 33. Затем горючее выходит в виде тонких струй из форсунки 9, ударяется о стенки малых диффузоров, разбивается на мельчайшие частицы и, смешиваясь с воздухом, направляется во впускной трубопровод двигателя.

Упругая связь поршня ускорительного насоса с дроссельной заслонкой посредством пружины 14 дает возможность получать затяжной впрыск горючего и, кроме того, исключает тормозящее воздействие насоса на открывание заслонки. Привод ускорительного насоса выполнен так, что насос работает лишь в первой половине хода открывания дроссельной заслонки.

Нагнетательный игольчатый клапан 33 предотвращает поступление горючего через систему ускорительного насоса во время работы двигателя с большой частотой вращения при неизменном положении дроссельных заслонок.

Карбюратор автомобиля ВАЗ-2108 (рис. 2.2) выпускается с 1985 г. по лицензии фирмы "Солекс" в нескольких модификациях и предназначен для автомобилей ВАЗ-2108, ВАЗ-2109 и ЗАЗ-1102. Карбюратор двухкамерный, двухдиффузорный, с падающим потоком, сбалансированной поплавковой камерой, последовательным открытием дроссельных заслонок, закрытой системой вентиляции картера, диафрагменным ускорительным насосом (УН), эконостатом, системой подогрева системы холостого хода, полуавтоматическим пусковым устройством с пневмокорректором, с патрубком отбора разрежения для вакуумкорректора прерывателя-распределителя, поплавковым механизмом, с верхним игольчатым клапаном и ЭПХХ.

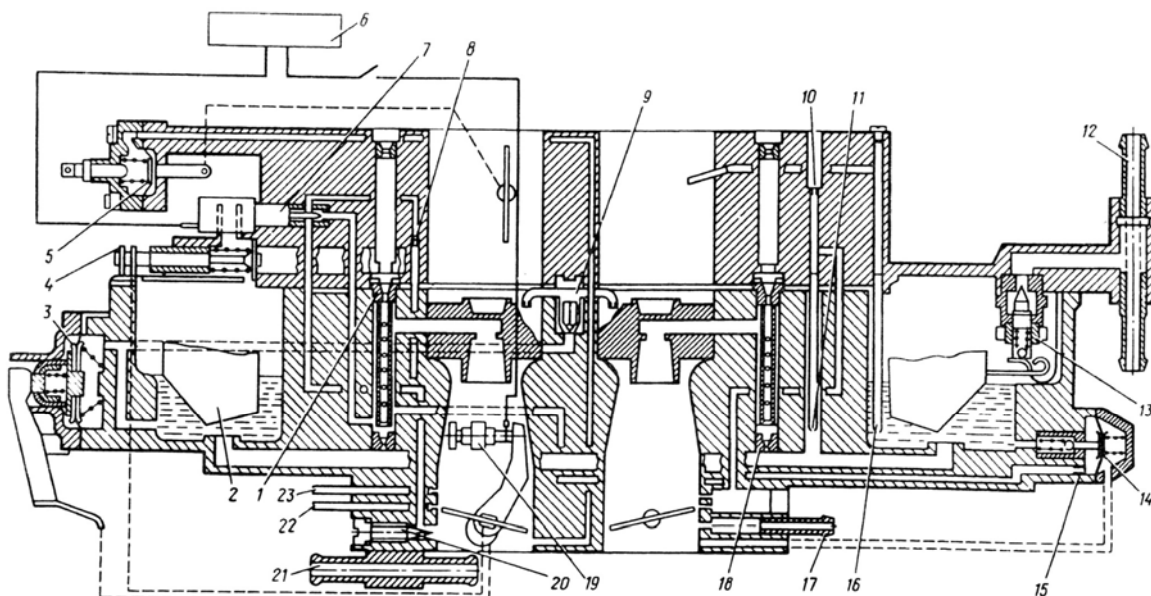


Рис. 2.2. Схема карбюратора ДААЗ-2108

В первичной камере размещены дроссельная заслонка с винтом регулировки количества горючей смеси 19, малый диффузор с распылителем главной дозирующей системы, воздушный жиклер главной дозирующей системы 1, воздушный жиклер системы холостого хода 8, винт качества горючей смеси 20, трубка отвода вакуума к вакуумкорректору распределителя зажигания 22 и трубка отбора управляющего вакуума к антитоксичным устройствам 23.

Поплавковая камера снабжена поплавком 2 и сообщена через каналы 3 с УН и клапаном разбалансировки 4, сообщенным с жиклером системы холостого хода (СХХ) 7. Поплавковая камера содержит штуцер подачи и перепуска топлива 12 и клапан подачи топлива 13.

Пневмоэкономайзер мощностных режимов 14 выполнен в виде пневмоклапана, связанного с задроссельным пространством и с трубкой антитоксичного устройства 23 через жиклер 75.

Основные характеристики карбюраторов автомобилей ВАЗ-2108 приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Регулировочные и технические параметры карбюраторов
автомобиля ВАЗ-2108

Показатель	ДААЗ-2108	ДААЗ-21081	ДААЗ-21083
1	2	3	4
Модель автомобиля	ВАЗ-2108	ЗАЗ-1102	ВАЗ-2109; АЗЛК-2141
Рабочий объем двигателя автомобиля, л	1,3	1,1	1,5

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4
Диаметр смесительной камеры, мм	32/32		
Диаметр диффузора, мм:			
– большого	21/23		
– малого	10,5/10,5		
Тип распылителя	Симметричный		
Главная дозирующая система:			
– маркировка главного топливного жиклера	95,5/97,5		
– то же, воздушного жиклера	165/135	155/125	
Тип эмульсионной трубки	23/ZC		
Система холостого хода:			
– маркировка топливного жиклера	40±3/–		
– условный расход воздушного жиклера	170/–		
– перетечка воздуха, кг/ч	1,35		
Переходная система второй камеры:			
– условный расход топливного жиклера	–/50		
– то же, воздушного жиклера	–/150		
Экономайзер мощностных режимов:			
– маркировка топливного жиклера	–/40		
– усилие сжатия пружины длиной 9,5 мм, Н	(1,5±10) %		
Маркировка топливного жиклера эконостата	–/60	–/70	–/60
Ускорительный насос:			
– условный расход распылителя	35/40		
– диаметр распылителя, мм	3		
– подача топлива за 10 циклов, см ³	(11,5±10) %		
– ход диафрагмы ускорительного насоса, мм	3,3		
– маркировка кулачка	№7		
Тип пускового устройства	Ручной		
Пусковые зазоры заслонок, мм:			
– воздушной (зазор В)	3,0±0,02		
– дроссельной (зазор С)	0,8–0,9		
Маркировка рычага управления воздушной заслонкой	№6		
Диаметр отверстия для вакуумного корректора, мм	1,2		
То же, топливного клапана, мм	1,75		
Диаметр перепускного отверстия штуцера топлива в бак, мм	0,70		
Перетечка воздуха, кг/ч	1,35		

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4
Диаметр отверстия штуцера вентиляции картера, мм		1,5	
Уровень топлива от верхней плоскости поплавковой камеры до разъема карбюратора, мм		22,5	
Масса поплавка, г		6,2	
Масса карбюратора, кг		3,2	

Примечания: 1. Условный расход топливного жиклера определяют с помощью эталонного жиклера по специальной методике и в процессе эксплуатации контролю не подлежит.

2. Маркировка жиклеров определяется расходом, который замеряется с помощью микроизмерителей. Настройка микроизмерителей осуществляется по талонным жиклерам. Обозначение жиклера, например индекс "170", означает его диаметр в миллиметрах, умноженный на 100.

Карбюратор серии 2108 имеет ряд модификаций: 21412, 21081, 21083, 1111, 21053, 105130 и 21083-61.

Карбюратор 21412 отличается измененной конструкцией привода дроссельных заслонок и регулировочными параметрами, снабжен приводом в виде сектора для тросового привода. Карбюратор 21412-1107010 представляет собой малотоксичный и экономичный прибор, оснащенный ЭПХХ. Он состоит из двух частей: крышки и корпуса. Система ХХ выполнена с последовательным включением ее в ГДС. Она содержит топливный жиклер с ЭМК, воздушный жиклер и выходные отверстия с винтом качества горючей смеси. Каждая камера снабжена ГДС, содержащей ГТЖ, эмульсионные трубки с воздушными жиклерами, распылители и каналы.

Ускорительный насос содержит диафрагму, крышку и рычаг, кинематически связанный с дроссельной заслонкой и диафрагмой, шариковый клапан и распылители, выходящие в главный воздушный канал первичной и вторичной камер. Пусковое устройство включает управляющую камеру, сообщенную через канал с задрроссельным пространством, и диафрагму с регулировочным винтом.

В крышке карбюратора размещен штуцер перепуска топлива с жиклером, штуцер подачи топлива с фильтром и топливный клапан кинематически связанный с поплавком. Экономайзер содержит управляющую камеру, сообщенную с задрроссельным пространством, шариковый впускной клапан и топливный жиклер. В эконостате имеются топливный жиклер и впрыскивающая трубка, выходящая в главный воздушный канал второй камеры. Переходная система вторичной

камеры содержит топливный и воздушный жиклеры, соединительные каналы и выходное отверстие, размещенное над дроссельной заслонкой вторичной камеры. В корпусе смесительной камеры находятся патрубок отбора разрежения, патрубков, регулировочный винт качества смеси и блок подогрева карбюратора. Основные характеристики карбюратора ДААЗ-21412-1107010 приведены в табл. 2.1.

Карбюратор ДААЗ-21081 предназначен для двигателя МеМЗ-245 автомобиля "Таврия" ЗАЗ-1102. Карбюратор выполнен двухкамерным с последовательным открытием дросселей, эмульсионного типа и снабжен сбалансированной поплавковой камерой, системой вентиляции картера и подогрева зоны дроссельной заслонки первой камеры.

Главная дозирующая система. Топливо через фильтр 4 (рис.2.3) и игольчатый клапан 6 подается в поплавковую камеру. Из поплавковой камеры топливо поступает через главные топливные жиклеры 9 в эмульсионные колодцы и смешивается с воздухом, выходящим из отверстий эмульсионных трубок 1, которые изготовлены заодно с главными воздушными жиклерами. Через распылители 2 топливоздушная эмульсия попадает в малые и большие диффузоры карбюратора.

Дроссельные заслонки 8 и 10 соединены между собой таким образом, что вторая камера начинает открываться.

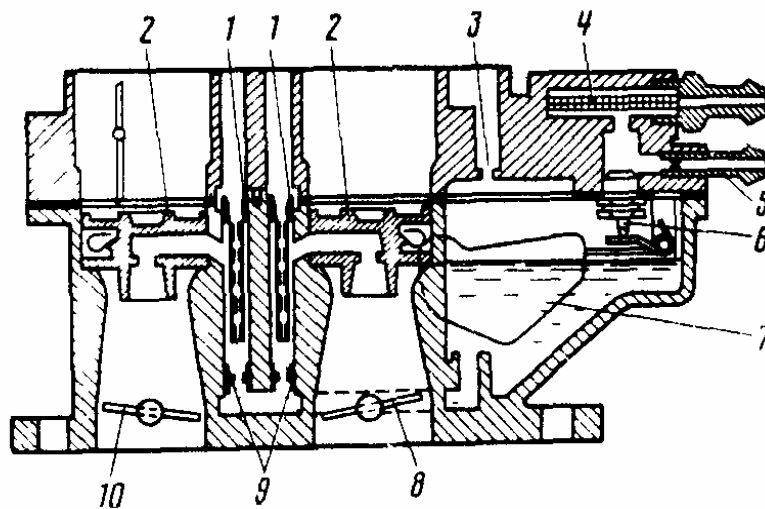


Рис. 2.3. Схема главных дозирующих систем:

- 1 — главные воздушные жиклеры с эмульсионными трубками;
- 2 — распылители первой и второй камер; 3 — балансирующее отверстие; 4 — топливный фильтр; 5 — патрубок с жиклером для слива части топлива в топливный бак; 6 — игольчатый клапан; 7 — поплавок;
- 8, 10 — дроссельные заслонки второй и первой камер; 9 — главные топливные жиклеры

Система холостого хода забирает топливо из эмульсионного колодца после главного топливного жиклера 7 (рис. 2.4).

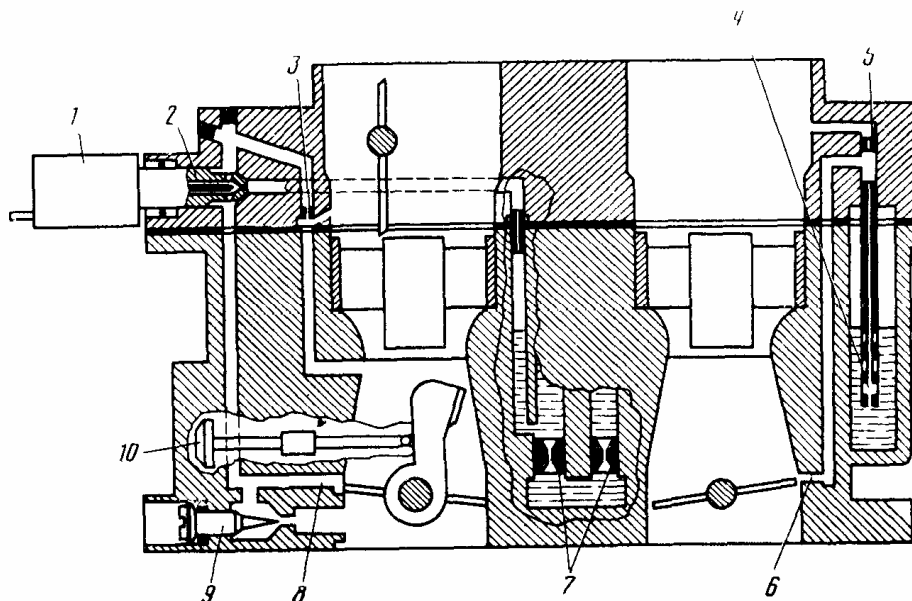


Рис. 2.4. Схема системы холостого хода и переходных систем:
 1 — электромагнитный запорный клапан; 2 — топливный жиклер холостого хода; 3 — воздушный жиклер холостого хода; 4 — топливный жиклер переходной системы второй камеры; 5 — воздушный жиклер переходной системы второй камеры; 6 — выходное отверстие переходной системы второй камеры; 7 — главные топливные жиклеры; 8 — канал переходной системы первой камеры; 9 — регулировочный винт качества (состава) смеси; 10 — регулировочный винт количества смеси

Топливо подводится к жиклеру 2 с электромагнитным запорным клапаном 1, на выходе из жиклера смешивается с воздухом, поступающим из проточного канала и из расширяющейся части диффузора (для обеспечения нормальной работы карбюратора при переходе на режим холостого хода). Эмульсия выходит под дроссельную заслонку через отверстие, регулируемое винтом качества (состава) смеси 9; винтом 10 регулируется количество смеси.

Переходные системы. При открытии дроссельных заслонок карбюратора до включения "главных дозирующих" систем топливовоздушная эмульсия поступает:

- в первую камеру через жиклер холостого хода 2 и вертикальный канал переходной системы 8, находящийся на уровне дроссельной заслонки в закрытом положении;

- во вторую камеру через выходное отверстие 6, находящееся чуть выше дроссельной заслонки в закрытом положении.

Топливо поступает из жиклера 4 через трубку, смешивается с воздухом из жиклера 5, поступающим через проточный канал.

Экономайзер мощностных режимов включается в работу при определенном разрежении за дроссельной заслонкой 8 (рис. 2.5).

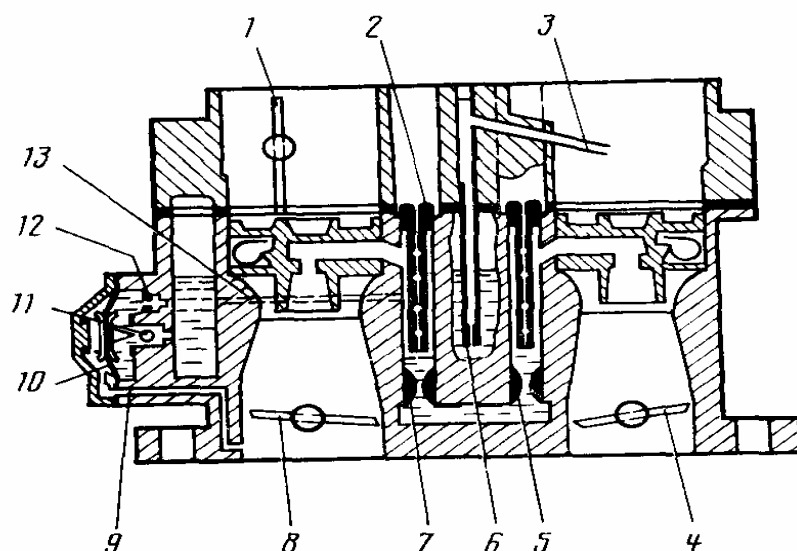


Рис. 2.5. Схема эконостата и экономайзера мощностных режимов:
 1 — воздушная заслонка; 2 — главные воздушные жиклеры;
 3 — впрыскивающая труба эконостата; 4, 8 — дроссельные заслонки второй и первой камер; 5, 7 — главные топливные жиклеры второй и первой камер; 6 — топливный жиклер эконостата с трубкой; 9 — канал подвода разрежения; 10 — диафрагма экономайзера; 11 — шариковый клапан; 12 — топливный жиклер эконостата; 13 — топливный канал

Топливо забирается из поплавковой камеры через шариковый клапан 11, который плотно закрыт пока диафрагма удерживается разрежением во впускном трубопроводе. При значительном открытии дроссельной заслонки разрежение несколько падает и пружина диафрагмы 10 открывает клапан. Топливо, проходящее через жиклер экономайзера 12, добавляется к топливу, которое проходит через главный топливный жиклер 5, обогащая горючую смесь.

Эконостат работает при полной нагрузке двигателя на скоростных режимах, близких к максимальным, при полностью открытых дроссельных заслонках. Топливо из поплавковой камеры через жиклер 6 поступает в топливную трубку и высасывается через впрыскивающую трубку 3 во вторую смесительную камеру, обогащая горючую смесь.

Ускорительный насос с механическим приводом, с диафрагмой 3 (рис.2.6), срабатывающий от рычага 5 и кулачка 6, закрепленного на оси дроссельной заслонки первой камеры.

При закрытой дроссельной заслонке пружина отводит диафрагму назад, и это приводит к заполнению топливом полости насоса через обратный шариковый клапан 8. При открытии дроссельной заслонки кулачок действует на рычаг 5, а диафрагма 3 нагнетает топливо через шариковый клапан 2 и распылители 1 в смесительные камеры

карбюратора, обогащая горючую смесь. Подача ускорительного насоса не регулируется и зависит только от профиля кулачка.

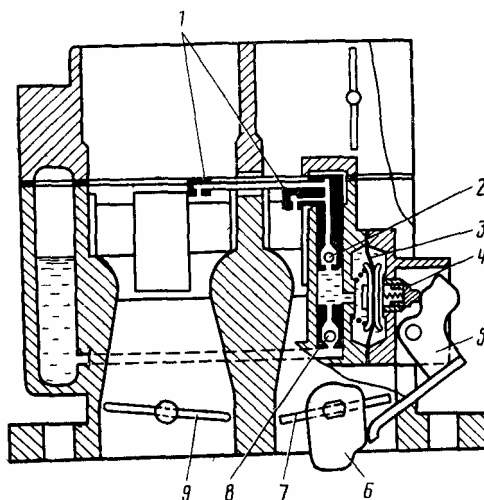


Рис. 2.6. Схема ускорительного насоса:
 1 — распылители; 2 — шариковый клапан подачи топлива;
 3 — диафрагма насоса; 4 — толкатель; 5 — рычаг привода; 6 — кулачок привода насоса; 7, 9 — дроссельные заслонки первой и второй камер;
 8 — обратный шариковый клапан

Экономайзер принудительного холостого хода отключает систему холостого хода на принудительном холостом ходу (во время торможения автомобилем двигателем, при движении под уклон, при переключении передач), исключая выброс окиси углерода в атмосферу.

На режиме принудительного холостого хода при частоте вращения коленчатого вала более 1700 мин^{-1} и при замкнутом на «массу» концевом выключателе карбюратора (педаль отпущена) запорный электромагнитный клапан выключается, подача топлива прерывается.

При снижении частоты вращения коленчатого вала на принудительном холостом ходу до $1900 \dots 1400 \text{ мин}^{-1}$ блок управления включает электромагнитный запорный клапан (хотя концевой выключатель включен на массу). При этом начинается подача топлива через жиклер холостого хода, и двигатель постепенно выходит на режим холостого хода.

Пусковое устройство. Рычаг управления воздушной заслонкой 4 (рис. 2.7) имеет три профиля.

Его наружная кромка М воздействует на рычаг управления дроссельными заслонками 11 через регулировочный винт 10 и обеспечивает запуск холодного двигателя и необходимое далее повышение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Внутренние профили К и А воздействуют на рычаг 6 воздушной заслонки и допускают ее открытие при промежуточных положениях рычага 4 на определенную величину.

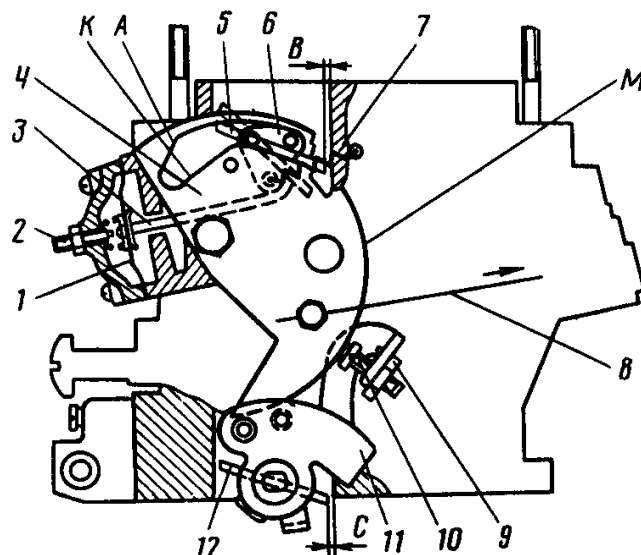


Рис. 2.7. Схема пускового устройства карбюратора:

- 1 — диафрагма; 2 — регулировочный винт; 3 — шток диафрагмы; 4 — рычаг управления воздушной заслонкой; 5 — воздушная заслонка; 6 — рычаг воздушной заслонки; 7 — возвратная пружина воздушной заслонки; 8 — тяга рукоятки привода воздушной заслонки; 9 — стопор регулировочного винта; 10 — регулировочный винт приоткрывания дроссельной заслонки первой камеры; 11 — рычаг управления дроссельными заслонками; 12 — дроссельная заслонка первой камеры; К — нижний профиль паза рычага 4 ограничения максимального приоткрывания воздушной заслонки; А — верхний профиль паза рычага 4, обеспечивающий механическое открытие воздушной заслонки; М — кромка рычага 4 для обеспечения пускового зазора дроссельной заслонки первой камеры

При повороте рычага управления воздушной заслонкой 4 против часовой стрелки расширяющийся паз освобождает штифт рычага 6 воздушной заслонки, и за счет возвратной пружины 7 заслонка будет удерживаться полностью закрытой. Одновременно рычаг 4 кромкой М приоткрывает дроссельную заслонку первой камеры. Ось воздушной заслонки 5 смещена, поэтому воздушная заслонка после запуска двигателя может приоткрываться потоком воздуха, растягивая пружину 7, что приводит к обеднению смеси. Разрежение из задроссельного пространства воздействует на диафрагму 1 и штоком 3 приоткрывает воздушную заслонку. Регулировочный винт 2 позволяет регулировать величину приоткрывания воздушной заслонки. Максимальная величина приоткрывания воздушной заслонки при запуске и прогреве двигателя зависит от промежуточных положений рычага управления воздушной заслонкой 4 или от ширины паза этого рычага.

Блокировка второй камеры. Дроссельная заслонка второй камеры может открываться только при открытой воздушной заслонке рычагом блокировки второй камеры, установленным шарнирно на рычаге. При открывании дроссельных заслонок рычаг блокировки воздействует

через рычаг привода дроссельной заслонки второй камеры на рычаг дроссельной заслонки второй камеры.

При закрывании воздушной заслонки ее рычаг наружной кромки воздействует на штифт рычага блокировки второй камеры и разобщает его с рычагом, при этом дроссельная заслонка второй камеры блокируется.

2.2.3. Назначение и принцип действия дополнительных систем карбюраторов

Системы управления выбросом вредных компонентов, предназначенные для предотвращения выбросов в атмосферу вредных веществ и хорошей экономичности, состоят из (рис. 2.8):

- системы обратной связи;
- системы рециркуляции отработавших газов (РОГ);
- системы подмешивания воздуха к отработавшим газам (ОГ);
- системы улавливания паров топлива системы вентиляции картера;
- системы контроля за температурой воздуха каталитического нейтрализатора ОГ.

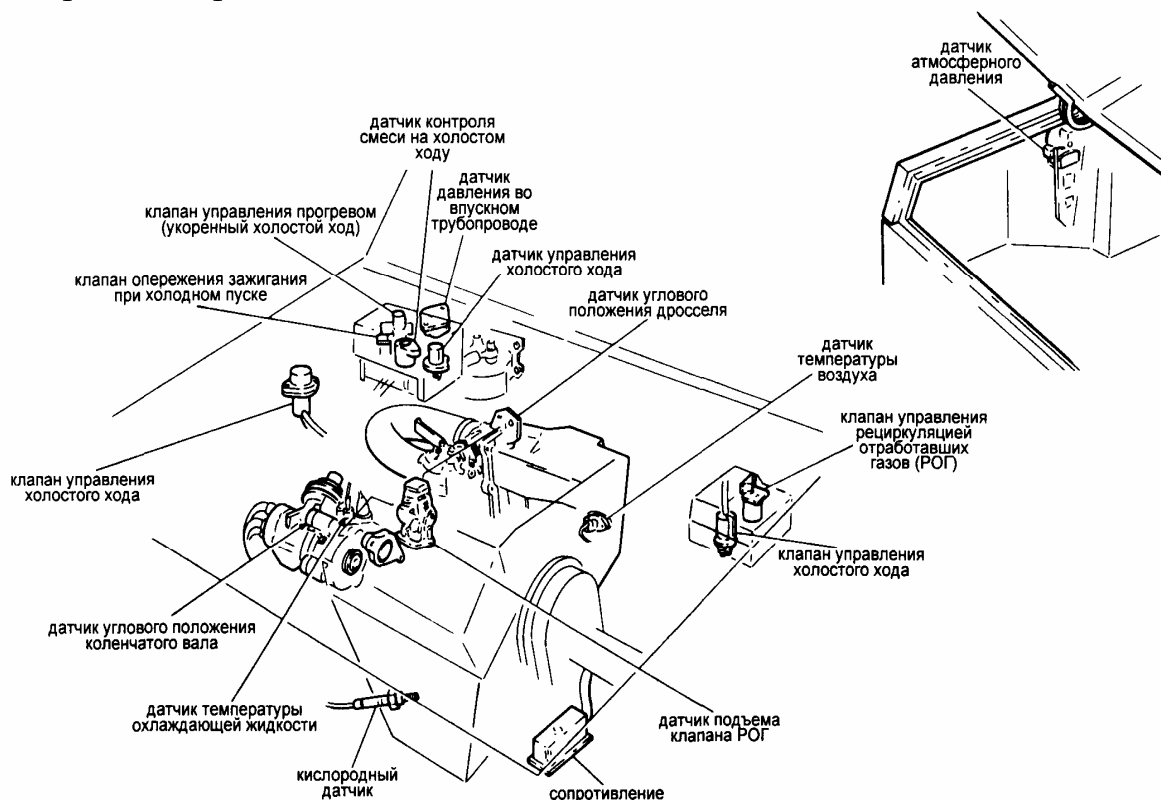


Рис. 2.8. Расположение элементов топливной системы и системы управления выбросом

2.2.4. Система вентиляции картера

В систему вентиляции картера (рис. 2.9) входит клапан положительного давления, уменьшающий эмиссию углеводорода с газами, прорывающимися в картер двигателя.

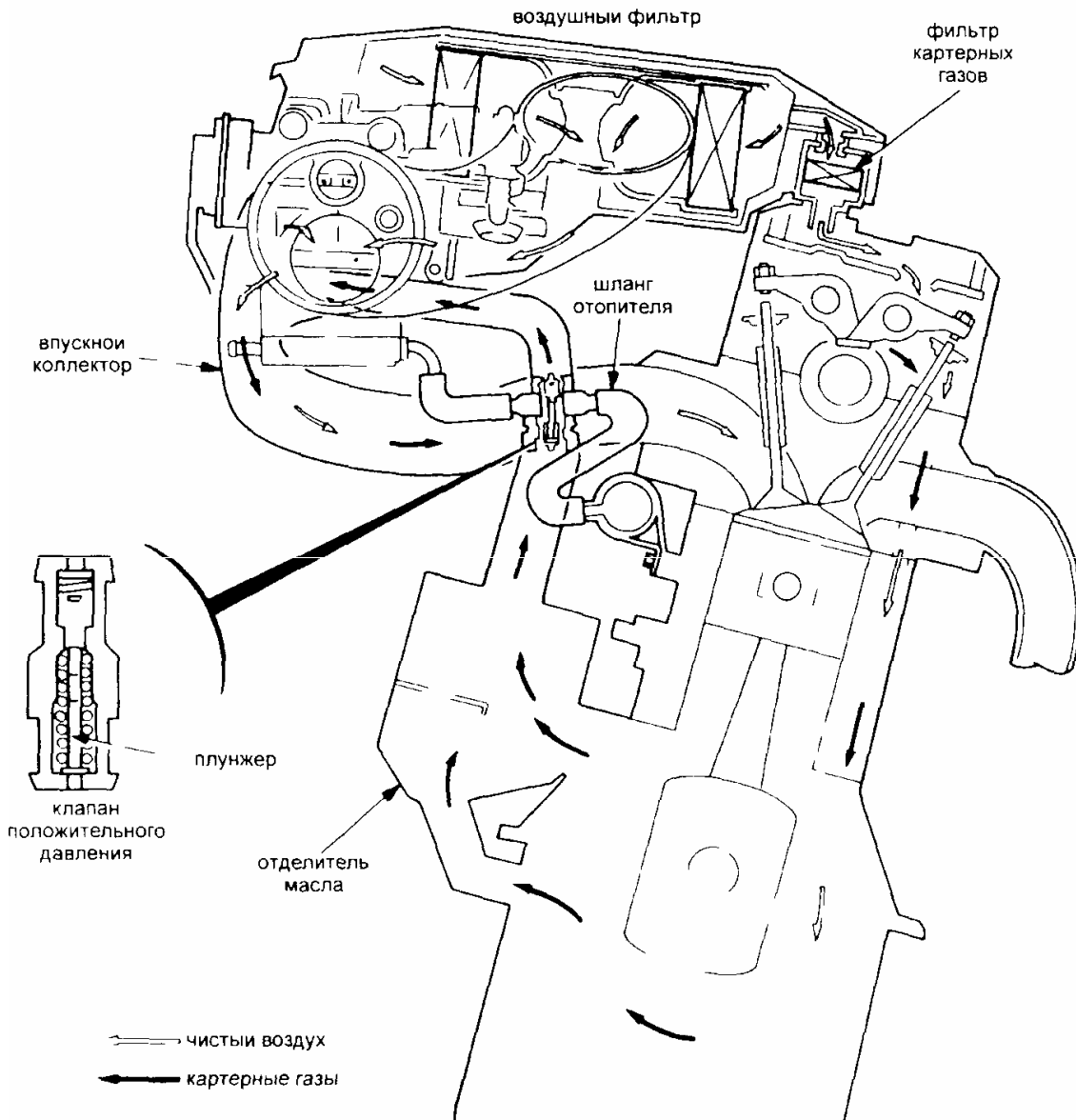


Рис.2.9. Схема системы вентиляции картера

Основными компонентами системы вентиляции картера на всех автомобилях являются клапан положительного давления, фильтр картерных газов и соединительные шланги. На автомобилях с карбюраторами фильтр картерных газов крепится к корпусу воздушного фильтра, на автомобилях с впрыском топлива – на крышку распределительного вала.

На холостом ходу во впускном коллекторе высокое разрежение КД создает сопротивление потоку картерных газов. При большом количестве картерных газов (например из-за проблем с поршневыми кольцами) система перепускает их через воздушный фильтр для обеспечения нормального процесса сгорания.

2.2.5. Система улавливания паров топлива

Система улавливания паров топлива (рис. 2.10) собирает топливные пары и во время работы двигателя подмешивает их к готовой топливоздушной смеси. Аккумулятор паров представляет собой емкость, заполненную активированным углем. Нижеизложенная информация поможет понять работу системы.

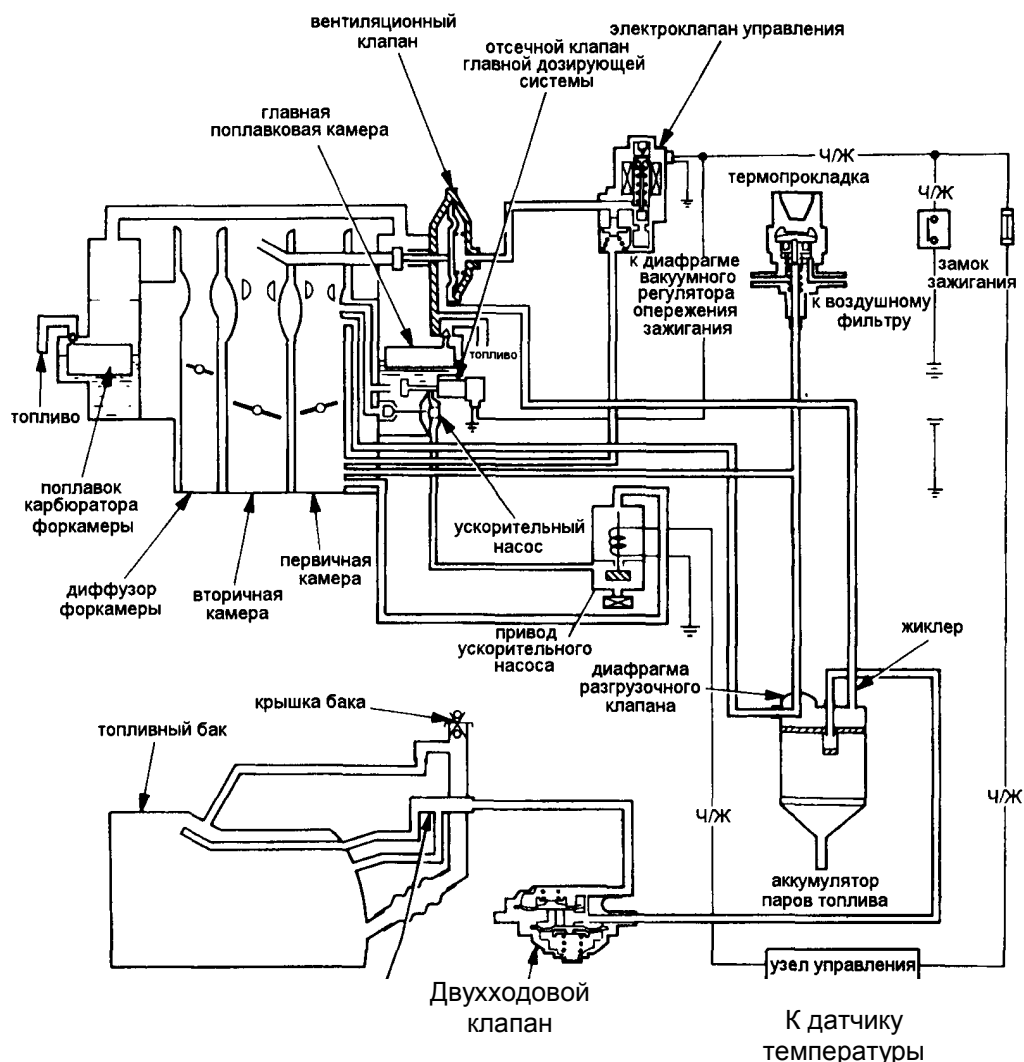


Рис. 2.10. Система улавливания паров топлива

При выключении двигателя отсечной клапан карбюратора соединяет полость поплавковой камеры с аккумулятором паров.

Когда двигатель прогреется, термклапан вверху аккумулятора закроется, соответственно откроется разгрузочная диафрагма под давлением разрежения во впускном коллекторе.

При выключении двигателя подача топлива через главную дозирующую систему отключается электроклапаном и исключает попадание топлива в диффузор карбюратора.

Когда давление паров топлива в баке превысит установленный уровень, откроется двухходовой клапан и пары топлива будут поступать в аккумулятор.

Аккумулятор сохраняет топливные пары до тех пор, пока они не будут поданы в двигатель.

Разгрузка аккумулятора осуществляется через диафрагму, управляемую термклапаном: до температуры охлаждающей жидкости в 55 °С вакуум от впускного коллектора на диафрагму не подается, при превышении этой температуры диафрагма открывается и аккумулятор продувается свежим воздухом, унося топливо из аккумулятора в задрессельное пространство.

Возможность выхода из строя системы улавливания паров топлива невелика, при этом обычно выходят из строя шланги и аккумулятор паров топлива.

2.2.6. Система контроля температуры воздуха на впуске (модели с карбюратором)

Система контроля за температурой воздуха на впуске (рис. 2.11) обеспечивает прогрев воздуха во время прогрева двигателя и поддерживает температуру на впуске около 40 °С. Это улучшает условия для создания карбюратором оптимального состава топливовоздушной смеси.

Баланс между количеством теплого и холодного воздуха обеспечивается заслонкой в корпусе воздушного фильтра, управляемого диафрагмой.

Теплый воздух забирается из-под кожуха, накрывающего выпускной коллектор. При достижении достаточной температуры двигателя датчик подает сигнал на контрольный клапан, открывающий доступ вакуума к диафрагме, и заслонка переключает место забора воздуха.

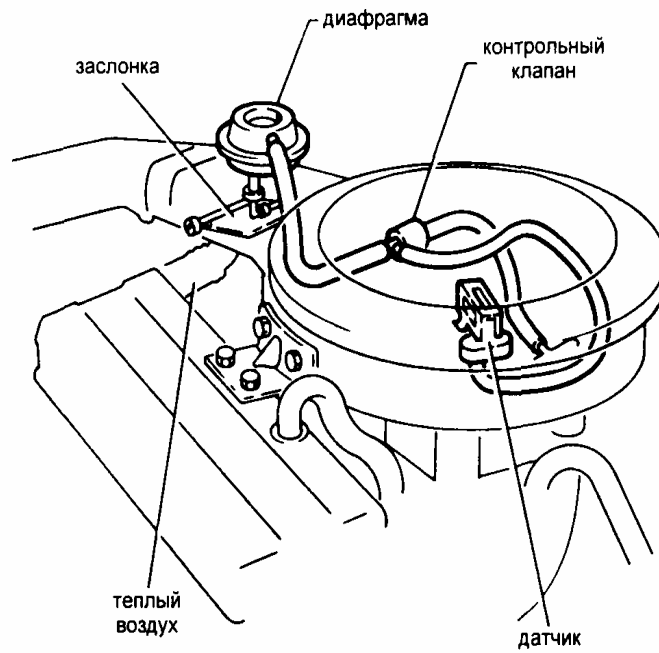


Рис. 2.11. Система контроля за температурой воздуха на впуске

2.2.7. Система управления опережением зажигания

Система управления опережением зажигания предназначена для оптимизации процесса сгорания (рис. 2.12).

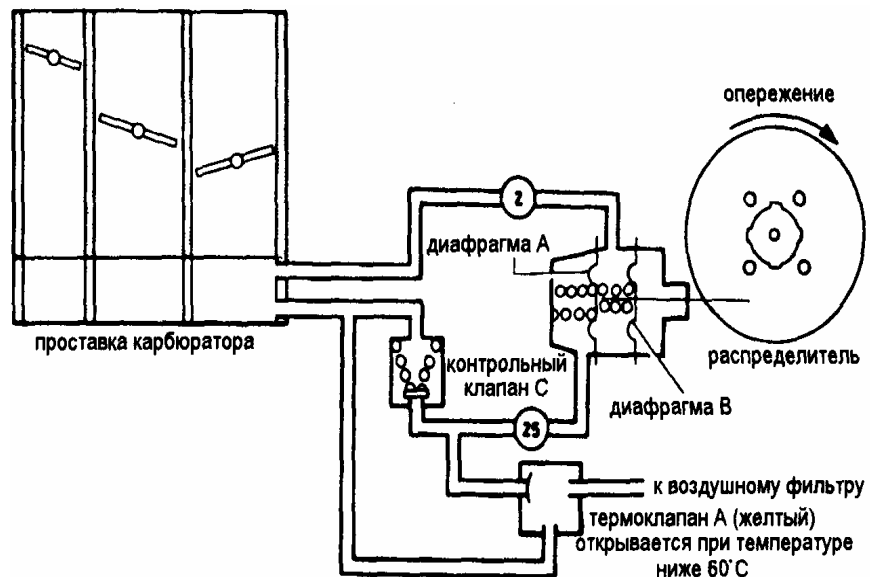


Рис. 2.12. Схема системы управления опережением зажигания (модели с карбюратором)

2.2.8. Система управления дроссельной заслонкой

Система управления дроссельной заслонкой (рис. 2.13) позволяет уменьшить выбросы с отработавшими газами, облегчает запуск, улучшает плавность хода при переключениях и замедлении.

При работе двигателя на холостом ходу вакуум, взятый после карбюратора, подается на диафрагму управления заслонкой через контрольный клапан успокоителя. При замедлении этот вакуум ликвидируется подсосом воздуха через жиклер клапана успокоителя. Заслонка медленно закрывается.

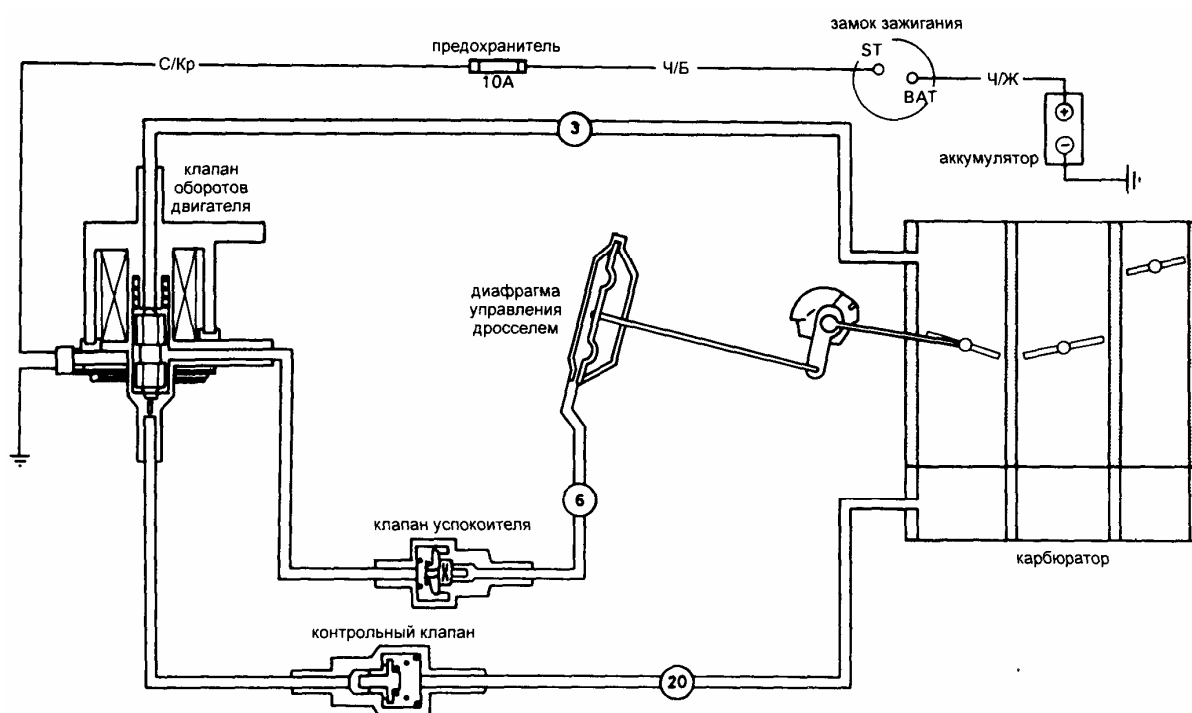


Рис. 2.13. Схема управления дроссельной заслонкой

Во время запуска ДВС клапан оборотов двигателя подает вакуум, созданный за карбюратором, на диафрагму и тем самым поворачивает заслонку на нужный угол.

2.2.9. Компенсатор атмосферного давления

Компенсатор (рис. 2.14) представляет собой устройство, которое контролирует количество воздуха, подаваемого в малый и большой диффузоры первичной камеры карбюратора и в большой диффузор вторичной камеры. Как только атмосферное давление понизится (например при подъеме в гору), сильфон компенсатора откроет клапан, увеличивая подачу воздуха для поддержания заданного состава смеси.

Неисправность работы компенсатора обычно является причиной обогащения смеси (черный дым на выхлопе) и плохой тяги двигателя при движении в горах. Если вы полагаете, что компенсатор неисправен, – замените его. Компенсатор расположен на задней стенке моторного отсека.

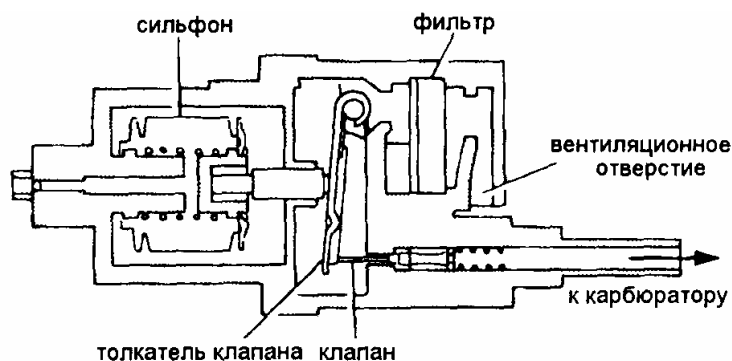


Рис. 2.14. Разрез типичного компенсатора атмосферного давления

2.2.10. Нейтрализатор отработавших газов

Нейтрализатор (рис. 2.15) – устройство, устанавливаемое в систему выпуска отработавших газов для уменьшения выбросов вредных веществ. Нейтрализаторы могут быть двух типов:

- а) для уменьшения выбросов окиси углерода (CO) и углеводородов (CH);
- б) для уменьшения выбросов CO+CH+окись азота NO.

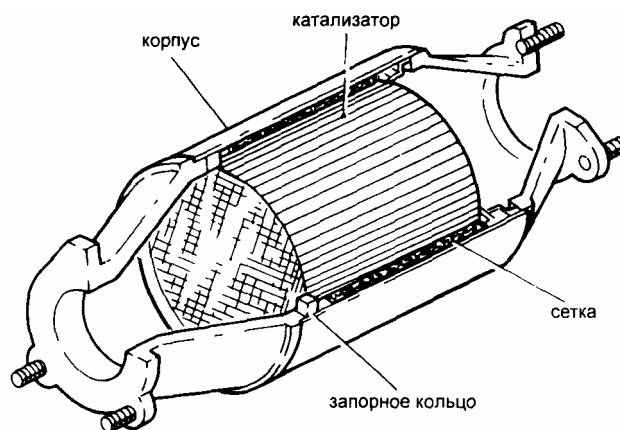


Рис. 2.15. Разрез каталитического нейтрализатора

2.2.11. Система рециркуляции отработавших газов

Система рециркуляции отработавших газов (РОГ) (рис. 2.16) уменьшает содержание окиси азота (NO), перепуская часть отработавших газов на впуск двигателя.

На моделях двигателей с карбюраторами система РОГ состоит из клапана перепуска, двух управляющих клапанов и термоклапана. Клапан перепуска приводится в действие вакуумом, проходящим через два клапана управления, и перепускает ОГ в зависимости от нагрузки двигателя.

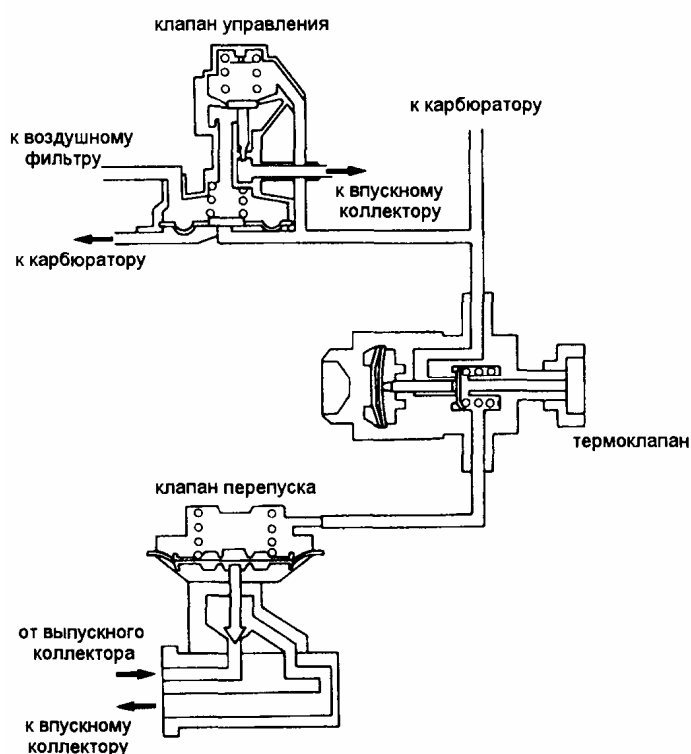


Рис. 2.16. Схема системы рециркуляции отработавших газов

Для исключения рециркуляции на холостом ходу вакуум отбирается выше дроссельной заслонки.

При работе холодного двигателя термоклапан открыт и сбрасывает вакуум с клапана перепуска, тем самым перепуска во время прогрева нет. При достижении двигателем температуры срабатывания термоклапана последний закрывается, и клапан перепуска управляется клапаном А. Клапан В нормально закрыт. При достижении определенного разрежения во впускном коллекторе управление осуществляется клапанами А и В.

На моделях двигателей с впрыском система РОГ состоит из клапана перепуска, электромагнитного клапана управления, ЭМУ и различных датчиков. В память ЭМУ заложена программа управления подъемом клапана перепуска для всех условий работы.

2.2.12. Система подмешивания воздуха

Система подмешивания воздуха (рис. 2.17) предназначена для улучшения условий работы системы контроля за выхлопными газами.

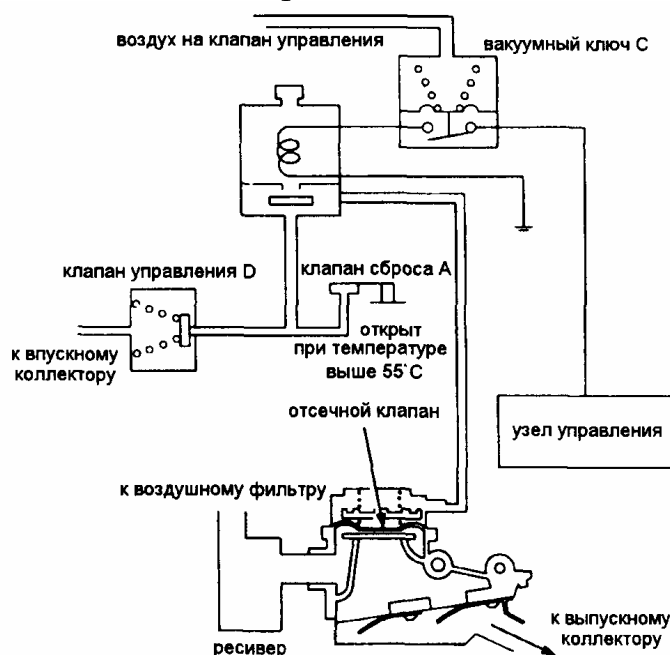


Рис. 2.17. Типичная схема системы подмешивания вторичного воздуха

2.2.13. Система контроля топливовоздушной смеси при переключении передач

Система контроля топливовоздушной смеси при переключении передач (рис. 2.18) предотвращает чрезмерное обогащение смеси во время переключения передач или замедлении хода автомобиля.

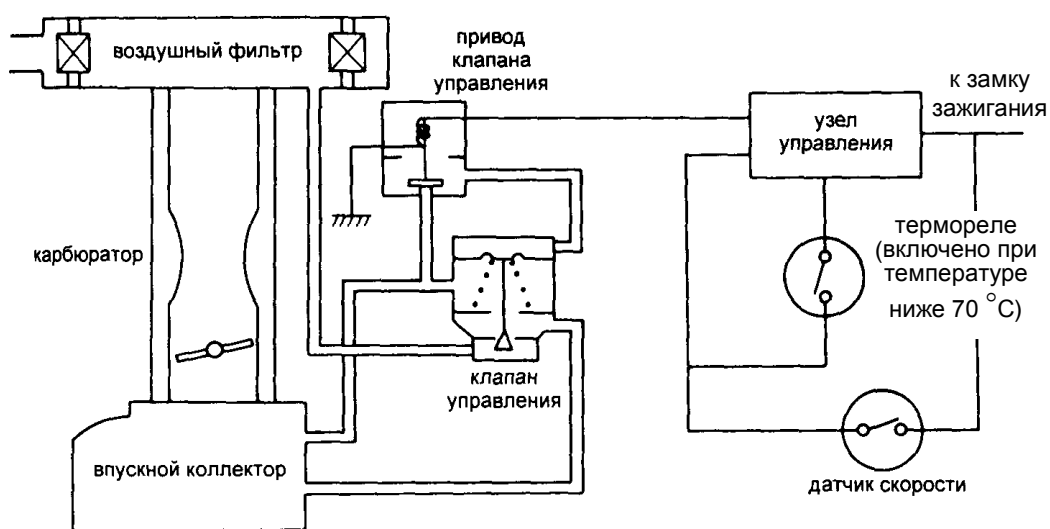


Рис. 2.18. Типичная схема системы контроля за смесью при переключении передач

2.2.14. Система обратной связи

Система обратной связи (рис. 2.19) обеспечивает оптимальное приготовление топливовоздушной смеси в разных условиях работы двигателя.

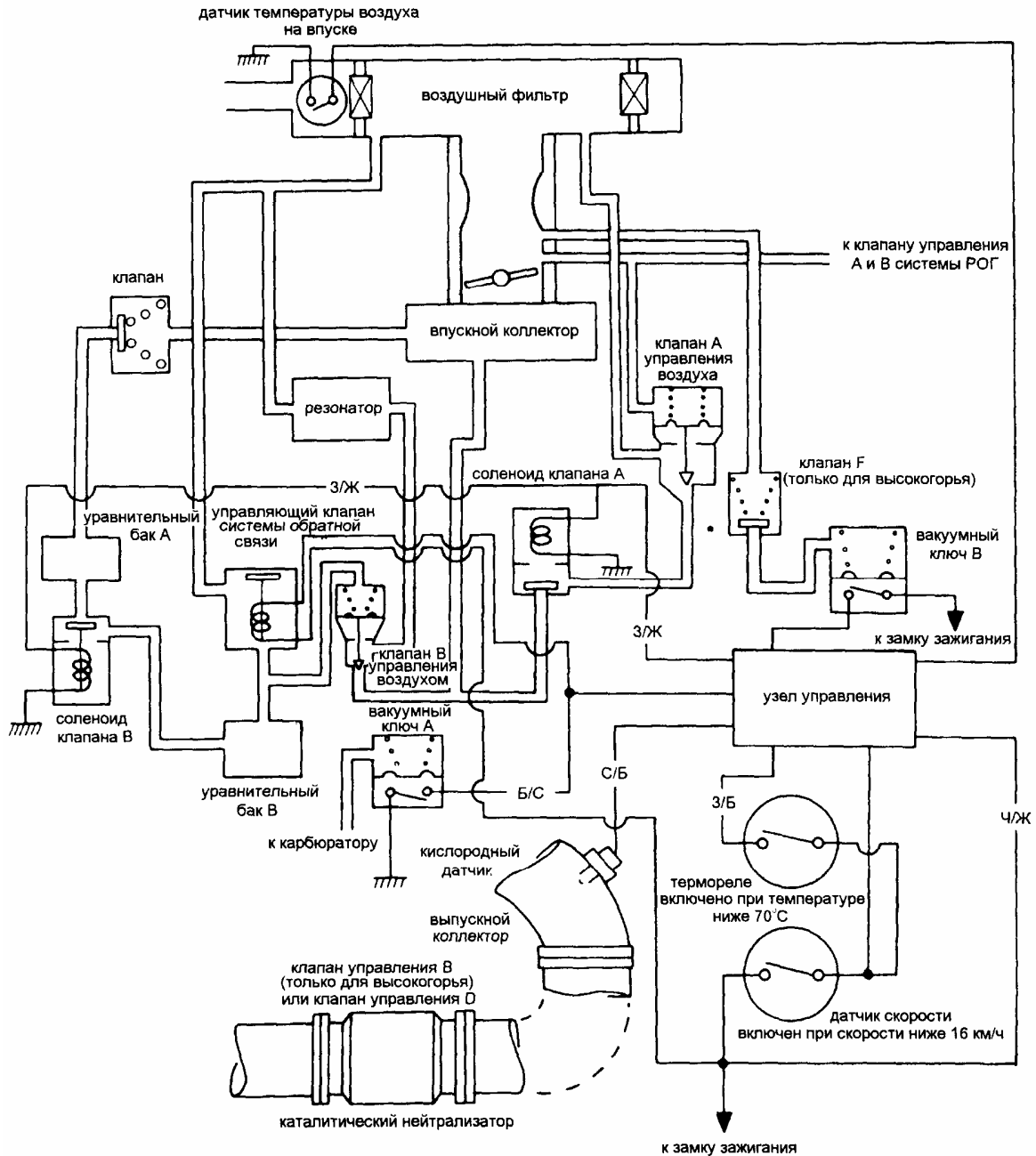


Рис. 2.19. Схема системы обратной связи

2.2.15. Система выпуска продуктов сгорания

Система выпуска продуктов сгорания (рис. 2.20) предназначена для снижения токсичности отработавших газов и шумности выпуска.

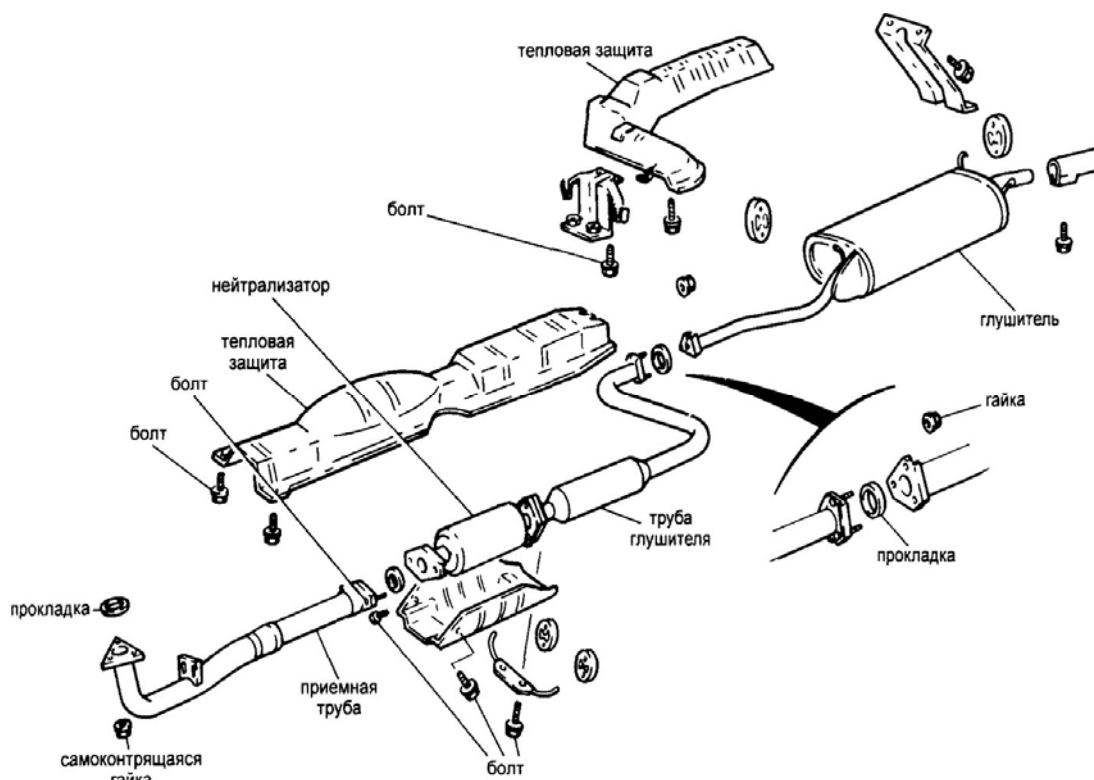


Рис. 2.20. Система выпуска продуктов сгорания

Контрольные вопросы

1. Классификация и схемы карбюраторов.
2. Общее устройство карбюратора.
3. Что называется карбюратором?
4. Назначение систем карбюратора.
5. Пояснить принцип действия простейшего карбюратора.
6. Назначение и принцип действия дополнительных систем карбюратора.
7. Перечислите основные системы современных карбюраторов.
8. Назначение, устройство и принцип работы системы холостого хода в карбюраторе.
9. Назначение, устройство и принцип работы главной дозирующей системы в карбюраторе.
10. Назначение, устройство и принцип работы экономайзера в карбюраторах.
11. Назначение, устройство и принцип работы ускорительного насоса в карбюраторах.
12. Назначение, устройство и принцип действия нейтрализатора отработавших газов.
13. Назначение, устройство и принцип действия системы РОГ.
14. Назначение, устройство и принцип действия системы выпуска ОГ.

3. ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ВПРЫСКОМ ЛЕГКОГО ТОПЛИВА

3.1. Основные принципы управления двигателем

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: системы топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель изменяет скоростной и нагрузочные режимы двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливовоздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми обычно осуществляется автоматически (рис. 3.1).

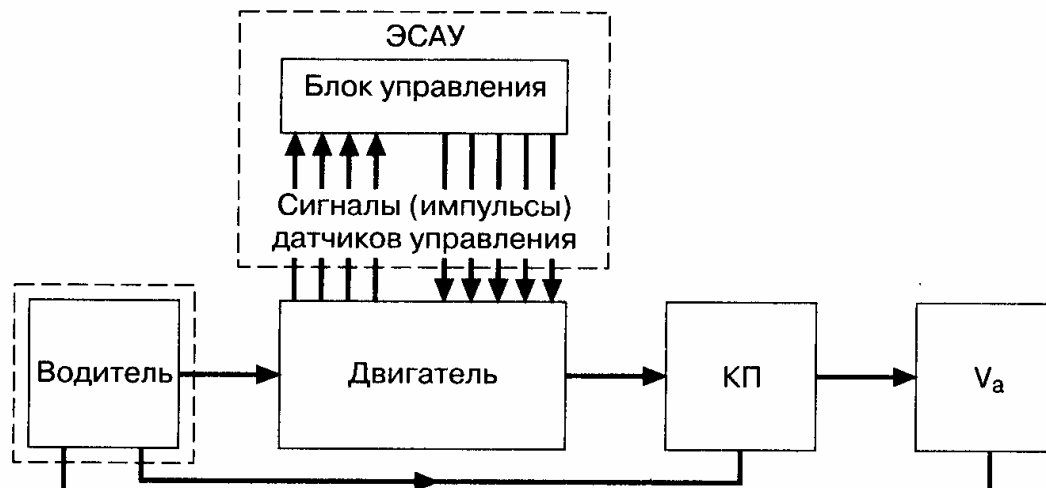


Рис. 3.1. Схема управления автомобильным двигателем:
ЭСАУ – электронная система автоматического управления;
КП – коробка передач; V_a – скорость движения автомобиля

Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рис. 3.2.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, угол опережения зажигания θ , цикловой расход топлива G_T и др.) – это те параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя.

Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

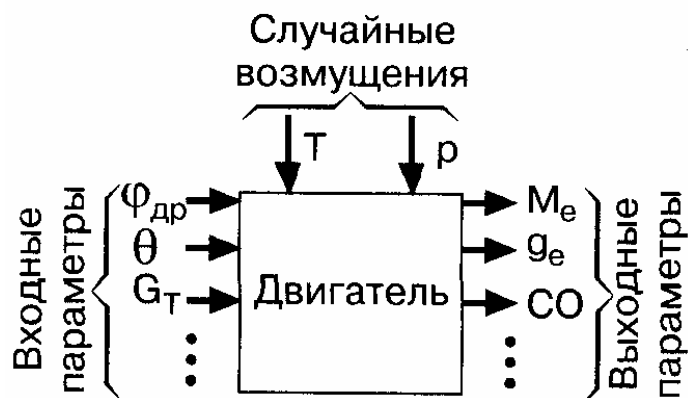


Рис. 3.2. Схема двигателя как объекта автоматического управления

Выходные параметры, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент M_e , показатель топливной экономичности g_e и токсичности отработавших газов (например содержания CO), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К ним можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура T , атмосферное давление p , влажность), свойств топлива и масла и т.д.

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трактов и т.д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций. Естественно, это приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы впрыскивания топлива создаются только на основе управления электронными системами.

С другой стороны, развитие электронных систем управления может стимулировать появление новых конструктивных решений проектируемых двигателей.

3.2. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода

При движении в городских условиях до четверти всего времени двигатель работает в режиме принудительного холостого хода. Это происходит при торможении двигателем, переключении передач, движении автомобиля накатом и т.д. В этих режимах дроссельная заслонка карбюратора закрыта (педаль управления дроссельной заслонкой полностью отпущена), частота вращения коленчатого вала двигателя превышает частоту вращения его самостоятельного холостого хода.

На принудительном холостом ходу коленчатый вал двигателя вращается за счет кинетической энергии автомобиля. Автомобиль движется с включенной передачей и отпущенной педалью управления дроссельной заслонкой, поэтому двигатель расходует топливо, не выполняя полезной работы. В режиме принудительного холостого хода от двигателя не требуется отдача мощности, а сгорание горючей смеси приводит только к загрязнению окружающей среды. В результате быстрого закрытия дроссельной заслонки горючая смесь переобогащается и токсичность отработавших газов увеличивается.

Для снижения расхода топлива, уменьшения токсичности отработавших газов на грузовых и легковых автомобилях применяют электронные системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУЭПХХ), которые предназначены для прекращения подачи топлива в режиме принудительного холостого хода.

В состав САУЭПХХ входит электронный блок управления, электромагнитный клапан и концевой выключатель карбюратора (рис. 3.3, 3.4) (микровыключатель, датчик-винт и т.п.).

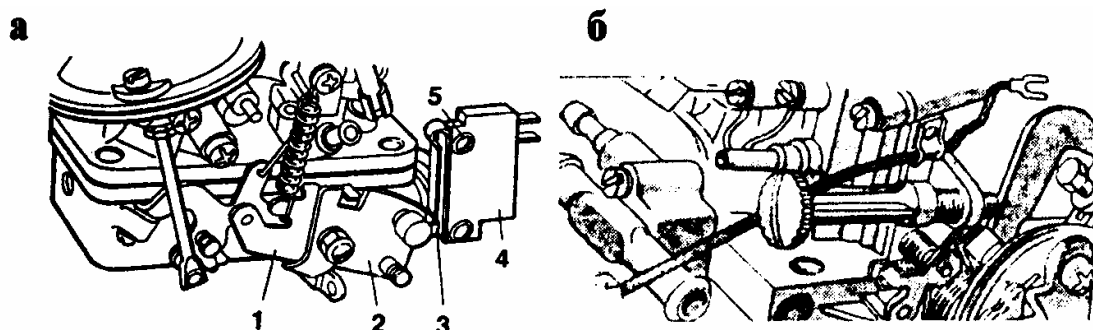


Рис. 3.3. Размещение датчиков положения дроссельной заслонки на карбюраторе:
 а – микровыключатель; б – датчик-винт; 1 – ограничитель хода рычага дроссельных заслонок; 2 – рычаг привода дроссельных заслонок; 3 – рычаг микровыключателя; 4 – микро выключатель; 5 – винт крепления

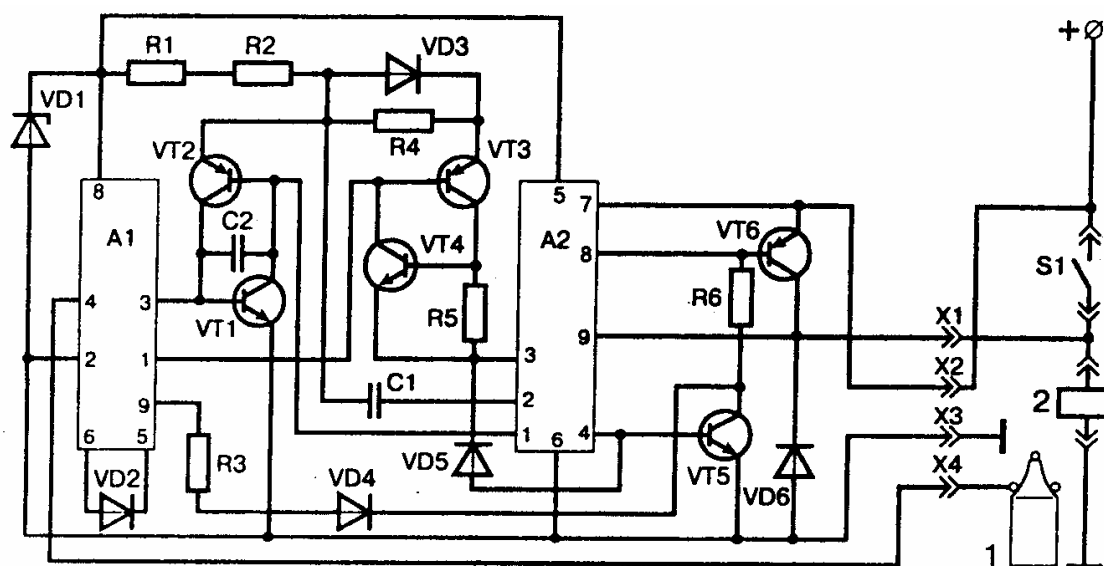


Рис. 3.4. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ25.3761 и схема соединения САУЭПХХ:
 А1 – микросхема К425ЙК2; А2 – микросхема К425НК1;
 С1 – К73-9-100Б – 0,15 мкФ; С2 – К22-5-М470 – 470 пФ;
 R1 – С2-29В – 0,125 Ом; R2 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм;
 R3 – МЛТ-0,125 – 1,6 кОм; R4 – МЛТ-0,125 – 8,2 кОм;
 R5 – МЛТ-0,125 – 100 кОм; R6 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; VD1 -Д814Г1; VD2-VD6-Кf1 – 522 В; VT1, VT5 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ;
 VT4 – КТ3102Б; VT6 – КТ814Г; S1 – микровыключатель (датчик положения дроссельной заслонки); 1 – катушка зажигания; 2 – электропневмоклапан; X1, X2, X3, X4 – выходы блока управления ЭПХХ

Режим принудительного холостого хода отличаются два признака:

- частота вращения коленчатого вала двигателя больше частоты в режиме холостого хода;
- дроссельная заслонка карбюратора закрыта.

В качестве датчиков положения дроссельной заслонки используется микровыключатель (см. рис. 3.3, а) или датчик-винт (см. рис. 3.3, б).

САУЭПХХ работает следующим образом (см. рис. 3.4). Для определения режима принудительного холостого хода служат датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает в блок управления ЭПХХ с катушки зажигания (с первичной обмотки). Датчиком положения дроссельной заслонки является микровыключатель на карбюраторе. Если дроссельная заслонка открыта, контакты микровыключателя замкнуты. При закрытой дроссельной заслонке его контакты разомкнуты.

При возникновении режима принудительного холостого хода (ему у разных двигателей соответствуют различные частоты вращения и закрытия дроссельной заслонки) электронный блок дает управляющий сигнал на закрытие электромагнитного или пневмоэлектромагнитного клапана. При этом подача топлива через систему холостого хода прерывается. После окончания режима принудительного холостого хода, когда происходит открытие дроссельной заслонки и частота вращения вала увеличивается за счет работы главной дозирующей системы карбюратора, при достижении определенной частоты вращения коленчатого вала электронный блок дает управляющий сигнал на электромагнитный клапан. Начинается подача топлива через систему холостого хода карбюратора.

САУЭПХХ грузовых и легковых автомобилей несколько отличаются по алгоритму управления, схеме и конструктивному исполнению. Принципиальные схемы электронных блоков управления ЭПХХ легковых и грузовых автомобилей зависят от закона управления электромагнитным клапаном карбюратора, т.е. соотношения частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки (см. рис. 3.3–3.7).

В блок управления 50.3761 (см. рис. 3.6) входной сигнал с первичной обмотки катушки зажигания подается на вывод 4 микросхемы А1. На выводе 3 микросхемы А1 формируются импульсы постоянной длительности, частота повторения которых соответствует частоте входных сигналов (от прерывателя). На транзисторах *VT1* и *VT2* построен ключ, который во время действия импульса на входе микросхемы А1 разряжает времязадающий конденсатор *C1*. В паузе между импульсами

конденсатор $C1$ заряжается через резисторы $R1$ и $R2$. Максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор $C1$, увеличивается с уменьшением частоты сигнала.

На транзисторах $VT3$ и $VT4$ построен пороговый элемент. Когда напряжение на конденсаторе $C1$ превысит опорное значение, равное примерно 8 В, эти транзисторы открываются.

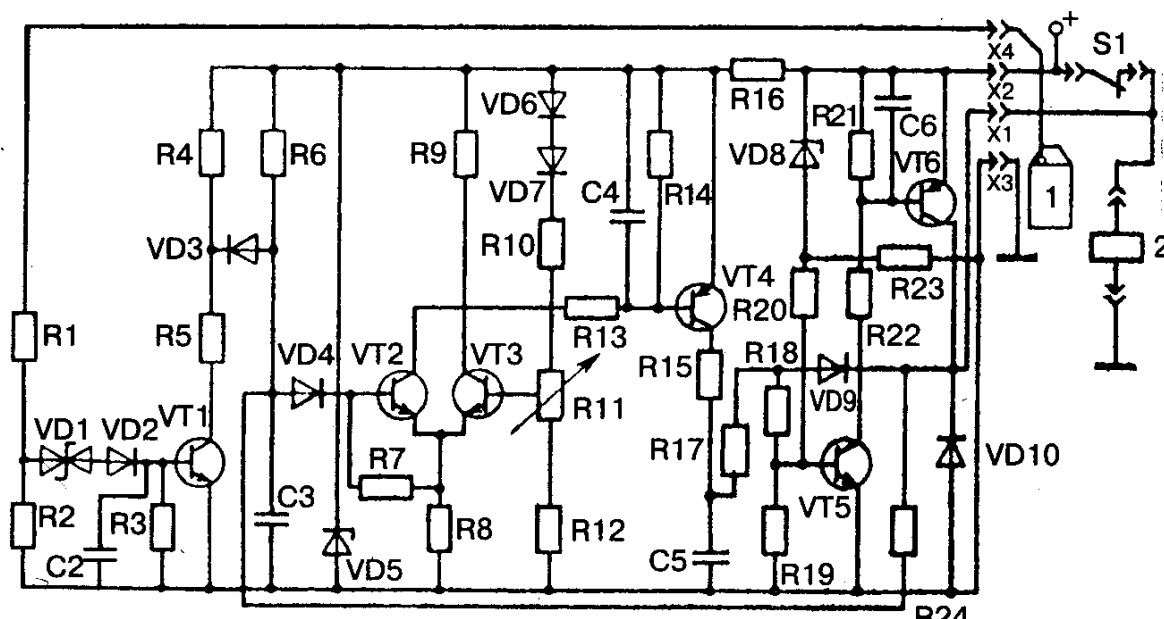


Рис. 3.5. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 1402.3733, 1412.3733, 1422.3733, 1432.3733 и схема соединений САУЭПХХ:
 $R1$ – МЛТ-0,5 – 10 кОм; $R2$ – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 $R3, R4$ – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; $R5$ – МЛТ-0,125 – 510 кОм;
 $R7$ – МЛТ-0,125 – 62 кОм; $R8, R9$ – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 $R10$ – С2-36-0,125 – 3,01 кОм; $R11$ – СПЗ-16а – 1,0 кОм;
 $R12$ – С2-36-0,125 – 4,32 кОм; $R13$ – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 $R14$ – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; $R15$ – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 $R16$ – МЛТ-0,5 – 200 Ом; $R17$ – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 $R18$ – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; $R19$ – МЛТ-0,125 – 10 кОм;
 $R20$ – МЛТ-0,125 – 100 кОм; $R21$ – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 $R22$ – МЛТ-1 – 330 Ом; $R23$ – МЛТ-0,125 – 10 кОм;
 $C2$ – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; $C3$ – К73-11-250В-0,47 мкФ;
 $C4$ – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; $C5$ – К53-14-10В – 15 мкФ;
 $C6$ – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; $VD1$ – КС162А;
 $VD2, VD3, VD4$ – КД103А; $VD5$ – Д814Б; $VD6, VD7$ – КД103А;
 $VD8$ – КС533А; $VD9$ – КД103А; $VD10$ – КД105Б; $VT1-VT3$ – КТ3102Б;
 $VT4$ – КТ3107Б; $VT5$ – КТ3102Б; $VT6$ – КТ814В

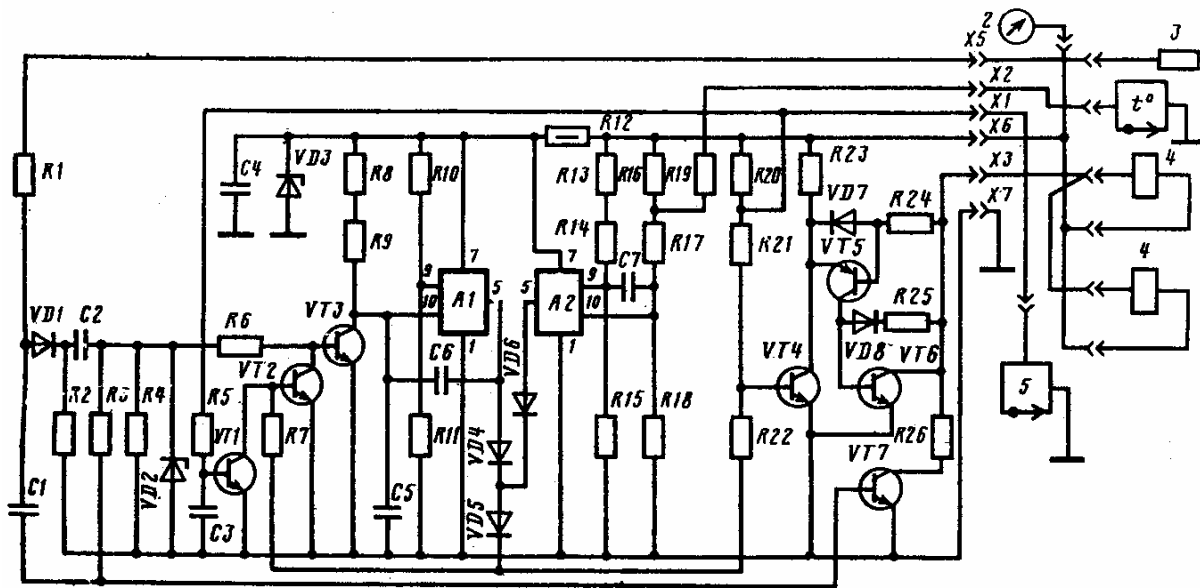


Рис. 3.6. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 50.3761:
 А1 – микросхема К425НК2; А2 – микросхема К425НК1;
 С1 – К73-9-100В – 0,15 мкФ; R1 – С2-29Б – 0,125 Ом;
 R2 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм; R3 – МЛТ-0,125 – 1,6 кОм;
 R4 – МЛТ-0,125 – 8,2 кОм; R5, R10 – МЛТ-0,125 – 100 кОм;
 R6 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; R7, R8 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм;
 R9 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; VD1, VD6 – Д814Г1; VD2-VD5-Кф1522В;
 VD8 – КД522Б; VT1, VTS, VT6, VT7 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ;
 VT4 – КТ3102Б; VTS – КТ814Г; S1 – микровыключатель;
 1 – катушка зажигания; 2 – пневмоклапан;
 X1, X2, X4, X5, X6 – выходы блока управления ЭПХХ

Таким образом, при уменьшении частоты входного сигнала ниже порога включения конденсатор $C1$ успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное значение порогового элемента. При этом транзисторы $VT3$ и $VT4$ открываются и через микросхему $A2$ на базу транзистора $VT6$ подается сигнал, который открывает транзистор $VT6$ и, следовательно, транзистор $VT8$, и на электромагнитный клапан подается напряжение. При соединении штекера $X5$ с «массой» (через контакты датчика положения дроссельной заслонки) входное напряжение на электромагнитном клапане изменяется в зависимости от частоты на входе. При отключении штекера $X5$ от «массы» закрывается транзистор $VT7$, а транзистор $VT5$ открывается. Соответственно открывается выходной транзистор $VT8$. При этом «+» от аккумуляторной батареи постоянно подключен к электромагнитному клапану независимо от частоты входного сигнала.

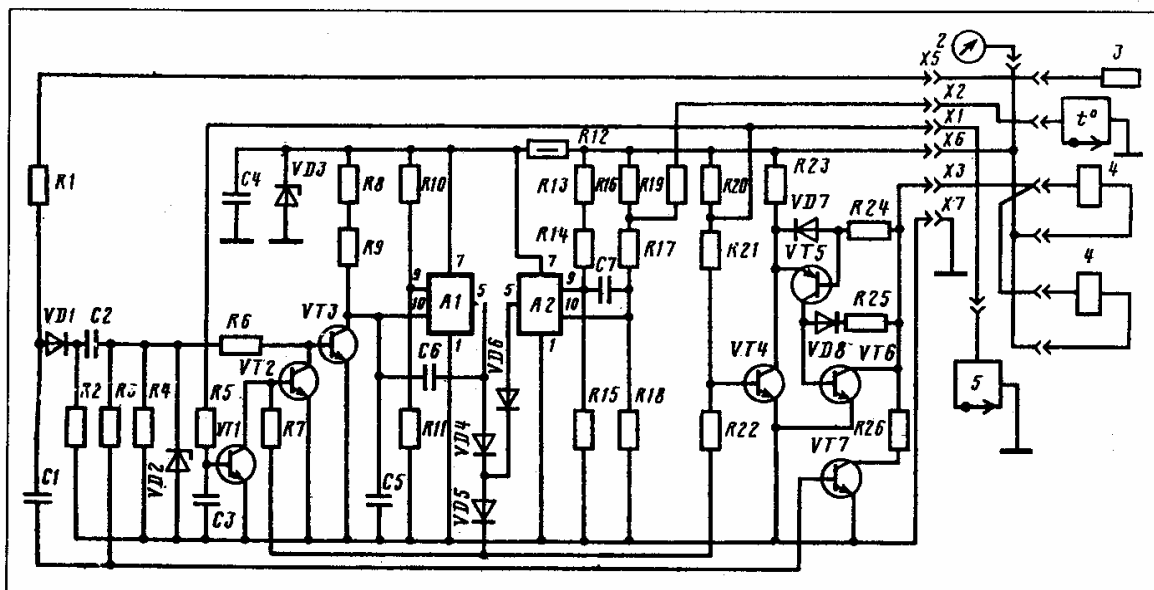


Рис. 3.7. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ автомобилей ЗИЛ:

- A1, A2 – микросхемы К140УД1А; R1, R19, R25 – МЛТ-0,25 – 220 Ом;
 R2, R5, R7, R16, R21, R22 – МЛТ-0,25 – 10 кОм;
 R3, R4, R6, R20, R23 – МЛТ-0,5 – 220 Ом; R13 – МЛТ-0,125 – 82 кОм;
 R14, R24 – МЛТ-0,25 – 2,4 кОм; R15, R17, R18 – МЛТ-0,25 – 51 кОм;
 R26 – МЛТ-0,25 – 30 Ом; C1, C2, C4 – КМ-56-НСО – 0,015 мкФ;
 C5 – К40У-9-200В – 0,15 мкФ; C6 – КД-1-Н70 – 1000 пФ;
 VD1, VD4-VD7 – КД103Д; Ш – КС139Г; VD3 – Д814А; VD8 – КС533А;
 VT1, VT2, VT4 – КТ315Г; VT3 – КТ3102А; VT5 – КТ361Г; VT6 – КТ829А;
 VT7 – КТ503Г; 1 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
 2 – указатель температуры воды; 3 – добавочный резистор;
 4 – электромагнитный клапан ЭПХХ; 5 – датчик положения дроссельных заслонок; X1, X2, X3, X5, X6, X7 – выходы блока управления ЭПХХ

В микропроцессорной системе управления зажигания и ЭПХХ автомобиля ЗИЛ-431410 на вход контроллера 8 (рис. 3.8) поступают сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки, а также от датчика нагрузки контроллера, к которому из смесительной камеры карбюратора подается разрежение. Контроллер на выходе формирует сигнал управления клапанами ЭПХХ.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя более 1100 мин^{-1} , температуре охлаждающей жидкости более $60 \text{ }^\circ\text{C}$, полностью прикрытой дроссельной заслонке (педаль управления дроссельной заслонкой отпущена) или разрежении в смесительной камере карбюратора более 560 мм рт.ст. контроллер включает электромагнитные клапаны, которые перекрывают каналы подачи топлива в систему холостого хода карбюратора (режим торможения двигателем).

При частоте вращения коленчатого вала менее 1000 мин^{-1} , температуре охлаждающей жидкости менее $60 \text{ }^\circ\text{C}$, незакрытой дроссельной заслонке и разрежении в смесительной камере карбюратора менее

520 мм рт.ст. контроллер отключает электромагнитные клапаны и двигатель автоматически возобновляет работу на холостом ходу.

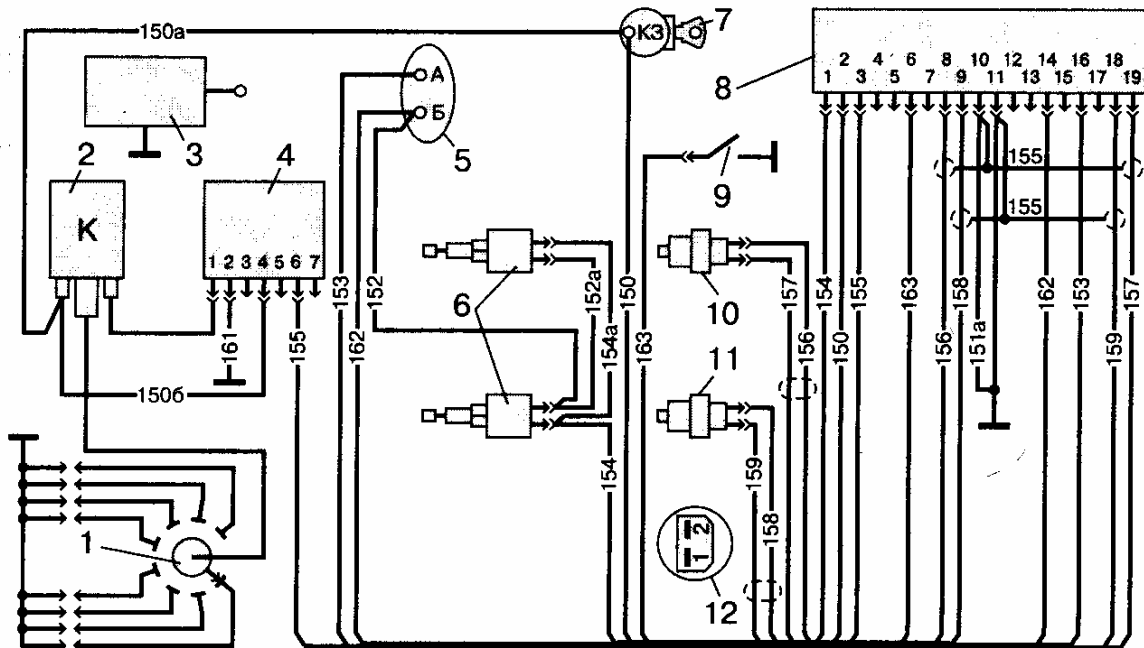


Рис. 3.8. Схема соединений микропроцессорной системы управления зажиганием и ЭПХХ:
 1 – распределитель; 2 – катушка зажигания; 3 – резервное устройство (вибратор); 4 – коммутатор; 5 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 6 – электромагнитные клапаны ЭПХХ; 7 – выключатель зажигания; 8 – контроллер; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – датчик начала отсчета; 11 – датчик угловых импульсов; 12 – вид на разъем датчика угловых импульсов

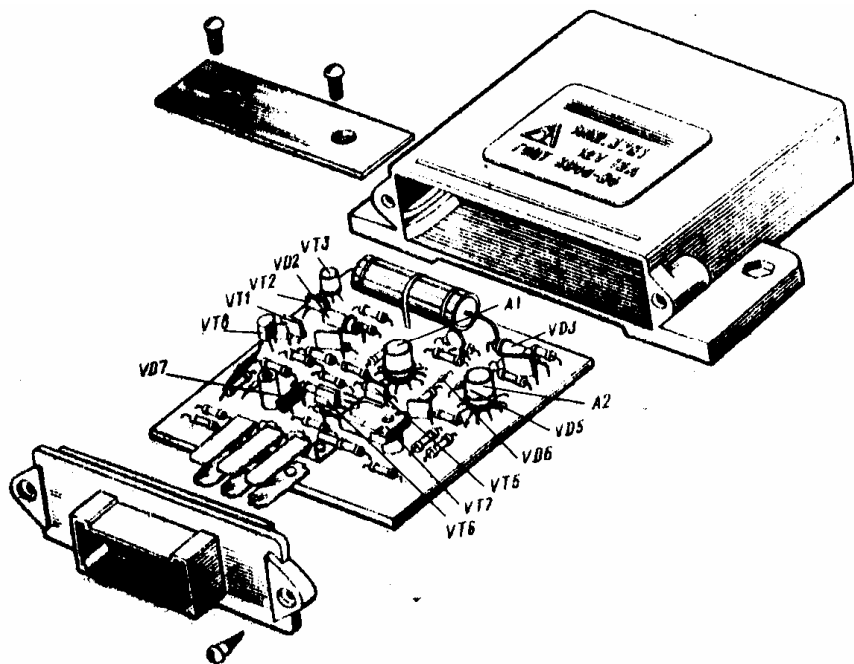


Рис. 3.9. Блок управления 1102.3761

На рис. 3.9 показано устройство блока управления 1102.3761. Монтаж блока управления выполнен на печатной плате, расположенной внутри пластмассового корпуса. Для охлаждения силового транзистора к нему примыкает пластина-теплоотвод. Штекерная колодка выполнена заодно с крышкой блока, имеющей шесть пазов для прохода штекеров.

3.3. Системы подачи топлива с электронным управлением

3.3.1. Карбюраторы с электронным управлением

Типичным примером электронного карбюратора является система «Ecotronic» (рис. 3.10) – устройство, сохраняющее стехиометрический состав рабочей смеси (коэффициент избытка воздуха $X=1$), обеспечивающее оптимальный состав смеси на режимах пуска, прогрева двигателя, отключение подачи топлива на принудительном холостом ходу, а также поддержание заданной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

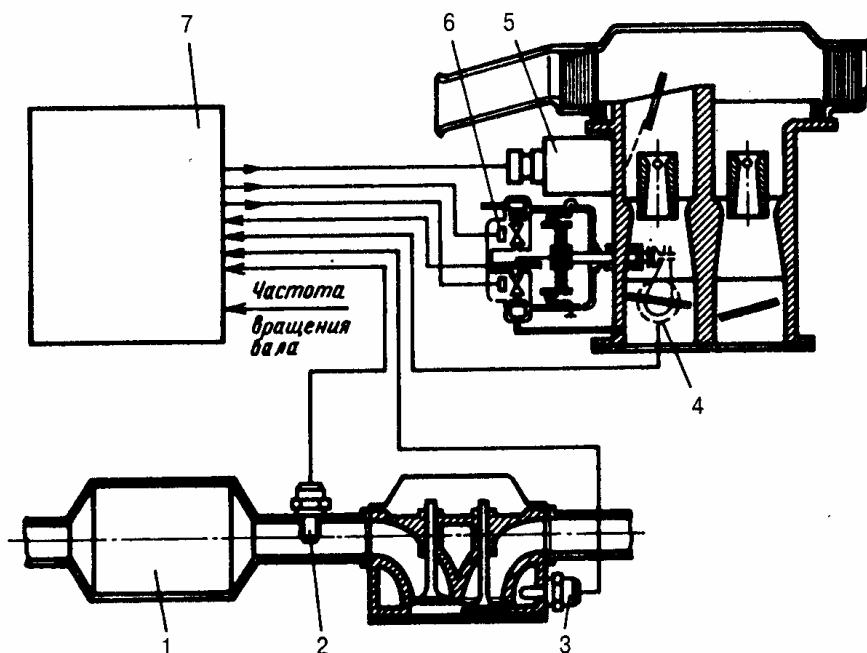


Рис. 3.10. Схема карбюратора с электронным управлением системы «Ecotronic»:

1 – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор; 2 – датчик кислорода; 3,4 – датчики соответственно температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки; 5 – привод воздушной заслонки; 6 – электропневматический привод дроссельной заслонки первичной камеры; 7 – блок управления

Система «Ecotronic» обеспечивает согласованное управление дроссельной и воздушной заслонками. Так, при пуске двигателя установочное устройство приоткрывает дроссельную заслонку на угол $\Phi_{др}$, при котором обеспечивается максимальное значение частоты вращения в режиме холостого хода. Воздушная заслонка закрывается до положения, обеспечивающего холодный пуск двигателя. После пуска двигателя дроссельная заслонка автоматически устанавливается в положение, которое зависит от температуры охлаждающей жидкости. По мере прогрева установочные устройства постепенно закрывают дроссельную заслонку и открывают воздушную.

В режиме принудительного холостого хода дроссельная заслонка закрывается в большей степени по сравнению с нормальным положением при данной температуре охлаждающей жидкости. Образование рабочей смеси прекращается. При появлении нагрузки на двигатель дроссельную заслонку приоткрывают до положения, при котором подача горючей смеси в цилиндры возобновляется. По такому же принципу обеспечивается прекращение подачи горючей смеси при калильном зажигании после выключения зажигания.

Для поддержания стехиометрического состава горючей смеси используется сигнал датчика кислорода (X-зонда), который устанавливается в выпускном трубопроводе. Установочное устройство при этом изменяет положение воздушной заслонки. Воздушная заслонка приоткрывается, если при работе двигателя на обогащенной смеси датчик кислорода фиксирует отсутствие свободного кислорода в отработавших газах двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ), представляющий собой микропроцессор с постоянно запоминающим устройством, имеет устройства ввода информации, синтеза информации и вывода команд управления. Аналоговая информация от датчика положения дроссельной заслонки и датчика кислорода преобразуется в цифровую. Частота вращения коленчатого вала определяется путем преобразования временного интервала между двумя последовательными импульсами системы зажигания. В постоянно запоминающем устройстве записаны данные опорных точек для установочных устройств положения воздушной и дроссельной заслонок, частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости.

После обработки информации выходные сигналы усиливаются и подаются на исполнительные механизмы.

Система «Ecotronic» получает питание от бортовой сети автомобиля.

Применение карбюраторов с электронным управлением позволяет поддерживать оптимальный состав горючей смеси и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя, повысить топливную экономичность и уменьшить содержание токсичных веществ в отработавших газах, повысить надежность системы топливоподачи, а также облегчить техническое обслуживание при эксплуатации. Однако и эта система имеет предел в отношении адаптации к режимам работы двигателя.

3.3.2. Электронные системы впрыскивания топлива

Классификация систем впрыскивания топлива. Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Они позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением оптимизировать процесс смесеобразования. Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания при эксплуатации.

По мере развития систем впрыскивания топлива на автомобили устанавливались механические, электронные, аналоговые и цифровые системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались. Классификация способов впрыскивания топлива и структурная схема показаны на рис. 3.11, 3.12.

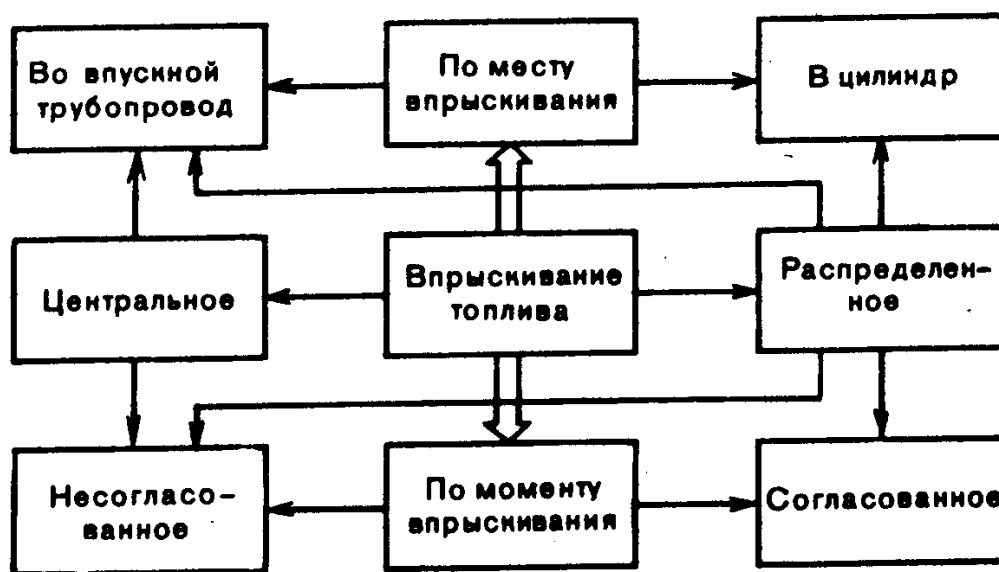


Рис. 3.11. Классификация способов впрыскивания топлива

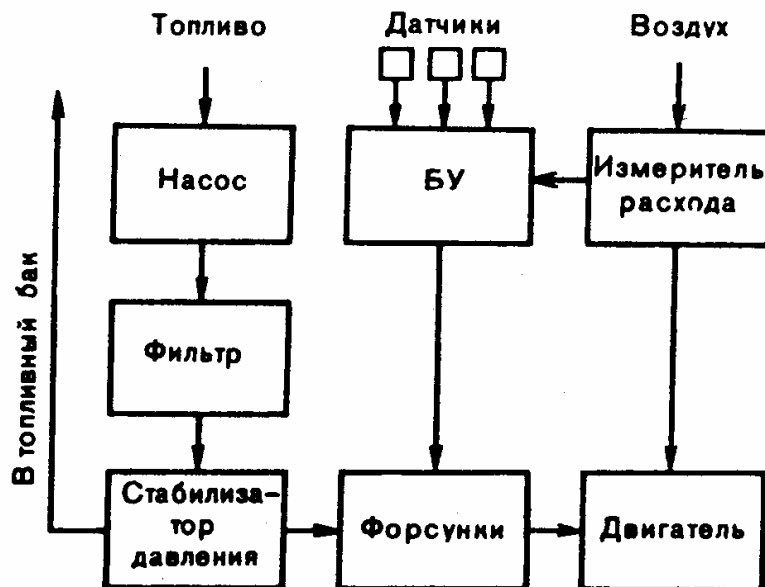


Рис. 3.12. Структурная схема системы впрыскивания с программным управлением

При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска в каждый цилиндр (несогласованное впрыскивание) или каждой форсункой в определенный момент времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованное впрыскивание). Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, расширяются возможности создания различных конструкций впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Идентичность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях. При центральном впрыскивании по сравнению с карбюратором обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива.

Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще системы распределенного впрыскивания.

3.4. Система впрыска "K-JETRONIK" ("К-Джетроник")

Система впрыска "K-JETRONIK" фирмы BOSCH представляет собой механическую систему постоянного впрыска топлива. Топливо под давлением поступает к форсункам, установленным перед впускными клапанами во впускном коллекторе. Форсунка непрерывно распыляет топливо, поступающее под давлением. Давление топлива (расход) зависит от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

Количество подводимого воздуха постоянно измеряется расходомером, а количество впрыскиваемого топлива строго пропорционально (1:14,7) количеству поступающего воздуха (за исключением ряда режимов работы двигателя, таких, как пуск холодного двигателя, работа под полной нагрузкой и т.д.) и регулируется дозатором-распределителем топлива.

Дозатор-распределитель, или регулятор состава и количества рабочей смеси, состоит из регулятора количества топлива и расходомера воздуха. Регулирование количества топлива обеспечивается распределителем, управляемым расходомером воздуха и регулятором управляющего давления. В свою очередь воздействие регулятора управляющего давления определяется величиной подводимого к нему разрежения во впускном трубопроводе и температурой жидкости системы охлаждения двигателя.

Топливный насос 2 (см. рис. 3.13), 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 11 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 измеряет, в буквальном смысле слова, расход воздуха, просто его напорный диск перемещается "пропорционально" расходу воздуха. А само название "расходомер" объясняется тем, что в этом устройстве был использован принцип действия физического прибора, называемого трубкой Вентури и применяемого для замера расхода газов.

Расходомер воздуха системы впрыска топлива представляет собой прецизионный механизм. Его напорный диск очень легкий (толщина примерно 1 мм, диаметр — 100 мм), крепится к рычагу; с другой стороны рычага (см. рис. 3.13) установлен балансир, уравнивающий 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.

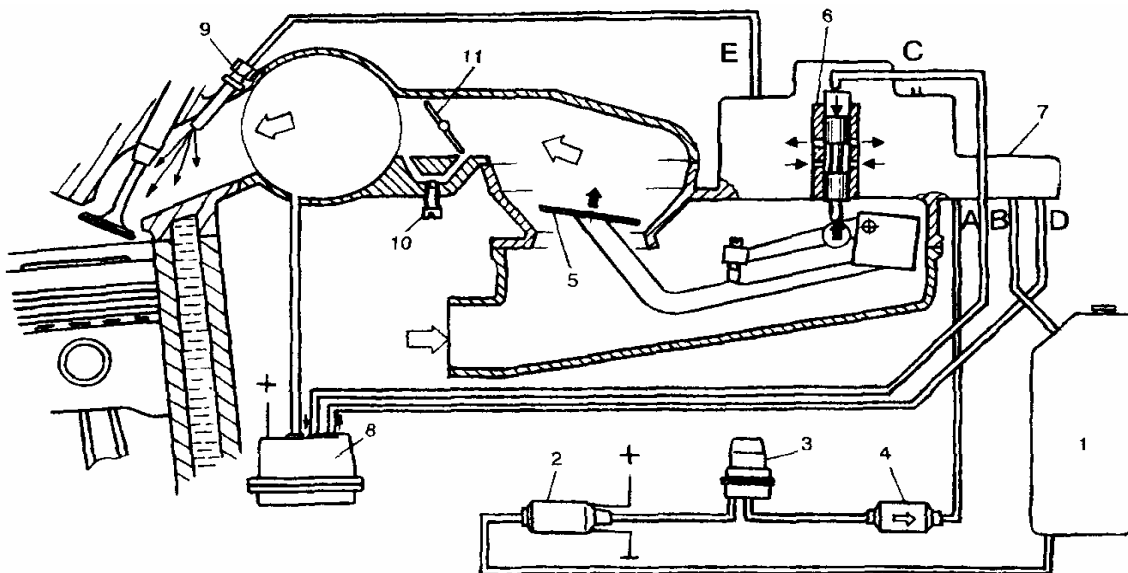


Рис. 3.13. Схема главной дозирующей системы и системы холостого хода системы впрыска "K-JETRONIK":

- 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 — 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

На оси вращения рычага напорного диска 5 закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя. Наличие второго рычага с регулировочным винтом позволяет менять относительное положение рычагов, а значит, напорного диска и упорного ролика (плунжера распреде-

лителя) и этим изменять состав рабочей смеси. Положение винта регулируется на заводе-изготовителе. На некоторых автомобилях, например BMW-5201, -5251, -5281, -5351, при необходимости, этим винтом можно отрегулировать содержание СО в отработавших газах (при его завинчивании смесь обедняется).

Механическая система: расходомер воздуха — дозатор-распределитель обеспечивает только соответствие перемещений напорного диска и плунжера распределителя. Но если трубка Вентури обеспечивает линейную зависимость перемещения напорного диска от расхода воздуха, то простейший по форме плунжера распределитель линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом бензина уже не дает. Для получения линейной зависимости применяется система дифференциальных клапанов, о них речь ниже.

Из дозатора-распределителя топливо по каналам "Е" поступает к форсункам впрыска 9 (см. рис. 3.13). Иногда вместо слова форсунка (от *Force* — франц. сила) применяется слово инжектор (лат. *Injicere* — бросать внутрь).

Итак, перемещение напорного диска вызывает перемещение плунжера распределителя. Направления перемещений на рис. 3.13 показаны стрелками. Взаимосвязь перемещений и упомянутые выше дифференциальные клапаны обеспечивают стехиометрическое соотношение воздуха и бензина в рабочей смеси. Но, напомним еще раз, характерной особенностью автомобильного двигателя является то, что он должен быть приспособлен к различным режимам: холодный пуск, холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка. Приходится при соответствующих режимах смесь обогащать или обеднять.

Для получения соответствия состава рабочей смеси режиму работы двигателя в системе впрыска со стороны верхней части плунжера в распределитель подходит по каналу "С" управляющее давление. Величина последнего определяется регулятором управляющего давления 8. Это давление в зависимости от режима работы двигателя имеет большую или меньшую величину. 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 (рис. 3.14). 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 (см. рис. 3.14).

Бензиновый электрический насос 2 (см. рис. 3.13) работает независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Он включается при двух условиях: если включено зажигание и вращается коленчатый вал. Если учесть, что насос имеет запасы: по давлению – двукратный, по подаче – десятикратный, то понятно, что система впрыска должна иметь регулятор давления питания. Регулятор 7 встроен в дозатор-распределитель, соединен с каналом "А" (подвод топлива). По каналу В осуществляется слив излишнего топлива в бак, причем канал D – соединен с регулятором управляющего давления 8.

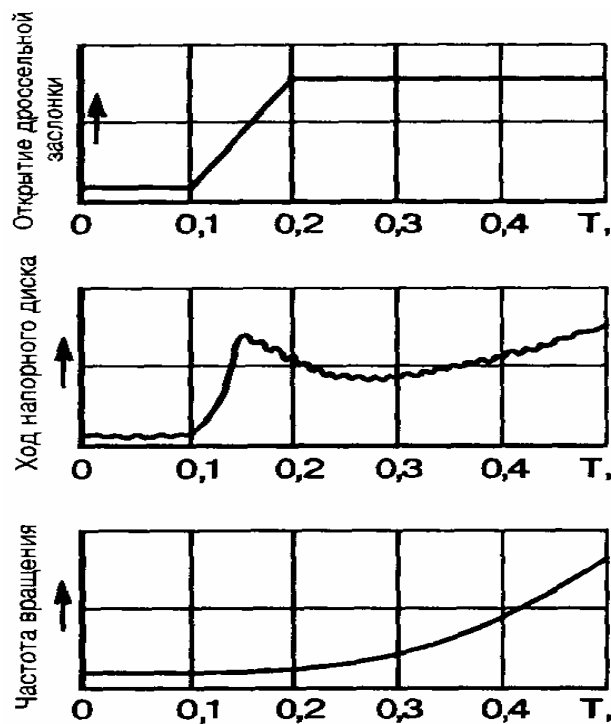


Рис. 3.14. Взаимосвязь открытия дроссельной заслонки перемещения напорного диска с увеличением частоты вращения коленчатого вала (система "K-JETRONIK ")

Холостой ход карбюраторных двигателей регулируется двумя винтами: количества и качества смеси. Система питания с впрыском топлива также имеет два винта: качества (состава) рабочей смеси: этим винтом регулируется содержание CO в отработавших газах, и количества смеси: этим винтом 10 устанавливается частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

При пуске двигателя электронасос 2 (рис. 3.15), практически мгновенно создает давление в системе. Если двигатель прогрет (температура не менее 35 °С), термореле 12 выключает пусковую форсунку 11 с электромагнитным управлением. В момент пуска холодного двигате-

ля и в течение определенного времени пусковая форсунка впрыскивает во впускной коллектор дополнительное количество топлива.

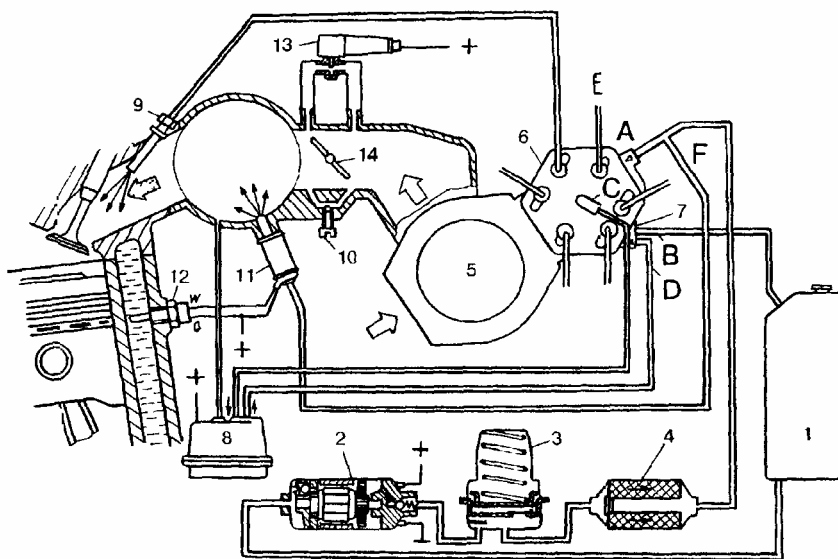


Рис. 3.15. Схема системы впрыска топлива "K-JETRONIK":
 1 — топливный бак; 2 — электронасос; 3 — накопитель топлива;
 4 — топливный фильтр; 5 — расходомер воздуха; 6 — дозатор-распределитель; 7 — регулятор давления питания; 8 — регулятор управляющего давления; 9 — форсунка впрыска; 10 — регулировочный 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; Е — подвод топлива к рабочим форсункам; F — подвод топлива к пусковой форсунке с электромагнитным управлением

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. Дополнительное обогащение топливовоздушной смеси при пуске и прогреве холодного двигателя достигается за счет более свободного подъема плунжера распределителя дозатора-распределителя благодаря тому, что регулятор управляющего давления 8 снижает над плунжером противодействующее давление возврата. Таким образом, если двигатель уже прогрет, питание осуществляется только через главную дозирующую систему и систему холостого хода. При этом термореле 12 (см. рис. 3.15), пусковая электромагнитная форсунка 11 и клапан добавочного воздуха 13 в работе не участвуют.

При пуске и прогреве холодного двигателя все перечисленные элементы системы впрыска включаются в работу, обеспечивая надежный запуск и стабильную работу двигателя на холостом ходу.

Первый вспомогательный элемент системы — топливный бак 1 (см. рис. 3.13; 3.15). В связи с широким использованием каталитических нейтрализаторов отработавших газов и необходимостью в этом случае защитить топливный бак от заправки его этилированным бензином, изменен сам способ заправки. При этом существенно уменьшен диаметр горловины бака, что делает непосредственную заправку автомобиля (не в канистру) на наших АЗС иногда просто невозможной.

Топливный электронасос 2 — ротационного роликового типа, одно- или многосекционный. Примерные размеры деталей насоса, мм: ротор — $\varnothing 30$; статор — $\varnothing 32$; эксцентриситет — 1; ролики: $\varnothing 5,5$; длина — 6.

Роликовый насос отличается от ротационного лопастного тем, что вместо лопастей в пазы ротора вставлены ролики. Это обусловлено стремлением заменить скольжение лопастей по статору качением. Для бензонасоса это особенно важно в связи с отсутствием у бензина смазывающей способности.

На входе бензонасоса предусмотрена фильтрующая сетка. Она предназначена для задержания сравнительно крупных посторонних частиц. Замечено, что при использовании обычного отечественного бензина насос изнашивается за 6—8 месяцев, максимум работает нормально в течение года эксплуатации автомобиля. В связи с этим можно рекомендовать установку перед бензонасосом топливного фильтра от дизельных грузовых автомобилей.

Топливный насос может располагаться как вне бака, так и непосредственно быть погруженным в бензин в баке. По внешней форме насос напоминает катушку зажигания и представляет собой объединенный агрегат-электродвигатель постоянного тока и собственно насос. Особенностью этой конструкции является то, что бензин омывает все "внутренности" электродвигателя: якорь, коллектор, щетки, статор.

Насос имеет два клапана: предохранительный (см. рис. 3.15, слева), соединяющий полости нагнетания и всасывания, и обратный (см. рис. 3.13, справа). Обратный клапан препятствует сливу топлива из системы. Конструктивно обратный клапан и демпфирующий дроссель (нем. *Dampfer* — гаситель; *Drossel* — уменьшающий проходное сечение) встроены в штуцер топливного насоса (рис. 3.16). Демпфер немного сглаживает резкое нарастание давления в системе при пуске топливного насоса. При выключении насоса он снижает давление в системе только до значения, при котором происходит закрытие клапанных форсунок.

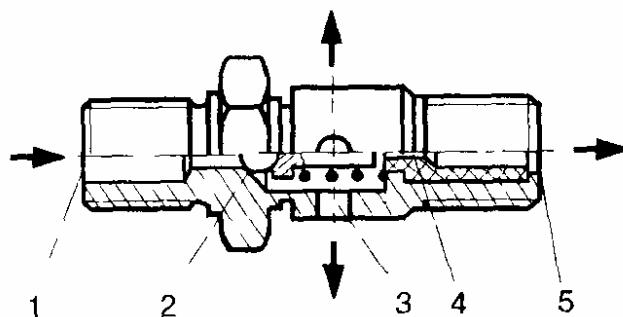


Рис. 3.16. Штуцер топливного насоса:
 1 — подвод бензина от насоса; 2 — обратный клапан;
 3 — подача топлива в систему (накопитель; фильтр; канал А дозатора-распределителя); 4 — демпфирующий дроссель (демпфер);
 5 — отвод в магистраль слива топлива в бак

Давление, развиваемое насосом или давление в системе, как уже отмечалось, около 5 кгс/см^2 . Диапазоны изменения давления на различных автомобилях, кгс/см^2 : 4,5–5,2; 4,7–5,4; 5,3–5,7; 5,4–6,2. Производительность насосов при 20°C и 12 В порядка 1,7–2,0 л/мин. Рабочее напряжение 7–15 В, максимальное значение силы тока 4,7–9,5 А.

Накопитель топлива 3 (см. рис. 3.15) 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).

Накопитель устанавливается в системе за топливным насосом. Он имеет три полости: верхнюю, где размещена пружина, среднюю — накопительную (объемом 20–40 см^3) и нижнюю с двумя каналами: подводящим и отводящим или с одним каналом, выполняющим обе функции. Накопительная и пружинная полости разделены гибкой диафрагмой, а накопительная и нижняя — перегородкой.

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, в связи с тем, что бензин (как и всякая жидкость) практически несжимаем, малейшие утечки (обратный клапан в насосе, распределитель) приводят к значительному падению давления в системе. Вот здесь и вступает в работу накопитель.

Пружина, воздействуя на диафрагму, вытесняет бензин из накопительной полости через дросселирующее отверстие в перегородке (на рис. 3.15 в перегородке слева — дросселирующее отверстие, справа — пластинчатый клапан).

При рабочем давлении в системе 5,4–6,2 кгс/см^2 остаточное давление спустя 10 мин после остановки двигателя равно не менее 3,4 кгс/см^2 , спустя 20 мин — 3,3 кгс/см^2 . Соответственно, при рабочем давлении в

системе в пределах $4,7-5,2 \text{ кгс/см}^2$ через 10 мин — $1,8-2,6 \text{ кгс/см}^2$, через 20 мин — $1,6 \text{ кгс/см}^2$.

Топливный фильтр 4 (см. рис. 3.15), как видно из схемы, стоит за насосом и поэтому бензонасос от посторонних частиц в бензине не защищает; фильтр по объему в несколько раз превышает обычно применяемые фильтры тонкой очистки бензина и похож на масляный фильтр. При нормальном бензине срок службы фильтра составляет 50 тыс. км. В системах впрыска топлива чистоте бензина уделяется особое внимание: кроме рассмотренного фильтра и сетки в насосе есть еще сетки на гильзе распределителя 6, в штуцерах каналов Е. Выпадению посторонних частиц из бензина способствует и конфигурация каналов в дозаторе-распределителе.

Дозатор-распределитель (рис. 3.17) дозирует и распределяет топливо, поступившее через фильтр от насоса к каналу А, по форсункам (инжекторам) цилиндров — в каналы Е. Перемещение плунжера распределителя происходит в соответствии с перемещениями напорного диска расходомера воздуха. Напомним, что, в свою очередь, напорный диск перемещается в соответствии с расходом воздуха или с открытием дроссельной заслонки.

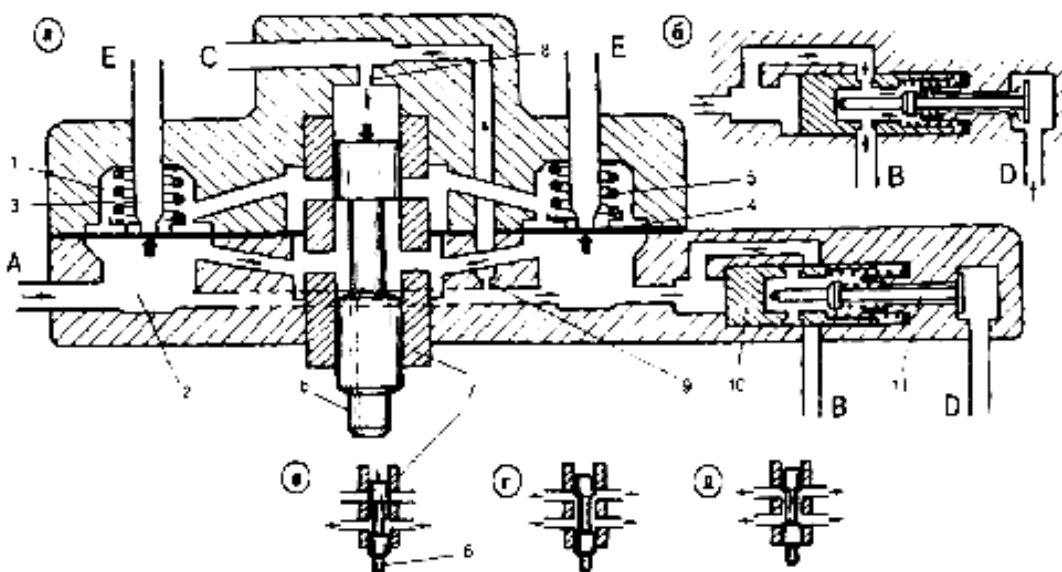


Рис. 3.17. Схема дозатора-распределителя

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. Гильза вставляется в корпус с большим зазором, а уплотнение обеспечивается резиновым кольцом, установленным в канавке гильзы.

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.

Само название клапанов — дифференциальные — объясняется следующим. Дифференциал от лат. *differentia* — разность, перепад, разделение. Дифференциальный клапан 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 опирается на корпус, внизу — на специальное седло и диафрагму.

При поступлении топлива в верхнюю камеру (см. рис. 3.17) 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. Приспособляемость к этим режимам "по воздуху" предусмотрена в расходомере (рис. 3.18, а), благодаря форме и сечению направляющего устройства. В дозаторе-распределителе предусмотрено приспособление "по бензину".

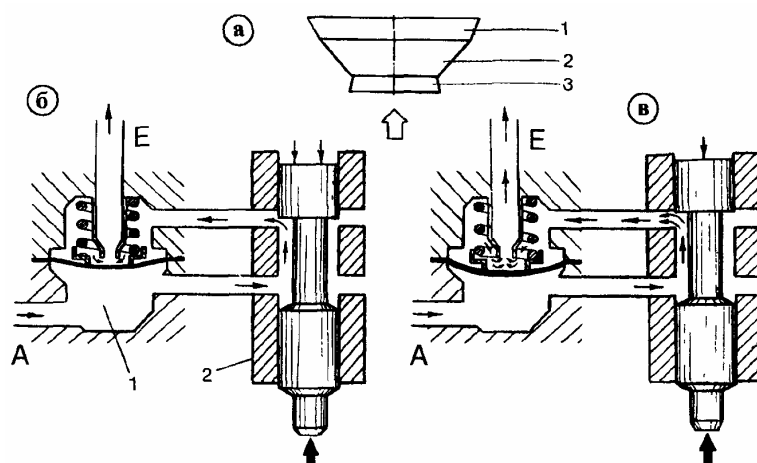


Рис. 3.18. Схема регулирования состава рабочей смеси:
 а — направляющее устройство с зонами перемещения напорного диска:
 1 — максимальная нагрузка; 2 — частичные нагрузки; 3 — холостой ход;
 б — малая доза впрыска; в — большая доза впрыска;
 1 — дифференциальный клапан; 2 — распределитель.
 Каналы: А — подвод питания от насоса,
 Е — подача топлива к форсункам

Чем больше управляющее давление, тем больше усилие, препятствующее подъему плунжера, соответственно, с уменьшением управляющего давления уменьшается и сила, препятствующая подъему.

Постоянное по величине давление топлива в системе поддерживает регулятор давления. В случае повышения давления поршень 10 (см. рис. 3.17 а, б), сжимая пружину, перемещается вправо и позволяет излишку топлива через канал "Е" возвратиться в бак. Давление топлива в системе уравнивается пружиной поршня 10 и остается постоянным.

При остановке двигателя топливный насос выключается. Давление системы быстро снижается и становится ниже величины давления открытия клапанной форсунки, сливное отверстие закрывается с помощью подпружиненного поршня регулятора давления.

В регулятор давления встроены толчковый клапан 11. Этот клапан приводится в движение поршнем регулятора давления (открывается). Толчковый клапан работает совместно с регулятором управляющего давления. Конструкция регулятора давления питания показана на рис. 3.19.

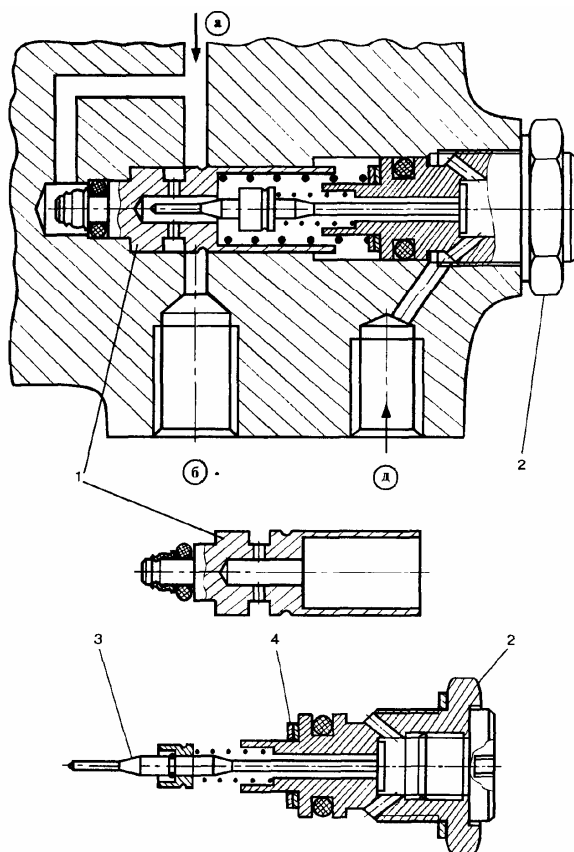


Рис. 3.19. Регулятор давления питания:
 1 — поршень регулятора давления; 2 — толчковый клапан в сборе с корпусом; 3 — толчковый клапан; 4 — регулировочные шайбы.
 Каналы: а — подвод топлива (нижние полости дифференциальных клапанов); б — слив топлива в бак; д — канал толчкового клапана регулятора управляющего давления

Регулятор управляющего давления (рис. 3.20) изменяет давление в основном при режимах холодного пуска, прогрева, на холостом ходу и при 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.

Биметаллическая пластинчатая пружина 6 при температуре до 35—40 °С прогибает диафрагму 5 вниз, соединяя два канала, расположенных 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 прогреве двигателя. График изменения управляющего давления при прогреве показан на рис. 3.20, б. На рис. 3.20, а показана работа регулятора в этом же режиме.

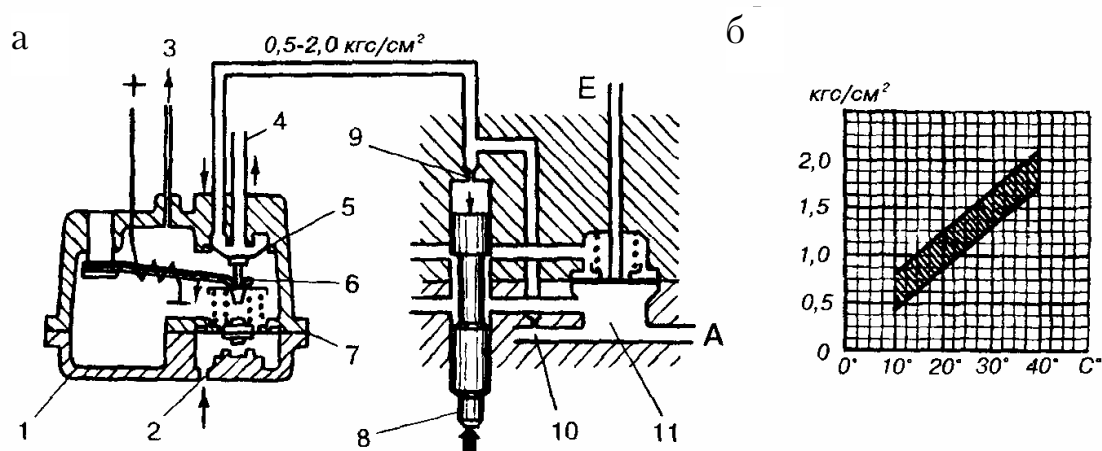


Рис. 3.20. Схема регулирования состава рабочей смеси:

а — прогрев двигателя на холостом ходу:

- 1 — регулятор управляющего давления; 2 — атмосферное давление;
 - 3 — вакуум; 4 — к каналу В 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;
- б — график изменения управляющего давления (заштрихован допустимый диапазон), проверка при неработающем двигателе

Пружина 6 прогибает верхнюю диафрагму 5 вниз, клапан открывается и соединяет два канала. По мере прогрева двигатель управляющее давление увеличивается (рис. 3.21, б), так как биметаллическая пружина 6 начинает постепенно выгибаться вверх, разгружая цилиндрические пружины и уменьшая прогиб диафрагмы 5 вниз. При температуре около 35–40 °С пружина 6 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 (рис. 3.20, а; 3.21, а), при этом внутренняя цилиндрическая пружина сжимается.

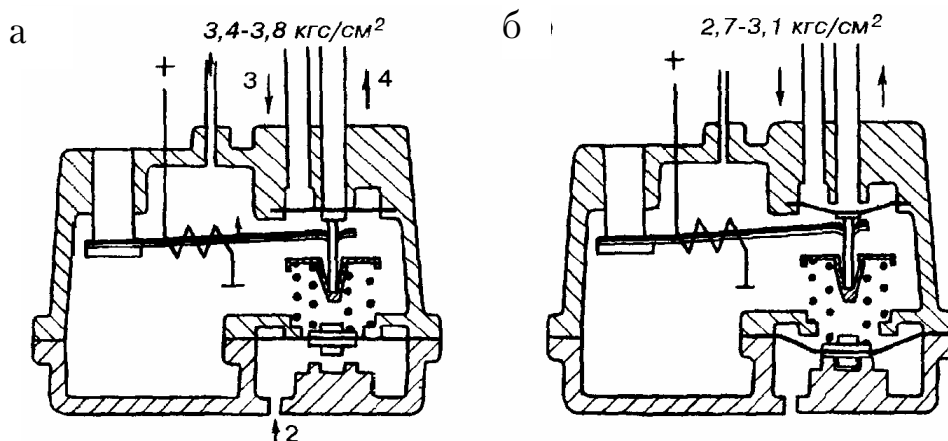


Рис. 3.21. Схема регулирования состава рабочей смеси:

- а — двигатель прогрет, частичные нагрузки (управляющее давление 3,4–3,8 кгс/см² проверяется на холостом ходу);
- б — двигатель прогрет, полная нагрузка (управляющее давление 2,7–3,1 кгс/см² проверяется при неработающем двигателе)

При работе прогретого двигателя при частичных нагрузках (обычный режим) пластинчатая биметаллическая пружина выгибается вверх (см. рис. 3.21, а) 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 (см. рис. 3.20, а) в кольцевой

канал над диафрагмой. Усилием двух сжатых пружин определяется максимальная величина управляющего давления (см. рис. 3.21, а).

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 (см. рис. 3.21, б), благодаря чему усилие внутренней цилиндрической пружины резко снижается. Под действием давления верхняя диафрагма прогибается вниз, в результате управляющее давление понижается и рабочая смесь обогащается.

Для обеспечения пуска и прогрева двигателя в системе впрыска "K-JETRONIK" предусмотрены электромагнитная пусковая форсунка, термореле, клапан дополнительной подачи воздуха и регулятор управляющего давления (корректор подогрева см. на рис. 3.13).

Пусковая форсунка предназначена для впрыска во впускной коллектор дополнительного количества топлива в момент запуска холодного двигателя. Она работает совместно с термореле (тепловым реле времени), которое управляет ее электрической цепью в зависимости от температуры двигателя и продолжительности его запуска (электрическая схема рассмотрена ниже).

Примерные данные пусковых форсунок:

- производительность при 4,5 кгс/см² 85±20 см³/мин;
- рабочее напряжение 7...15 В;
- мощность потребляемая 37 Вт;
- угол конуса распыления топлива 80°.

Продолжительность впрыска:

- при –20 °С не более 7,5 с;
- при +20 °С 2 с;
- при 0 °С не более 5 с;
- при +35 °С 0 с.

Термореле (см рис. 3.15 и рис. 3.22) имеет нормально замкнутые контакты, один из них соединен с "массой" другой установлен на биметаллической пластине. Электрический подогрев пластины осуществляется через клемму "50" (реле стартера) выключателя зажигания или через реле пуска холодного двигателя — послестартового реле. В первом случае подогрев действует только при включении стартера, во втором более длительно. При замкнутых контактах термореле идет питание пусковой форсунки с электромагнитным управлением или, другими словами, при замкнутых контактах термореле пусковая форсунка открыта и осуществляется впрыск добавочного топлива.

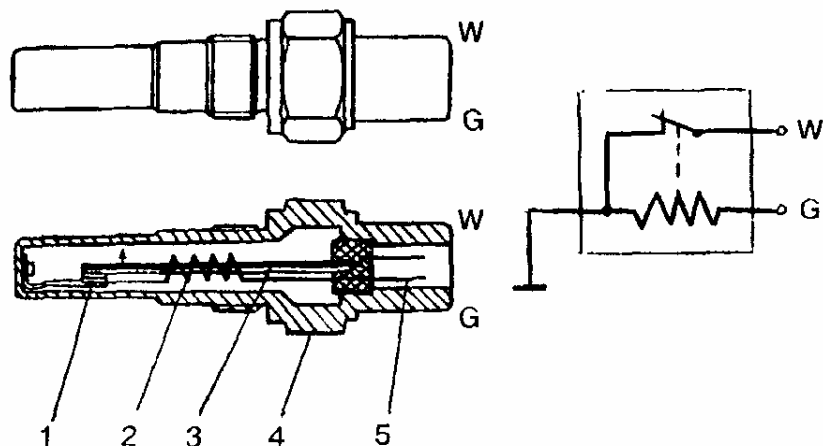


Рис. 3.22. Термореле:
 1 — контакты; 2 — электрическая спираль; 3 — биметаллическая пластина;
 4 — корпус; 5 — штекер

Время впрыска топлива пусковой форсункой в зависимости от температуры двигателя (охлаждающей жидкости) составляет 1–8 с. За это время биметаллическая пластина из-за электрического подогрева деформируется настолько, что контакты термореле размыкаются, электропитание пусковой форсунки прекращается и дальнейшего обогащения смеси больше не происходит.

При теплом двигателе контакты термореле разомкнуты из-за положения биметаллической пластины и при пуске двигателя соответственно не включаются ее подогрев и пусковая форсунка. Питание при пуске осуществляется рабочими форсунками.

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. 3.23). При холодном двигателе диафрагма 1 клапана, удерживается биметаллической пластиной в верхнем положении, клапан открыт и воздух поступает в обход дроссельной заслонки.

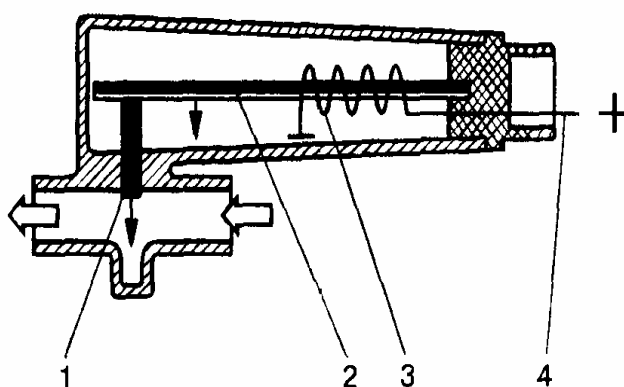


Рис. 3.23. Клапан добавочного воздуха:
 1 — диафрагма; 2 — биметаллическая пластина;
 3 — электрическая спираль; 4 — штекер

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 включает в работу регулятор управляющего давления, рассмотренный выше. Биметаллическая пластина регулятора сжимает пружину диафрагменного клапана, открывая канал слива топлива, что приводит к уменьшению противодействия в плунжере распределителя. Уменьшение управляющего давления при неизменном расходе воздуха вызывает увеличение хода напорного диска. Вследствие этого распределительный плунжер дополнительно приподнимается, увеличивая количество топлива, подаваемого к форсункам.

Форсунки впрыска открываются автоматически под давлением и не осуществляют дозирование топлива (рис. 3.24). Угол конуса распыливания топлива примерно 35° (у пусковой форсунки 80°).

Форсунки, выпускаемые, например, фирмой BOSCH, чрезвычайно разнообразны; "свои" форсунки разработаны для каждой модели автомобиля и двигателя; кроме того, конструкция форсунок постоянно совершенствуется. Таким образом, каждая форсунка предназначена только для конкретного автомобиля и двигателя определенных лет выпуска.

Наиболее часто встречающиеся диапазоны давления открытия форсунок (начало впрыска), кгс/см²: 2,7–3,8; 3,0–4,1; 3,2–3,7; 4,3–4,6; 4,5–5,2.

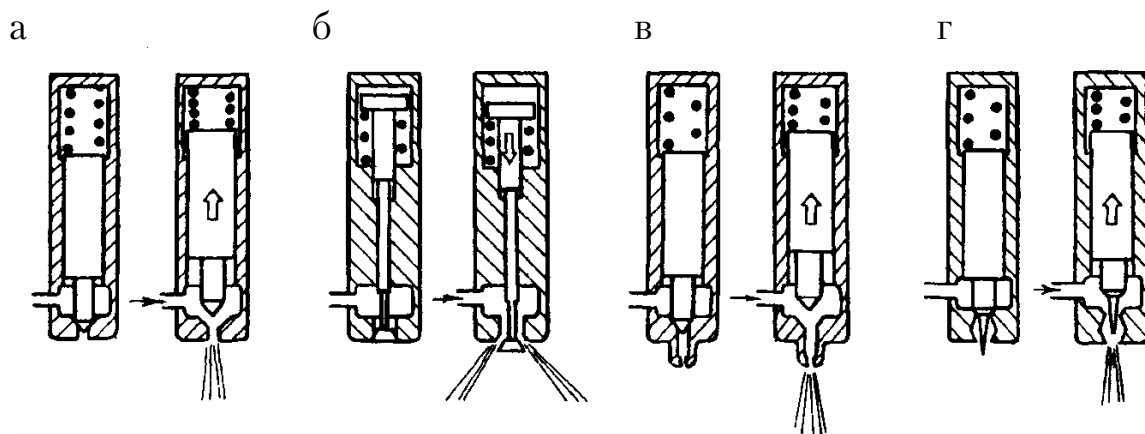


Рис. 3.24. Форсунки (инжекторы) впрыска топлива:
а; б — клапанные; в — закрытая; г — штифтовая

Отдельные фирмы указывают давление начала впрыска для новых и приработавшихся форсунок. Так, для автомобилей "Mercedes Benz-190" при диапазоне давлений начала впрыска новых форсунок, кгс/см²: 3,5–4,1 и 3,7–4,3 давление начала впрыска приработавшихся форсунок соответственно 3,0 (не менее) и 3,2. Для автомобилей "Mercedes Benz-200, -230, -260, -300" серии W-124 соответствующие значения будут (3,7–4,3) – 3,2; (4,3–4,6) – 3,7.

У части автомобилей, например, "Audi-100" (5 цилиндров) для данной мощности двигателей, кВт (л.с.), 74–98 (100–138) указывается производительность форсунок: в режиме холостого хода 25–30 см³/мин, при режиме полной нагрузки 80 см³/мин.

Важным показателем форсунки впрыска является давление, соответствующее закрытому состоянию форсунок, например, на автомобиле с диапазоном начала открытия форсунок 4,5–5,2 кгс/см² давление, соответствующее закрытому состоянию (давление слива), установлено в 2,5 кгс/см². Для контроля давления слива необходимо установить давление 2,5 кгс/см² и подсчитать число капель топлива, появившихся из распылителя форсунки за 1 мин. Как правило, допускается только одна капля. При недостаточной чистоте бензина давление слива резко падает, что, в свою очередь, может затруднить пуск (особенно горячего двигателя).

Иногда клапанные форсунки впрыска могут быть оснащены дополнительным подводом воздуха. Воздух забирается перед дроссельной заслонкой (давление здесь выше, чем у форсунки) и по специальному каналу подается в держатель каждой форсунки. Эта система способствует улучшению смесеобразования на холостом ходу, так как смешение бензина с воздухом начинается уже в держателе форсунки. Лучшее смесеобразование обеспечивает лучшее сгорание и соответственно меньший расход топлива и снижение токсичности отработавших газов.

Форсунки во впускной коллектор могут ввинчиваться или запрессовываться. В последнем случае при их демонтаже требуется довольно значительное усилие. Лучше выпрессовывать форсунки при нагревом до 80 °С коллекторе.

Давление в системе питания создается электрическим насосом. Последний начинает работать при включенном зажигании только в том случае, если вращается коленчатый вал двигателя.

Большинство элементов системы "K-JETRONIK" имеют питание от управляющего реле, и только пусковая электромагнитная форсунка с термореле подключены к клемме "50" выключателя зажигания (рис. 3.25). Другими словами, пусковая форсунка и термореле могут быть включены только во время работы стартера.

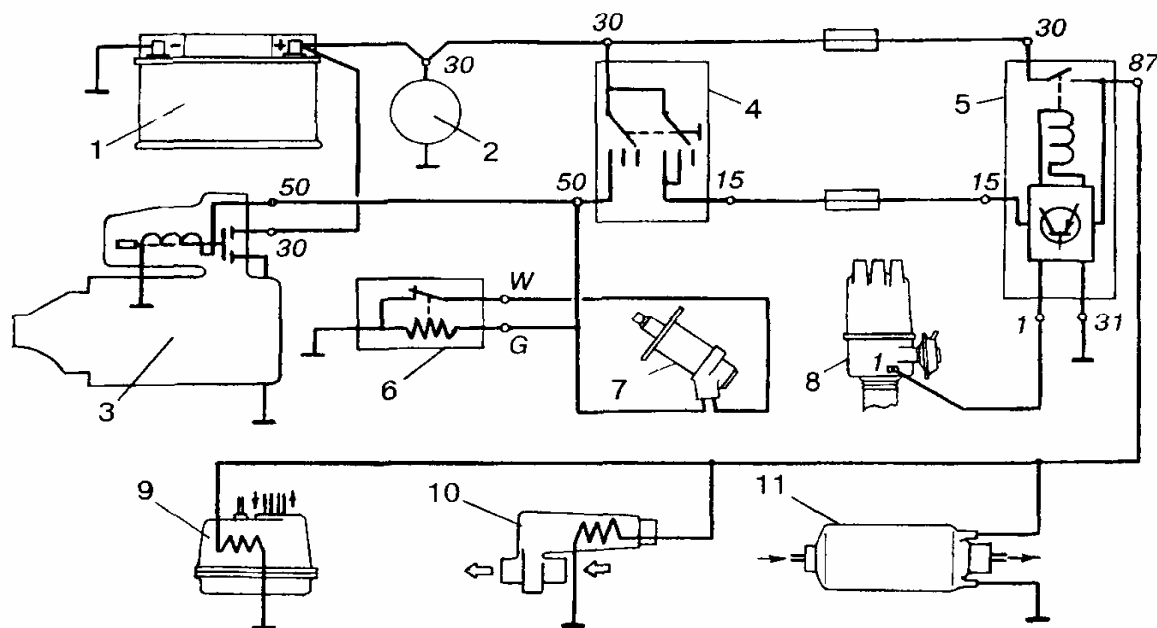


Рис. 3.25. Электросхема системы "K-JETRONIK" без послестартового реле:

- 1 — аккумуляторная батарея; 2 — генератор; 3 — стартер;
 4 — выключатель зажигания; 5 — управляющее реле; 6 — термореле;
 7 — пусковая электромагнитная форсунка; 8 — датчик-распределитель;
 9 — регулятор управляющего давления; 10 — клапан добавочного воздуха;
 11 — топливный насос

Электронасос, регулятор управляющего давления и клапан добавочного воздуха включаются управляющим реле. Управляющее реле выключает все названные элементы схемы при включенном зажигании, но при невращающемся коленчатом вале двигателя, что важно по соображениям безопасности в случае аварии.

При пуске холодного двигателя напряжение с клеммы "50" подается на пусковую форсунку и термореле. Если пуск продолжается более чем 10–15 с, то термореле выключает пусковую форсунку, чтобы двигатель не "залило". Когда при пуске двигатель имеет повышенную температуру (около 36 °С), термореле разомкнуто, и пусковая форсунка не функционирует.

Управляющее реле включается самостоятельно как только стартер провернет коленчатый вал двигателя. Для этого управляющее реле получает импульсы от датчика-распределителя, клеммы "1" катушки зажигания или от соответствующей клеммы коммутатора. Управляющее реле распознает состояние — "коленчатый вал двигателя вращается". Если же двигатель не запустился, импульсы к управляющему реле больше не подходят. Реле распознает это и отключает топливный насос через 1 секунду после прохождения последнего импульса.

На рис. 3.25 показана электросхема в "состоянии покоя". На рис. 3.26 и 3.27 (фрагменты схемы) представлены: пуск холодного двигателя,

рабочее состояние и состояние, когда зажигание включено, а коленчатый вал двигателя не вращается.

На рис. 3.26, а представлена схема с реле пуска холодного двигателя (послестартовое реле). Смысл такого включения в продлении времени работы пусковой форсунки. Форсунка работает некоторое время и после выключения стартера.

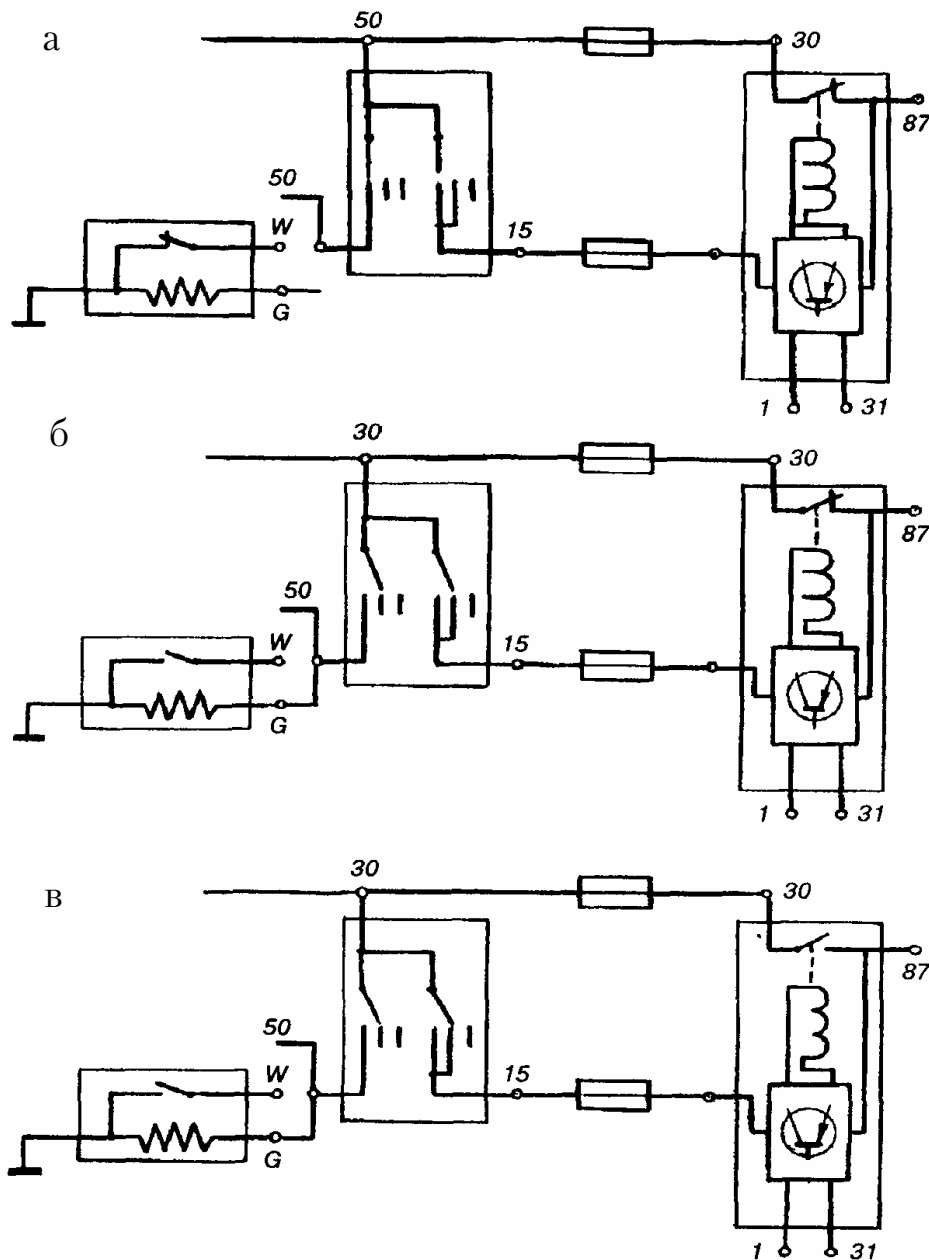


Рис. 3.26. Электрическая схема "K-JETRONIK" (фрагмент, см. рис. 3.25.):

а — пуск холодного двигателя; б — рабочее состояние, двигатель прогрет; в — зажигание включено, коленчатый вал двигателя не вращается

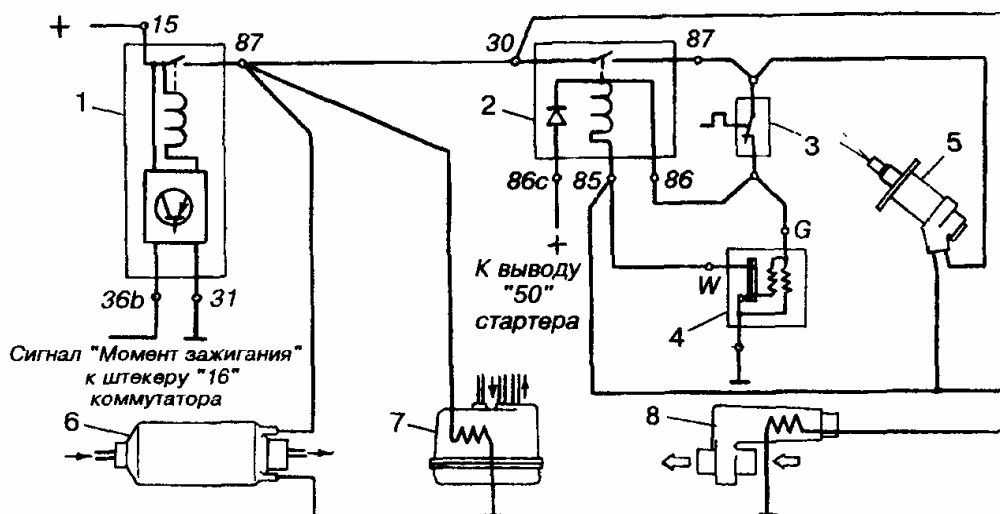


Рис. 3.27. Электрическая схема системы "K-JETRONIK" с реле пуска холодного двигателя (с послестартовым реле):
 1 — реле включения топливного насоса; 2 — реле пуска холодного двигателя;
 3 — термоэлектрический выключатель; 4 — тепловое реле времени; 5 — пусковая электромагнитная форсунка; 6 — топливный насос; 7 — регулятор управляющего давления;
 8 — клапан добавочного воздуха

3.5. Система впрыска «KE-JETRONIK»

3.4.1. Отличительные особенности устройства и принцип действия

Система впрыска "KE-JETRONIK" — это механическая система постоянного впрыска топлива, подобная системе "KE-JETRONIK", но с электронным блоком управления (*E-Elektronik*). В системе "KE-JETRONIK" регулятор управляющего давления заменен электрогидравлическим регулятором.

Кроме этого, система имеет: установленный на рычаге расходомера 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 воздуха (разрежением во впускном трубопроводе, положением дроссельной заслонки, нагрузкой двигателя).

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 и о скорости ее открытия и закрытия.

Система "KE-JETRONIK" с электронным блоком управления (*E-Elektronik*) является дальнейшим развитием системы "K-JETRONIK". 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 составляющие не удастся. Поэтому, к примеру, о топливной экономичности заботятся при всех частичных нагрузках, а при полной нагрузке – только о наилучших динамических показателях.

Топливо под давлением поступает к форсункам 11 (рис. 3.28), установленным перед впускными клапанами. Форсунки распыляют топливо, количество которого определяется его давлением в зависимости от нагрузки (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

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). Сигналы (импульсы) частоты вращения берутся от датчика-распределителя зажигания 15. Эти сигналы могут также браться от катушки зажигания или от коммутатора. В настоящее время для этой цели применяются индуктивные датчики. Последние закрепляются на картере маховика, а их "чувствительная" часть располагается над зубчатым венцом маховика. При прохождении зуба мимо датчика в его обмотке генерируется ЭДС. Применяются датчики и на основе эффекта Холла, которые лучше индуктивных, но сложнее и дороже.

Система впрыска (см. рис. 3.28) 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 "*K-JETRONIK*" управляющее давление к верхнему торцу плунжера распределителя в системе "*KE-JETRONIK*" не подводится.

Регулятор управляющего давления 9 представляет собой электроклапан, управляемый электронным блоком 16. При работе главной дозирующей системы меняется положение биметаллической пластины. При увеличении частоты вращения коленчатого вала (ускорение) верх пластины отклоняется вправо, отверстие подвода топлива к регулятору прикрывается. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала (замедление) верх пластины отклоняется влево, отверстие подвода топлива к регулятору увеличивается. При равномерной работе двигателя (постоянной частоте вращения коленчатого вала) пластина находится в выпрямленном состоянии.

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 "газ", "взаимосвязь", открытию дроссельной заслонки, перемещении напорного диска и росте 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, который через регулятор управляющего давления дозатора-распределителя обогащает смесь.

Система холостого хода, представленная на рис. 3.28, почти не отличается от системы холостого хода "*K-JETRONIK*". Параллельно каналу дроссельной заслонки идут еще два воздушных канала. В одном установлен конический винт регулировки холостого хода (винт количества), которым поддерживается минимальное разрежение 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 "*KE-JETRONIK*".

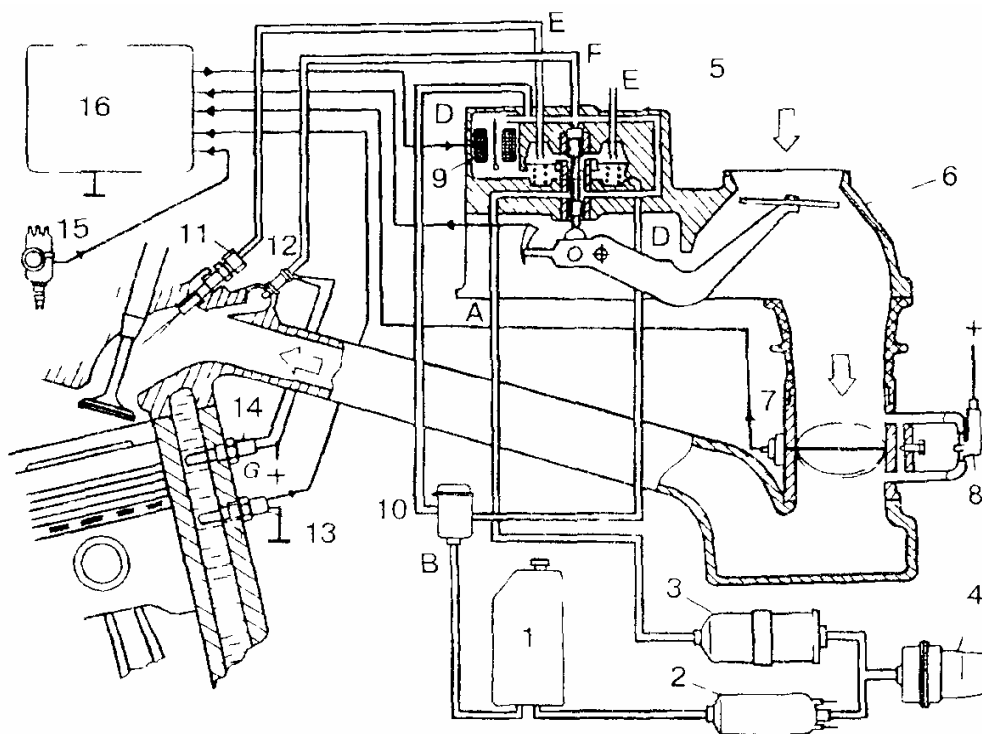


Рис. 3.28. Схема системы впрыска KE – JETRONIK:

1 – топливный бак; 2 – электронасос; 3 – топливный фильтр;
 4 – накопитель топлива; 5 – дозатор-распределитель; 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 управляющею давления (в дозаторе-распределителе);
 D – канал регулятора давления; Е – подвод топлива к форсункам;
 F – подвод топлива к пусковой электромагнитной форсунке

3.6. Система пуска

Электронасос 2 (см. рис. 3.28) 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 "K-JETRONIK", 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 или параллельно с ним могут быть установлены более сложные устройства, например электромагнитный регулятор (клапан) с электронным управлением. 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, который уменьшает противодействие 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 (см. рис. 3.22) – это простой термоэлектрический выключатель, то датчик температуры двигателя – это термочувствительное сопротивление с отрицательным температурным коэффициентом. Отрицательный температурный коэффициент – это обратная зависимость между температурой нагрева и сопротивлением датчика. Это означает, что у холодного датчика сопротивление максимальное, а по мере нагрева его сопротивление уменьшается.

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 и тем самым – состав смеси.

3.7. Другие системы впрыска

Общая структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением была рассмотрена выше (см. рис 3.12). На рис. 3.29 показана система распределенного впрыскивания топлива «L-Jetronic». Электрический топливный насос 2 подает топливо из бака 1 через фильтр 3 в топливный коллектор 4, в котором с помощью стабилизатора 5 поддерживается постоянный перепад давления на входе и выходе топлива из форсунок 7. Стабилизатор перепада давления

поддерживает постоянным давление впрыскивания и обеспечивает возврат избыточного топлива в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок. Из коллектора топливо поступает к рабочим форсункам, которые подают его в зону впускных клапанов. Количество впрыскиваемого топлива задается электронным блоком управления 6 в зависимости от температуры, давления и объема поступающего воздуха, частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Учитывается также температура охлаждающей жидкости.

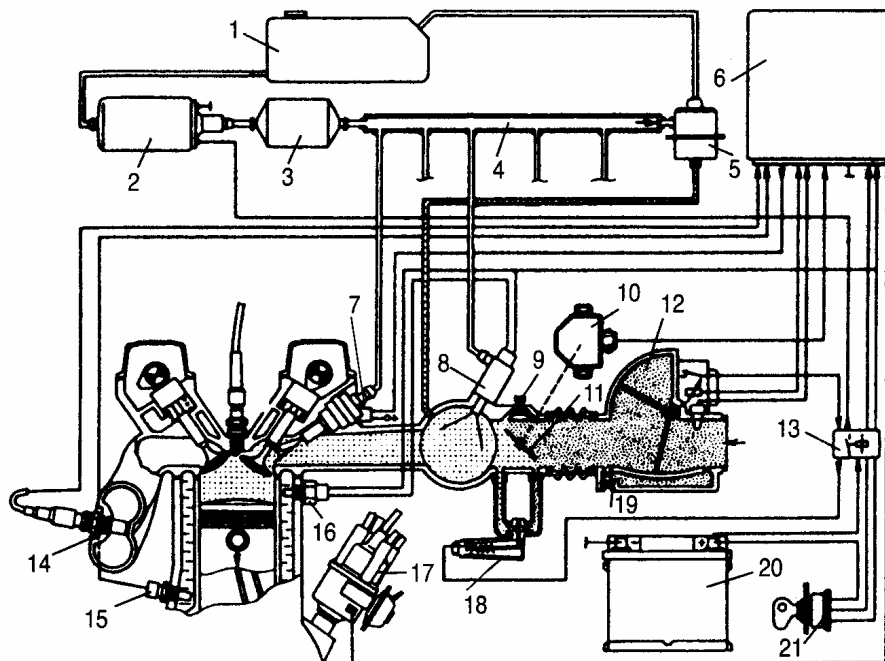


Рис. 3.29. Схема системы впрыскивания топлива «L-Jetronic»:
 1 – топливный бак; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – топливный коллектор;
 5 – стабилизатор перепада давления; 6 – блок управления; 7 – форсунка с электромагнитным управлением; 8 – пусковая форсунка; 9 – винт регулирования частоты вращения вала на холостом ходу; 10 – датчик положения дроссельной заслонки; 11 – дроссельная заслонка;
 12 – измеритель расхода воздуха; 13 – реле; 14 – датчик кислорода;
 15, 16, 17 – датчики; 18 – регулятор расхода воздуха на холостом ходу;
 19 – винт измерителя расхода воздуха; 20 – аккумуляторная батарея;
 21 – выключатель зажигания и системы впрыскивания

Объем поступающего воздуха является основным параметром, определяющим дозирование топлива. Воздух поступает в цилиндры через измеритель 12 расхода воздуха и впускной трубопровод. Воздушный поток, поступающий в двигатель, отклоняет напорную измерительную заслонку измерителя расхода воздуха на определенный угол. При этом с помощью потенциометра электрический сигнал, пропорциональный углу поворота заслонки, подается в блок управления,

который определяет необходимое количество топлива и выдает на электромагнитные клапаны импульсы управления моментом впрыскивания топлива. Электронная схема управления дозированием топлива получает питание от аккумуляторной батареи 20 и начинает работать при включении зажигания.

Независимо от положения впускных клапанов, форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя. Если впускной клапан в момент впрыскивания топлива форсункой закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом. Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана показана на рис. 3.30.

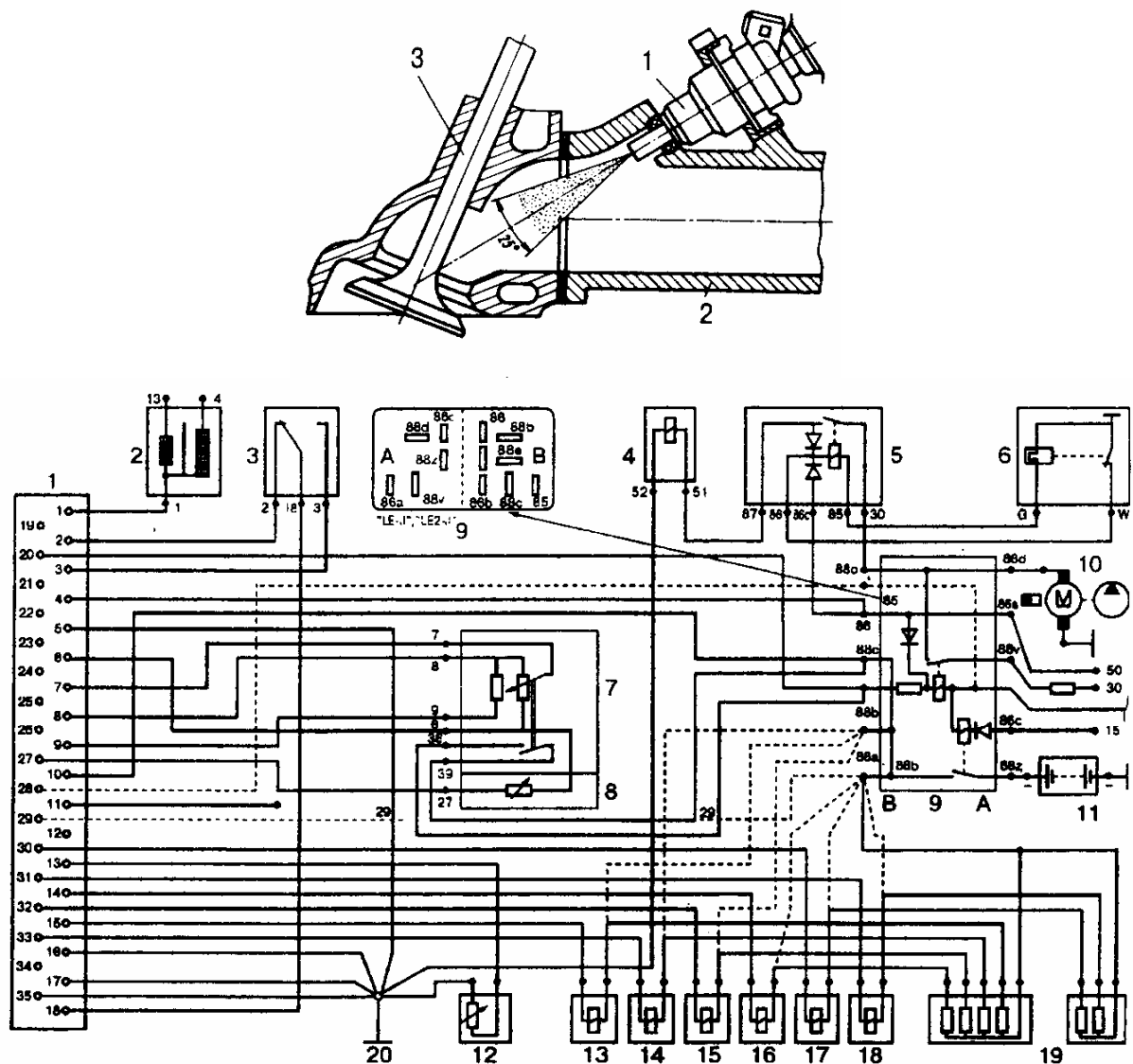


Рис. 3.30. Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана:

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

Количество поступающего к цилиндрам двигателя воздуха регулируется дроссельной заслонкой 11 (см. рис. 3.29), управляемой водителем. В системе предусмотрен регулятор 18 расхода воздуха на холостом ходу, расположенный около дроссельной заслонки. Он обеспечивает дополнительную подачу воздуха при холодном пуске и прогреве двигателя. По мере прогрева двигателя, начиная с температуры охлаждающей жидкости 50–70 °С, регулятор прекращает подачу дополнительного воздуха. После этого при закрытой дроссельной заслонке воздух поступает только через верхний байпасный (обводной) канал, сечение которого можно изменять регулирующим винтом 9, что обеспечивает возможность регулирования частоты вращения в режиме холостого хода.

Стабилизатор 5 перепада давления поддерживает постоянное избыточное давление топлива относительно давления воздуха во впускном трубопроводе. В этом случае цикловая подача топлива форсункой 7 зависит только от времени, в течение которого открыт ее клапан. Следовательно, основной принцип электронного управления впрыскиванием топлива заключается в широтной модуляции электрического импульса, управляющего форсункой при условии поддержания постоянного перепада давления топлива.

Длительность импульсов управления временем впрыскивания топлива форсункой корректируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости по информации от датчика 15.

На режимах полного открытия дроссельной заслонки и разгона автомобиля необходимо обогащение горючей смеси, что обеспечивается электронным блоком управления по информации от датчика 10 положения дроссельной заслонки. При открытии заслонки контактная система датчика 10 дает импульсы, которые приводят к обогащению смеси в режиме разгона автомобиля (см. рис. 3.29).

В датчике 10 положения дроссельной заслонки предусмотрена контактная пара, от замкнутого или разомкнутого состояния которой зависит отключение или включение топливоподачи в режиме принудительного холостого хода. Подача топлива прекращается при закрытой дроссельной заслонке, когда частота вращения коленчатого вала двигателя выше 1000 мин⁻¹, и возобновляется при снижении частоты вращения до 900 мин⁻¹. При этом порог отключения подачи топлива корректируется в зависимости от температурного состояния двигателя.

Для облегчения пуска холодного двигателя в системе предусмотрена дополнительная пусковая форсунка 8, продолжительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости (датчик 16).

Пусковая форсунка представляет собой электромагнитный клапан с вихревым центробежным распылителем.

Введенный в систему датчик кислорода обеспечивает поддержание стехиометрического состава смеси.

Функциональная связь всех элементов системы распределенного впрыскивания топлива "L-Jetronic" показана на рис. 3.31.

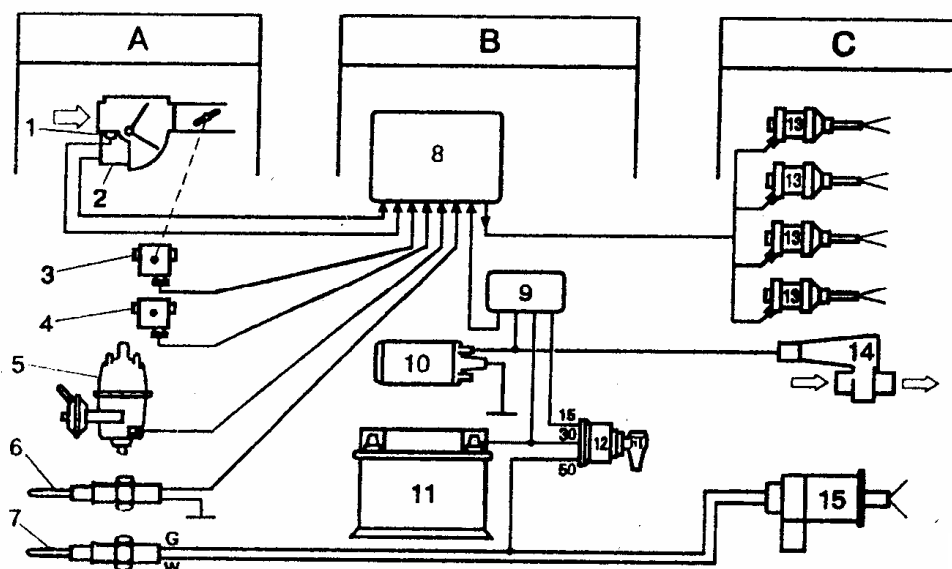


Рис. 3.31. Функциональная схема управления системой впрыскивания топлива "L-Jetronic":

А – устройства входных параметров: 1 – датчик температуры всасываемого воздуха; 2 – расходомер воздуха; 3 – выключатель положения дроссельной заслонки; 4 – высотный корректор;

5 – датчик-распределитель зажигания; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – термореле; В – устройства управления и обеспечения: 8 – электронный блок управления; 9 – блок реле;

10 – топливный насос; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – выключатель зажигания; С – устройства выходных параметров: 13 – рабочие форсунки; 14 – клапан добавочного воздуха; 15 – пусковая форсунка

Применение системы впрыскивания топлива «L-Jetronic» значительно усложняет схему электрооборудования автомобиля. Следует отметить, что электрические схемы системы «L-Jetronic» отличаются в зависимости от автомобиля, двигателя, установленного на нем, и года выпуска автомобиля.

На рис. 3.32 приведена схема системы впрыскивания топлива «LN-Jetronic», в которой измерение расхода воздуха осуществляется термоанемометром. Применение термоанемометра позволяет поддерживать постоянный состав смеси при изменении плотности воздуха.

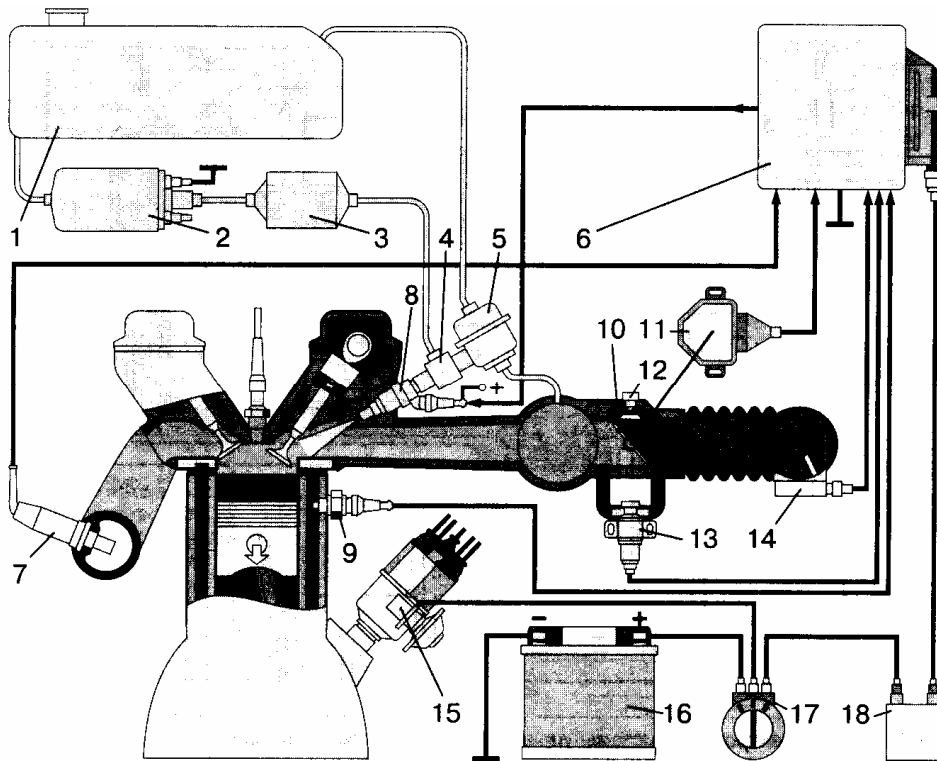


Рис. 3.32. Схема системы впрыскивания топлива «LH-Jetronic»:
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр;
 4 – топливный коллектор; 5 – стабилизатор перепада давления;
 6 – блок управления; 7 – датчик кислорода; 8 – форсунка с электромагнитным управлением; 9 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 – дроссельная заслонка; 11 – датчик положения дроссельной заслонки; 12 – винт ручного регулирования частоты вращения вала на холостом ходу; 13 – регулятор частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя-распределителя системы зажигания; 14 – термоанемометр; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя-распределителя системы зажигания; 16 – аккумуляторная батарея; 17 – выключатель зажигания; 18 – реле

Схема системы впрыскивания топлива двигателя автомобиля "Toyota" приведена на рис. 3.33. Ее центральной частью является электронный блок управления 11. На основании сигналов датчиков блок управления рассчитывает количество впрыскиваемого топлива для получения оптимального соотношения топлива и воздуха в горючей смеси. Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитного клапана форсунки.

Основное время впрыскивания топлива – это время для получения смеси с теоретически необходимым коэффициентом избытка воздуха. Количество воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, рассчитывается блоком управления по данным датчика расхода воздуха и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

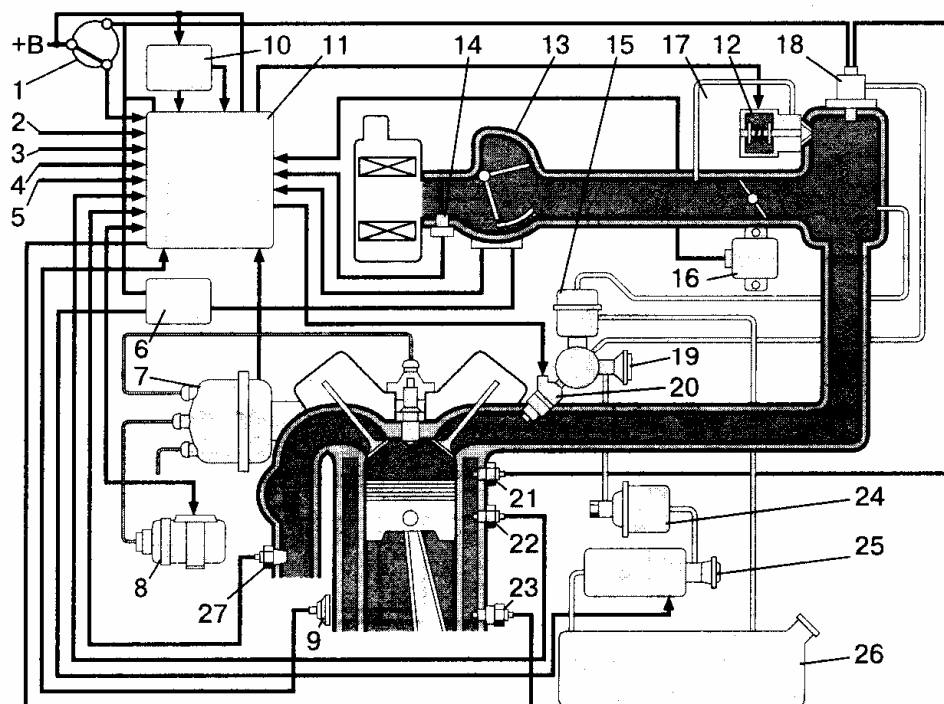


Рис. 3.33. Схема системы впрыскивания топлива двигателя автомобиля "Toyota":

- 1 – ключ зажигания; 2 – разъем для подключения внешних средств диагностики; 3 – сигнал включения нейтральной передачи; 4 – сигнал включения кондиционера; 5 – сигнал скорости автомобиля; 6 – реле включения; 7 – распределитель зажигания; 8 – катушка зажигания; 9 – датчик аварийного падения давления масла; 10 – реле; 11 – электронный блок управления; 12 – шаговый двигатель системы управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу; 13 – датчик расхода воздуха; 14 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 15 – регулятор давления; 16 – датчик угла открытия дроссельной заслонки; 17 – клапан холостого хода; 18 – форсунка холодного пуска; 19 – редукционный клапан; 20 – форсунка; 21 – таймер прогрева; 22 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 23 – датчик детонации; 24 – топливный фильтр; 25 – топливный насос; 26 – бак для топлива; 27 – датчик кислорода

В системе предусмотрена коррекция времени срабатывания электромагнитной форсунки по напряжению питания, по температуре охлаждающей жидкости во время прогрева двигателя, по температуре воздуха на впуске.

При работе двигателя необходимо достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам CO, CH и NO с помощью трехкомпонентного нейтрализатора. Стабилизация стехиометрического состава горючей смеси обеспечивается с помощью датчика кислорода, устанавливаемого в выпускном трубопроводе.

Система выполняет также функции экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ). Количество топлива, впрыскиваемого при пуске двигателя, определяется температурой охлаждающей жидкости.

На рис. 3.34 приведена система центрального впрыскивания топлива, включающая в себя электронный блок управления на базе микропроцессора, смесительную камеру с дроссельной заслонкой, форсунки, стабилизатор давления, топливный насос с электроприводом, топливный фильтр, датчик температуры охлаждающей жидкости, регулятор частоты вращения в режиме холостого хода. Действие регулятора основано на изменении положения дроссельной заслонки или перепуске воздуха в обход дроссельной заслонки. После обработки информации от датчика частоты вращения микропроцессор формирует управляющий сигнал, подаваемый на исполнительное устройство, в качестве которого может быть использован шаговый электродвигатель, воздействующий или на дроссельную заслонку, или на клапан обводного канала. Как правило, все системы центрального впрыскивания топлива имеют датчик кислорода, позволяющий адаптивно поддерживать стехиометрический состав горючей смеси.

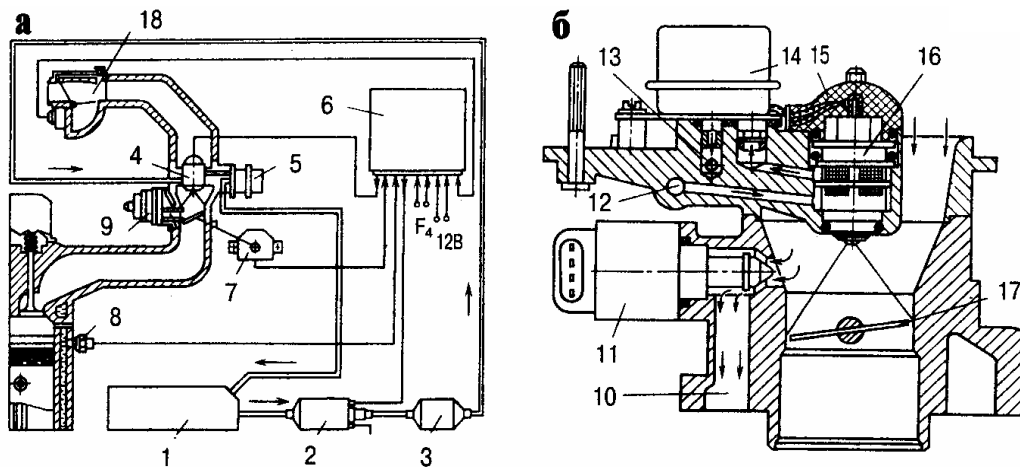


Рис.3.34. Схема системы центрального впрыскивания топлива:
 а – общая схема системы; б – вариант дроссельного патрубка со стабилизатором давления и перепуском воздуха для автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода; 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – фильтр; 4 – форсунка; 5 – стабилизатор давления; 6 – электронный блок управления; 7,8 – датчики, соответственно, положения дроссельной заслонки и температуры охлаждающей жидкости; 9 – корпус смесительной камеры; 10 – канал холостого хода; 11 – регулятор холостого хода; 12 – подводящий топливный канал; 13 – канал отвода топлива от стабилизатора давления; 14 – стабилизатор давления топлива; 15 – штекер электропитания форсунки; 16 – форсунка; 17 – дроссельная заслонка; 18 – датчик расхода воздуха

3.8. Комплексные системы управления двигателем

На автомобилях, кроме микропроцессорных систем управления зажиганием и ЭПХХ, применяются и комплексные системы управления зажиганием и впрыскиванием топлива. Принципиально эти системы работают следующим образом. С датчиков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала по углу поворота, абсолютное давление во впускном трубопроводе, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости, температура воздуха. Эти сигналы интерфейсом блока управления преобразуются из аналоговой формы в цифровую. Затем эти сигналы в цифровой форме поступают в процессор, где они после соответствующей обработки сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления. Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания – это транзисторный коммутатор, для системы впрыскивания топлива – форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

Блок управления 90.3761 (рис 3.35) двигателя ЗМЗ-4024.10 содержит: аналого-цифровые преобразователи давления во впускном трубопроводе (АЦПРД), температуры воздуха (АЦПТВ), температуры охлаждающей жидкости (АЦПТЖ); преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки (ДД); компаратор включения стартера; преобразователь сигналов датчиков начала отсчета (ДНО) и угловых импульсов (ДУИ); вторичный источник питания (ВИП); устройство управления впрыском; устройство управления пусковой форсункой; устройство управления реле бензонасоса (УРБН); устройство управления углом опережения зажигания (УУОЗ); интерфейс вывода; устройство разделения каналов впрыскивания; коммутатор пусковой форсунки; коммутатор реле электробензонасоса (ЭБН); выходной каскад угла опережения зажигания (УОЗ) и разделения каналов зажигания (РК).

Блок управления 90.3761 обеспечивает: включение экономайзера при углах открытия дроссельной заслонки более $70 \pm 5^\circ$ за счет увеличения длительности впрыскивания топлива на 23 %; управление пусковой форсункой при включении стартера и температуре охлаждающей жидкости менее 20°C ; управление реле электробензонасоса (включение реле на 2 с) при включенном зажигании и неработающем двигателе; постоянное включение реле при частоте вращения коленчатого вала двигателя более 300 мин^{-1} ; отключение реле при частоте вращения вала менее 300 мин^{-1} .

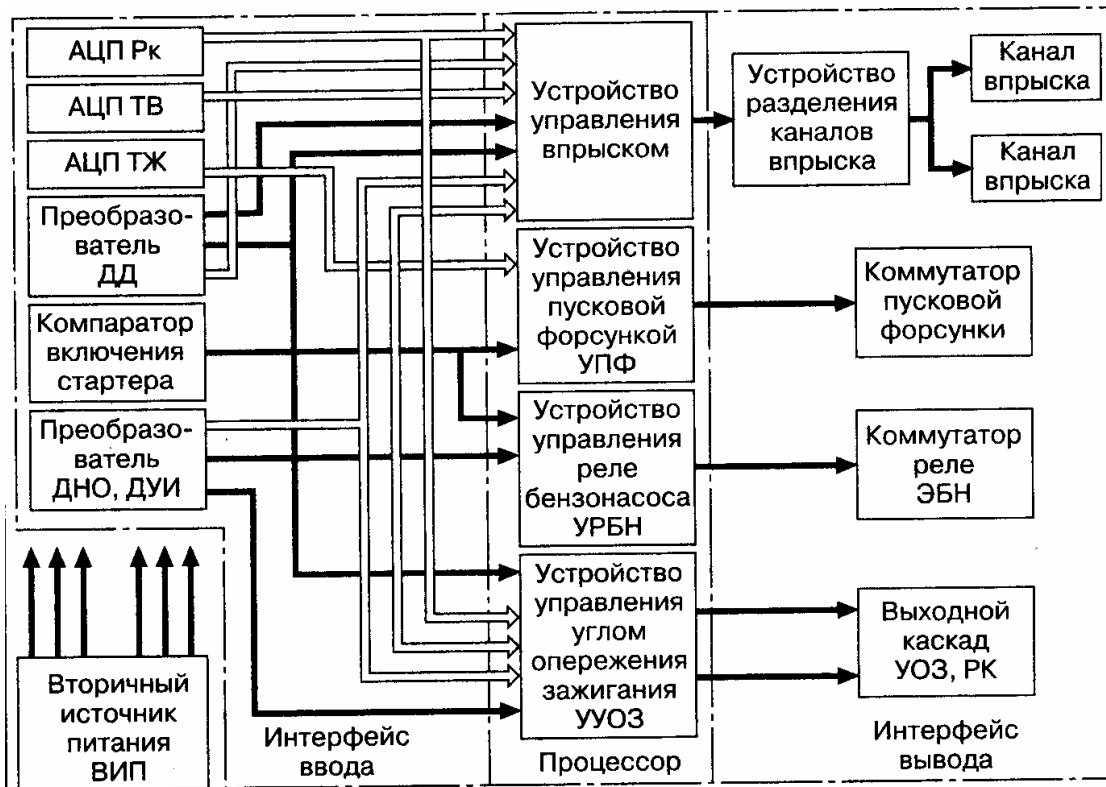


Рис. 3.35. Структурная схема блока управления 90.3761 комплексной системы управления двигателем ЗМЗ-4024.10

Одновременное управление впрыскиванием топлива и опережением зажигания обеспечивает система «Motronic», в которую могут быть включены различные системы впрыскивания, например «KE-Jetronic», «L-Jetronic» и др. Структурная схема системы «Motronic» приведена на рис. 3.36.

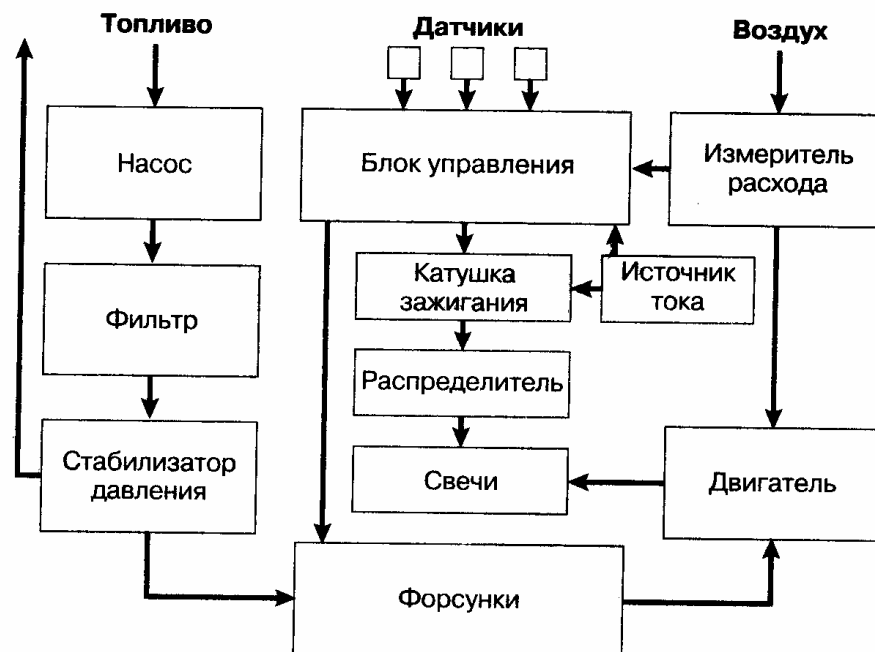


Рис. 3.36. Структурная схема комплексной системы управления двигателем «Motronic»

Состав горючей смеси и угла опережения зажигания с учетом условий работы двигателя оптимизирует микропроцессорный блок управления. Система «Motronic» также выполняет функции ЭПХХ.

Для управления углом опережения зажигания в блок управления 4 (рис. 3.37) подаются импульсы от датчиков 7 и 12 частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя. Обработка информации от датчиков осуществляется в течение одного оборота коленчатого вала. Блок управления выбирает промежуточное значение из двух ближайших точек каждой программы и подает сигналы, управляющие подачей топлива и углом опережения зажигания. В запоминающем устройстве блока управления заложены оптимальные характеристики как для установившихся, так и для неустановившихся режимов работы двигателя.

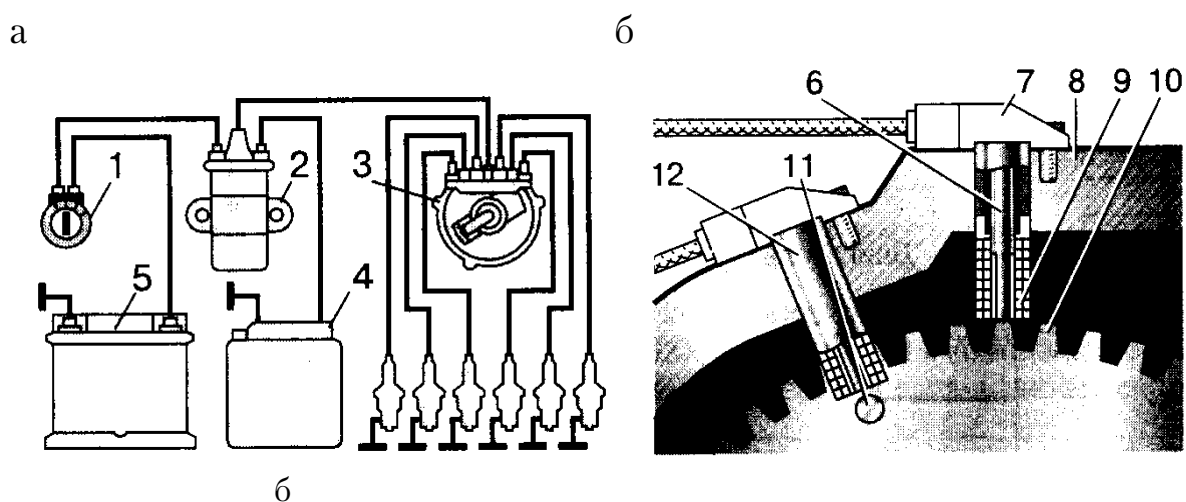


Рис. 3.37. Схема системы зажигания в комплексной системе управления двигателем «Motronic»:

а – схема системы зажигания; б – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; 1 – выключатель зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – распределитель; 4 – блок управления комплексной системы; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – постоянный магнит; 7 – датчик частоты вращения вала; 8 – картер маховика; 9 – обмотка датчика; 10 – венец маховика; 11 – штырь указателя положения вала; 12 – датчик положения коленчатого вала

Взаимосвязанное управление впрыскиванием топлива и зажиганием средствами электроники позволяет в большей степени приблизить программу управления углом опережения зажигания к оптимальной (рис. 3.38).

Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления с учетом информации от датчиков, измеряющих объем и температуру воздуха на впуске, частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя и температуру охлаждающей жидкости.

Основным из этих параметров, от которых зависит дозирование впрыскиваемого топлива, является расход воздуха.

Схема системы управления двигателем "Motronic 1.1-1.3" приведена на рис. 3.39.

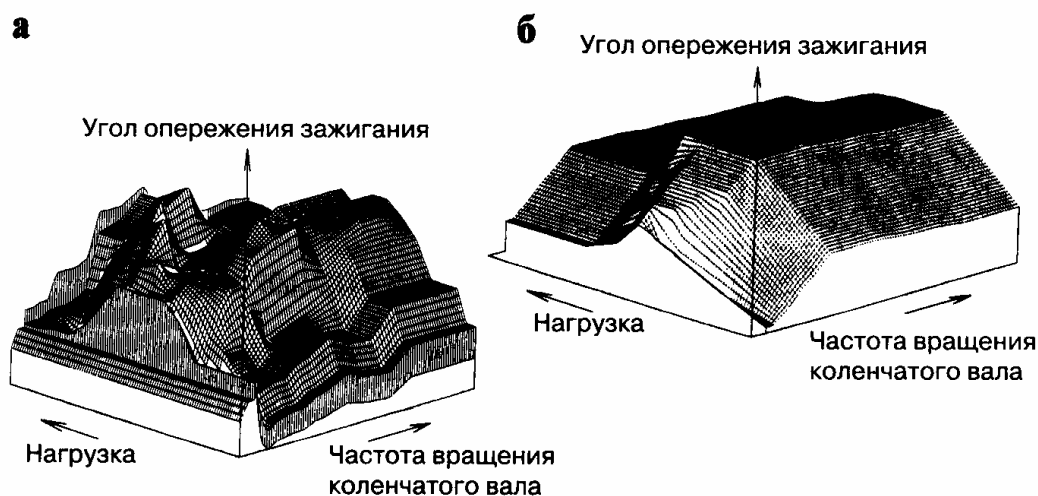


Рис. 3.38. Диаграммы углов опережения зажигания для различных систем управления:
 а – микропроцессорной системы зажигания;
 б – системы с центробежно-вакуумным автоматом

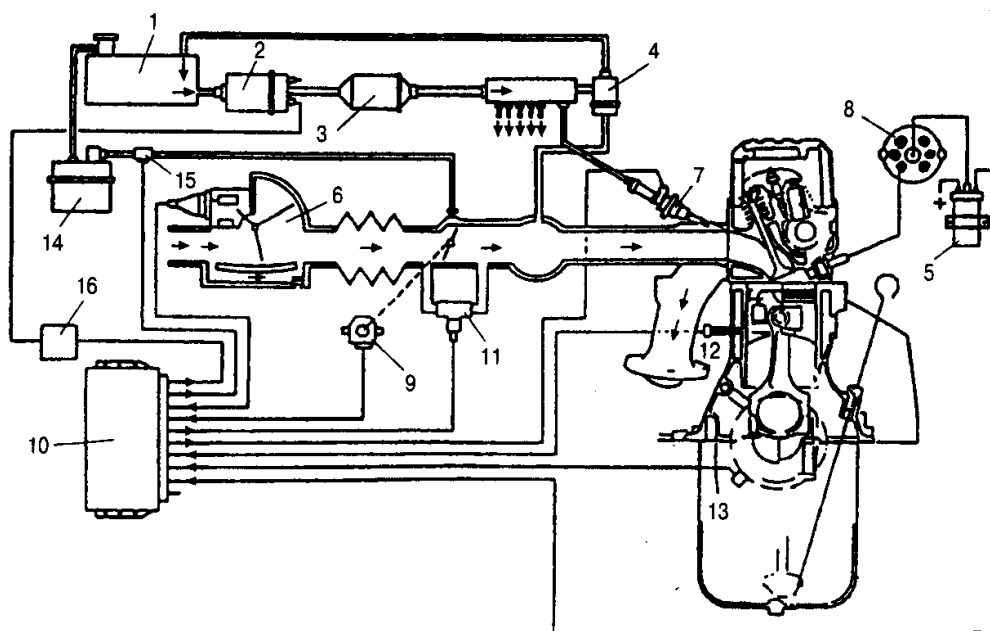


Рис. 3.39. Схема комплексной системы управления двигателем "Motronic 1.1-1.3":
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр;
 4 – регулятор давления топлива; 5 – катушка зажигания; 6 – измеритель расхода воздуха; 7 – форсунка; 8 – распределитель зажигания;
 9 – выключатель (потенциометр) дроссельной заслонки; 10 – контроллер;
 11 – поворотный регулятор холостого хода; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 14 – адсорбер с активированным углем; 15 – клапан вентиляции;
 16 – реле включения топливного насоса

3.9. Датчики электронных систем управления двигателем

3.9.1. Измерители расхода воздуха

В измерителе расхода воздуха, представленном на рис. 3.40, воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки потенциометром преобразуется в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпфер 3 с пластиной 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося автомобиля. На входе в измеритель расхода воздуха встроен датчик температуры поступающего в двигатель воздуха 7. Недостатком измерителя расхода является наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

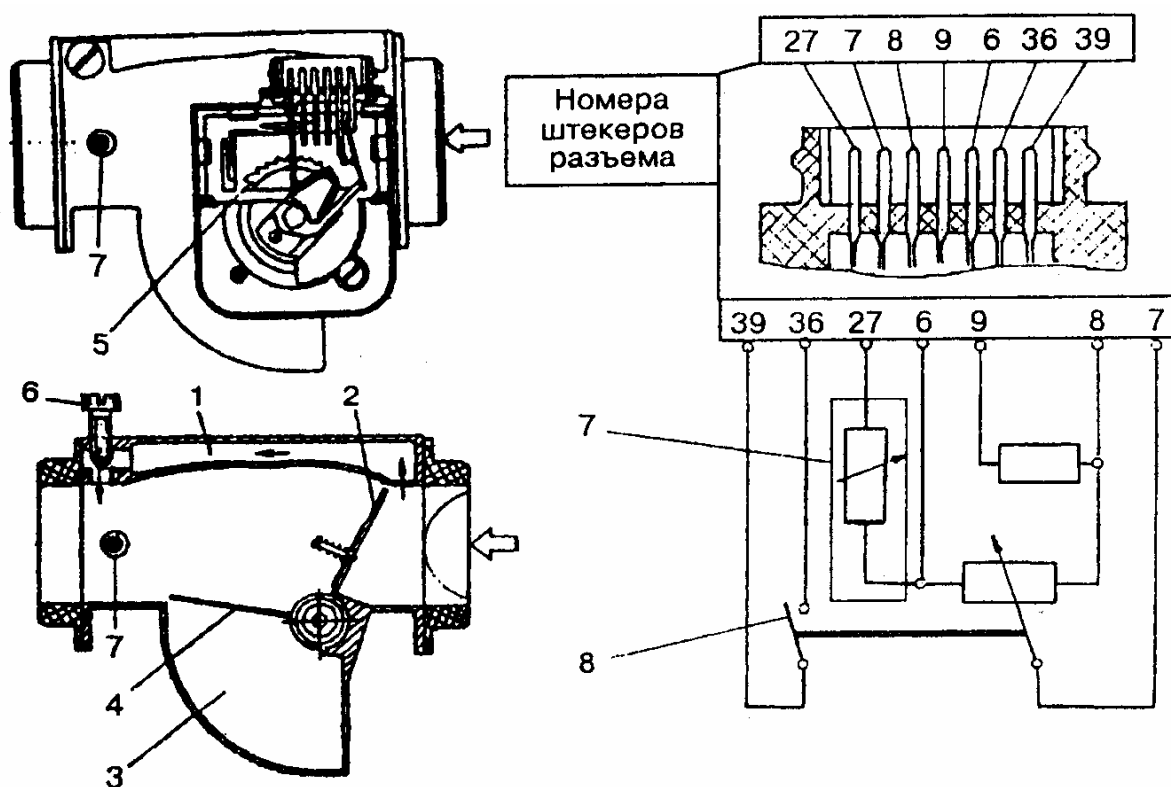


Рис. 3.40. Схема измерителя расхода воздуха с датчиком температуры:
1 – байпасный канал; 2 – измерительная заслонка; 3 – демпферная камера;
4 – пластина демпфера; 5 – потенциометр; 6 – винт качества (состава) смеси
в режиме холостого хода; 7 – датчик температуры;
8 – контакт топливного насоса

Подвижных деталей не имеют измерители расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха для системы впрыскивания топлива «LH-Jetronic» представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной тракт двигателя. Наиболее ответственной частью термоанемометра является внутренний измерительный канал 6 (рис. 3.41), состоящий из пластмассовых обойм, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити 2 диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора 3. Корпус 5 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150 °С путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 1. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

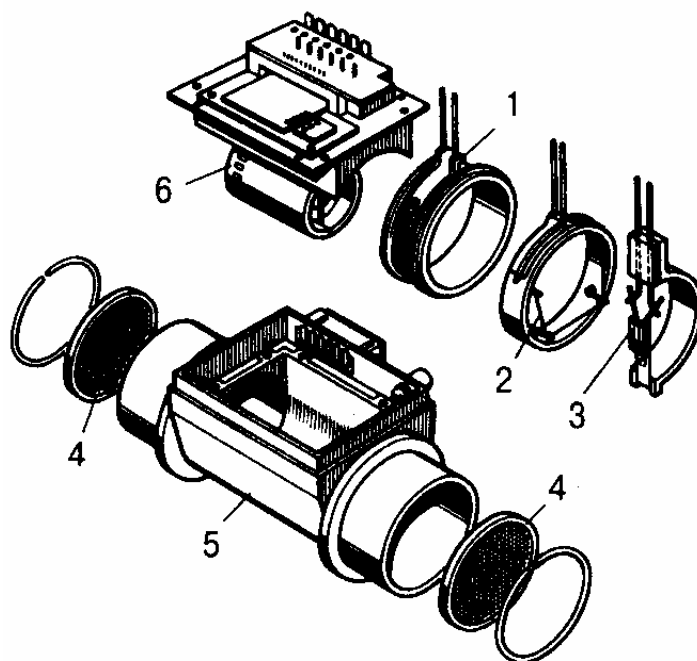


Рис. 3.41. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы «LH-Jetronic»:

- 1 – прецизионный резистор; 2 – измерительный элемент;
 3 – термокомпенсационный элемент; 4 – стабилизирующие решетки;
 5 – пластмассовый корпус; 6 – внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы поз. 1, 2, 3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

На рис. 3.42 показан автомобильный термоанемометрический измеритель расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом на твердых керамических подложках. Основной конструкции является чувствительный элемент, включающий измерительный и термокомпенса-

ционные резисторы. Пластмассовая рамка с чувствительным элементом размещается в измерительном патрубке измерителя расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Она поддерживается с помощью электронной схемы управления.

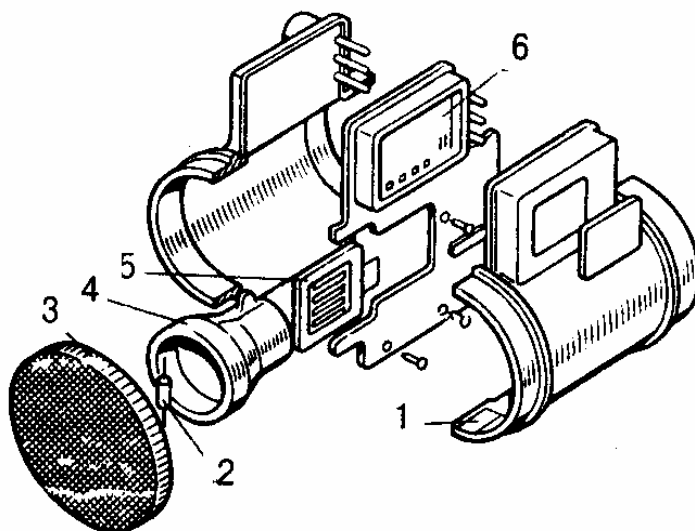


Рис. 3.42. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом:
 1 – корпус; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – стабилизирующая решетка;
 4 – внутренний измерительный канал; 5 – чувствительный элемент;
 6 – электронная схема

Термоанемометр на основе металлополимерных чувствительных элементов приведен на рис. 3.43.

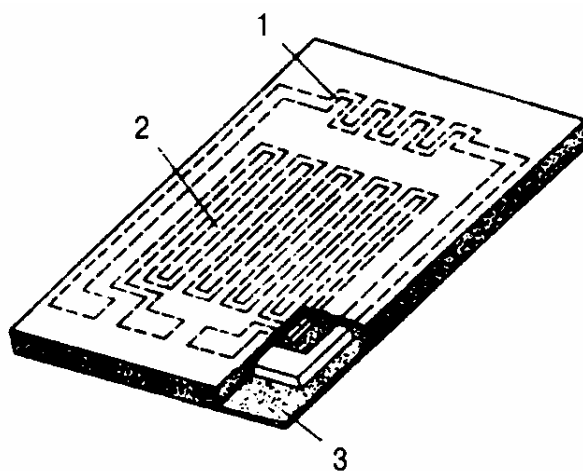


Рис. 3.43. Металлополимерный чувствительный элемент:
 1 – измерительный терморезистор; 2 – термокомпенсационный резистор;
 3 – полиамидный изоляционный материал

3.9.2. Измерители расхода топлива

Информация о расходе топлива на автомобиле необходима как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем.

В электромеханических измерителях расхода топлива турбинного типа (тахометрических) считывающими элементами при определении частоты вращения турбин являются светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демпфирующее устройство для гашения пульсаций потока, системы для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового измерителя расхода топлива датчик представляет собой четыре терморезистора, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной подложке. Поток жидкости омывает терморезисторы и в большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в бак, и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрации двигателя на показания измерителей расхода топлива.

3.9.3. Датчики давления

Датчикам давления с мембранным чувствительным элементом 3 (рис. 3.44, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках при перемещении чувствительного элемента – мембранной камеры 9 (рис. 3.44, б) изменяется воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления.

Применение микроэлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков. На рис. 3.44, в, показан интегральный датчик давления с полупроводниковыми тензоэлементами.

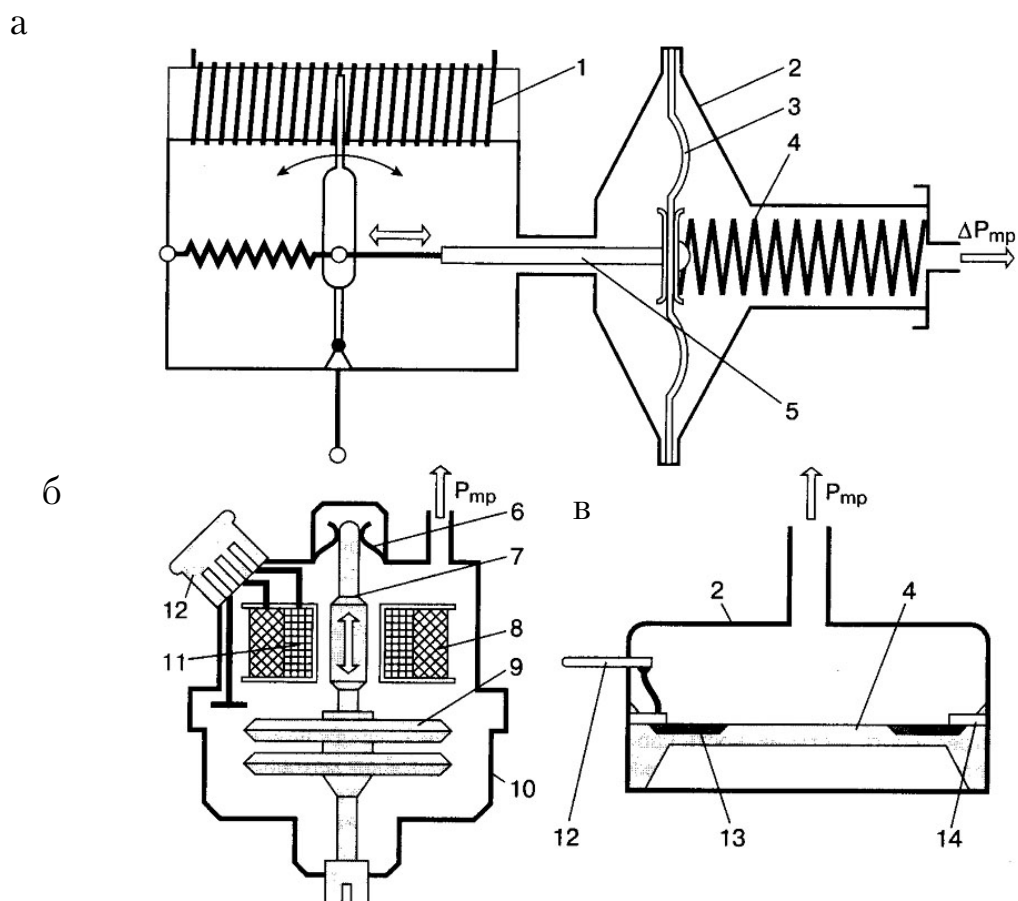


Рис. 3.44. Схемы датчиков давления:
 а – с мембранным чувствительным элементом; б – бесконтактный индуктивный; в – интегральный с полупроводниковыми тензоэлементами;
 1 – потенциометр; 2 – корпус мембранного механизма; 3 – мембрана;
 4 – калиброванная пружина; 5 – шток; б – амортизатор; 7 – стальной сердечник; 8 – первичная обмотка; 9 – мембранная камера; 10 – корпус;
 11 – вторичная обмотка; 12 – электрические контакты;
 13 – полупроводниковый тензорезистор; 14 – контактная площадка

3.9.4. Датчики температуры

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

В системах управления находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающих высокой стабильностью и малым технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции. Это интегральные датчики температуры. Они представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами (усилители и т.д.). Выходным

сигналом датчика является напряжение. Также это датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

По разным причинам (нетехнологичность, сложность конструкции, высокая стоимость и т.д.) на автомобилях пока не находят применения термоэлектрические датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов и многие другие.

3.9.5. Датчики положения и перемещения

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильными двигателями. Конструкция индуктивного датчика показана на рис. 3.45.

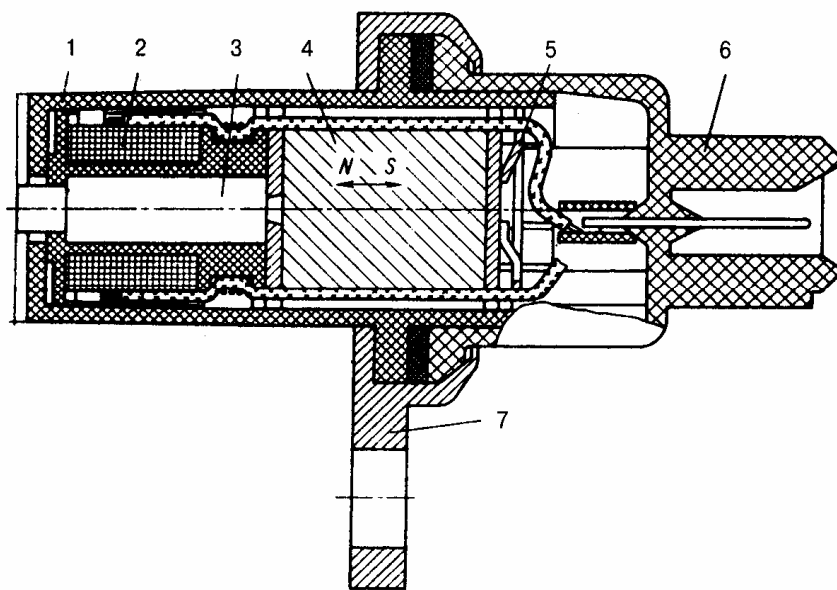


Рис. 3.45. Индуктивный датчик:
 1 – корпус; 2 – индукционная катушка; 3 – магнитопровод;
 4 – магнит из феррита бария; 5 – пружинное кольцо;
 6 – крышка со штекерами; 7 – фланец

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Последние связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов ускорения при резком открытии дроссель-

ной заслонки о холостом ходе двигателя, информацию о положении дроссельной заслонки при полном или близком к нему открытии дроссельной заслонки.

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дребезжания контактов. Эти требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности, оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность датчика может быть меньше 1° за счет применения прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотоэлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются, в основном, для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя. Они также предназначены для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, что обеспечивает синхронизацию функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например к зубчатому венцу маховика (см. рис. 3.44, б), имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев относительно магнитопровода величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Два пикообразные полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определять их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

3.9.6. Датчики детонации

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как имеет место большое количество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах.

Наиболее распространен способ установления детонации с помощью пьезокварцевого вибродатчика (рис. 3.46), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового сплава. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезоэлементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги 4.

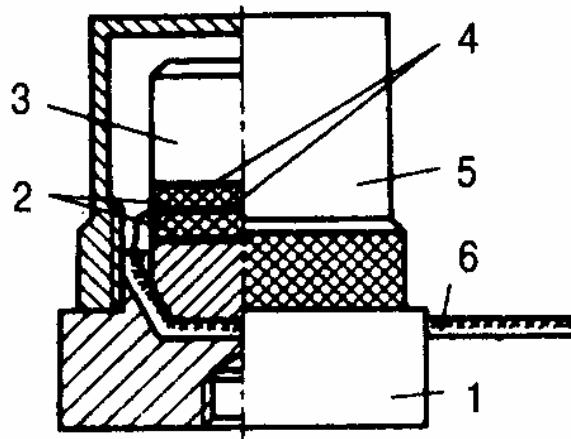


Рис. 3.46. Пьезоэлектрический вибродатчик:
1 – основание; 2 – пьезоэлементы; 3 – инерционная масса;
4 – латунная фольга; 5 – крышка; 6 – кабель

3.9.7. Датчики кислорода (λ -зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония ZrO_2 , во втором – диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рис. 3.47) имеет два электрода – внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Внешний электрод омывается потоком отработавших газов

в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

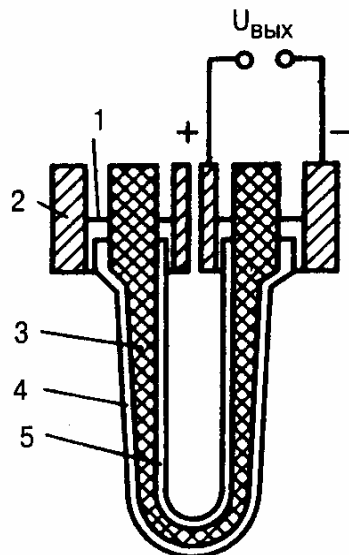


Рис. 3.47. Схема циркониевого датчика кислорода (λ-зонда):
1 – электропроводное уплотнение; 2 – корпус; 3 – твердый электролит;
4,5 – внешний и внутренний электроды

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ($X < 1$), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700–1000 мВ). При переходе на обедненную смесь ($X > 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50–100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика при переходе от обогащенных к обедненным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Конструкция датчика кислорода на основе диоксида циркония показана на рис. 3.48, 3.49.

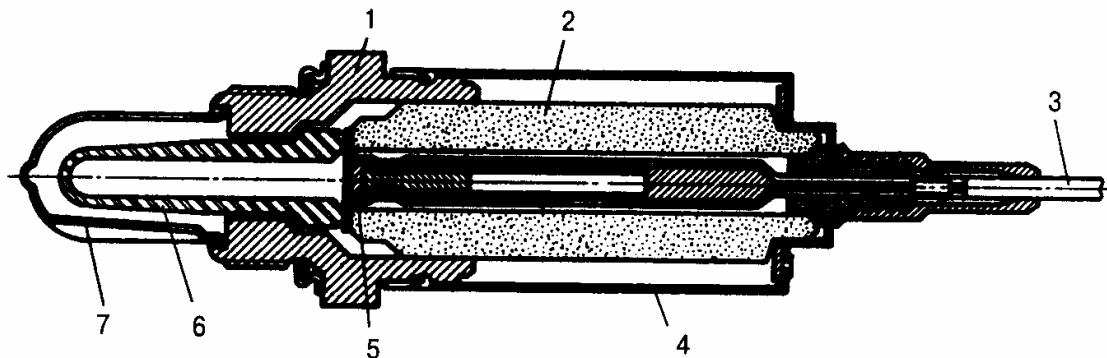


Рис. 3.48. Характеристика циркониевого датчика кислорода

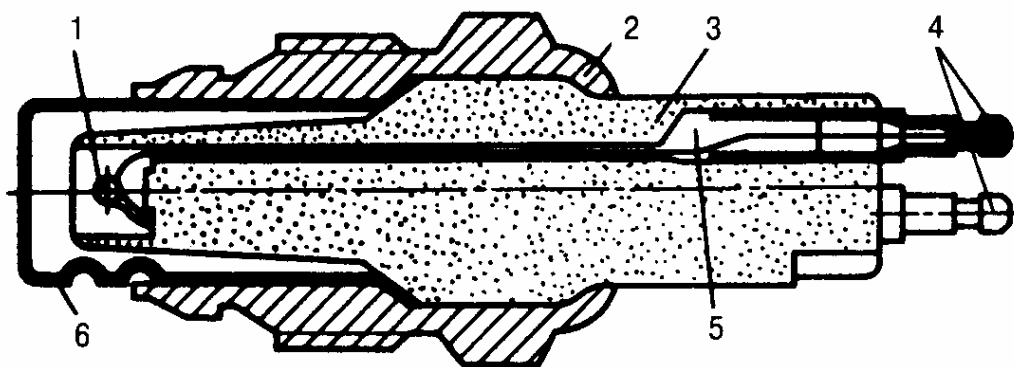


Рис. 3.49. Циркониевый датчик кислорода:
 1 – металлический корпус; 2 – уплотнение; 3 – соединительный кабель;
 4 – кожух; 5 – контактный стержень; 6 – активный элемент из двуокиси циркония; 7 – защитный колпачок с прорезями

Принцип работы датчика кислорода на базе диоксида титана TiO_2 показан на рис. 3.50.

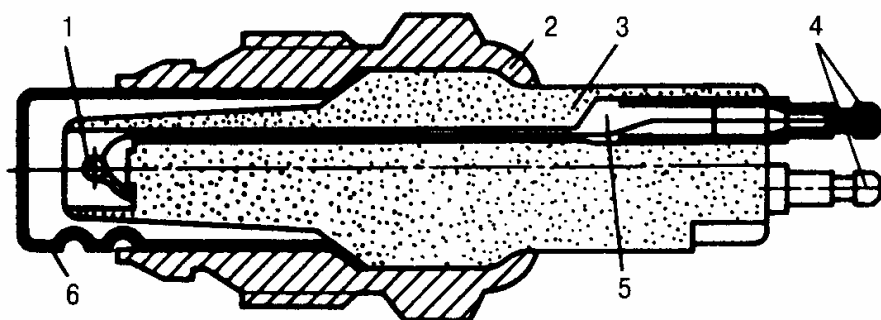


Рис. 3.50. Датчик кислорода на основе TiO_2 :
 1 – чувствительный элемент; 2 – металлический корпус; 3 – изолятор;
 4 – входные контакты; 5 – уплотнение; 6 – защитный кожух

3.10. Исполнительные устройства систем впрыска

3.10.1. Электромагнитные форсунки

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива.

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур и при этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2-5 % на протяжении всего срока службы (около 600 млн. циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рис. 3.51) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе, где расположен также запирающий элемент клапана 3, прижимаемый к седлу пружиной 5.

Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя.

Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени. При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся магнитный поток будет препятствовать быстрому отпуску запирающего элемента.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки

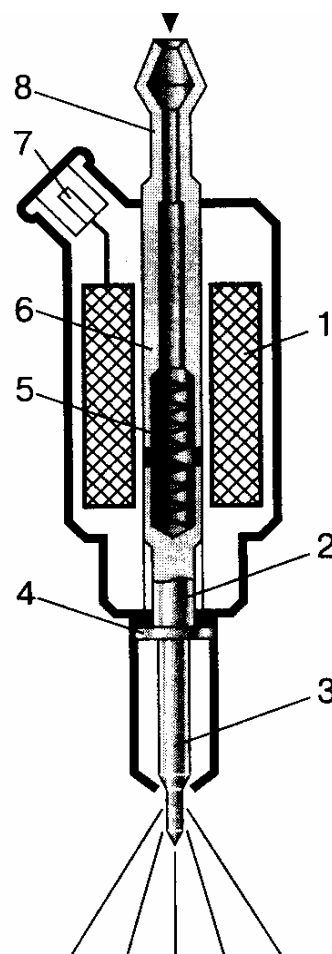


Рис. 3.51. Конструктивная схема электромагнитной форсунки:
 1 – обмотка электромагнита; 2 – якорь; 3 – запирающий элемент; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – магнитопровод; 7 – выходные контакты; 8 – штуцер для топлива

и увеличивается сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

В электромагнитных форсунках используются три вида запирающих элементов клапана (рис. 3.52): плоский (дисковый), конусный (штифтовой), сферический (шариковый).

Плоский запирающий элемент форсунки 5, представленной на рис. 3.52,а, изготовлен из магнитомягкой стали и в центральной части имеет стальную вставку, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте его посадки на седло клапана. Рабочий ход запирающего элемента составляет 0,15 мм и ограничивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая, кроме обмотки электромагнита, включает кольцевую вставку из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, закрытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр 6 в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30-40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Форсунки с конусным запирающим элементом (рис. 3.52, б) получили наибольшее распространение. Форсунка имеет нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

Преимущество сферического запирающего элемента в форсунке, представленной на рис. 3.52,в, состоит в том, что сферические элементы обладают хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и сопротивлению обмоток электромагнита.

Дополнительная пусковая форсунка отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем крепления 3 (рис. 3.53), в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки электромагнита 2. Запирающий элемент клапана 6 является якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

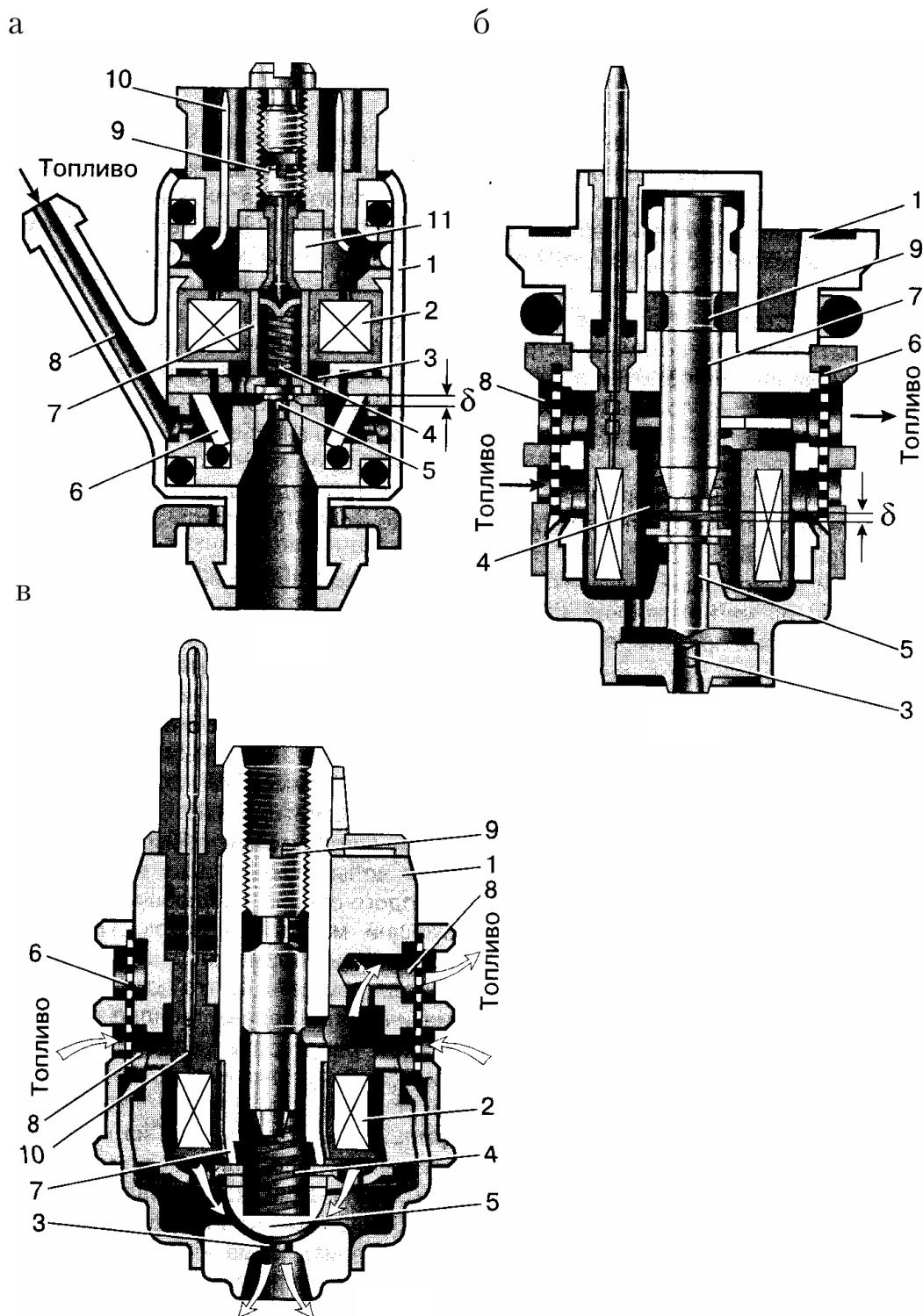


Рис. 3.52. Электромагнитные форсунки:
а, б, в- соответственно – с плоским, конусным и сферическим запирающими элементами; 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита;
3 – жиклер клапана; 4 – пружина; 5 – запирающий элемент;
6 – топливный фильтр; 7 – сердечник электромагнита; 8 – топливные каналы; 9 – регулировочный винт; 10- электрические контакты;
11 – магнитная вставка

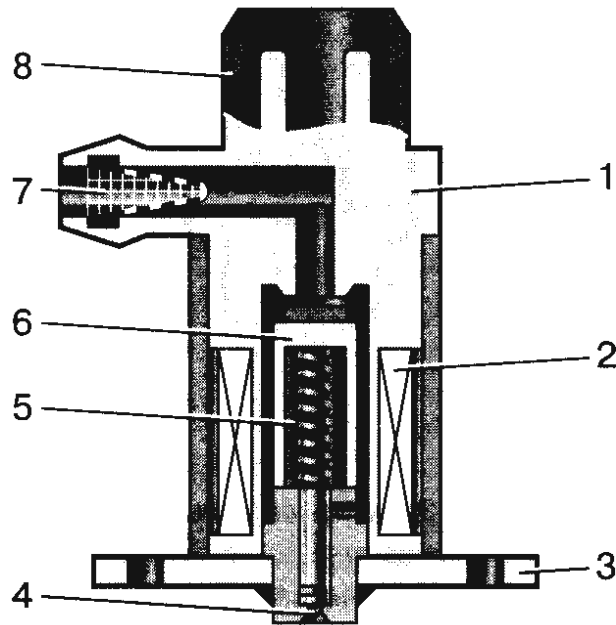


Рис. 3.53. Пусковая форсунка:
 1 – пластмассовый каркас; 2 – обмотка электромагнита; 3 – фланец крепления форсунки; 4 – распылитель; 5 – пружина; 6 – запирающий элемент; 7 – топливоподводящий штуцер с фильтрующим элементом; 8 – электрические контакты

3.10.2. Электромагнитные клапаны. Переключающие устройства

Электромагнитный клапан системы автоматического управления ЭПХХ (рис. 3.54) герметично закрыт, что препятствует попаданию влаги в его внутреннюю полость. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается к стопу (упору) и запорное кольцо перекрывает доступ топлива по каналу системы холостого хода карбюратора. Обратный ход якоря обеспечивает возвратная пружина. Электромагнитный клапан ЭПХХ имеет неразборную конструкцию, отличается простотой, надежностью и малой стоимостью.

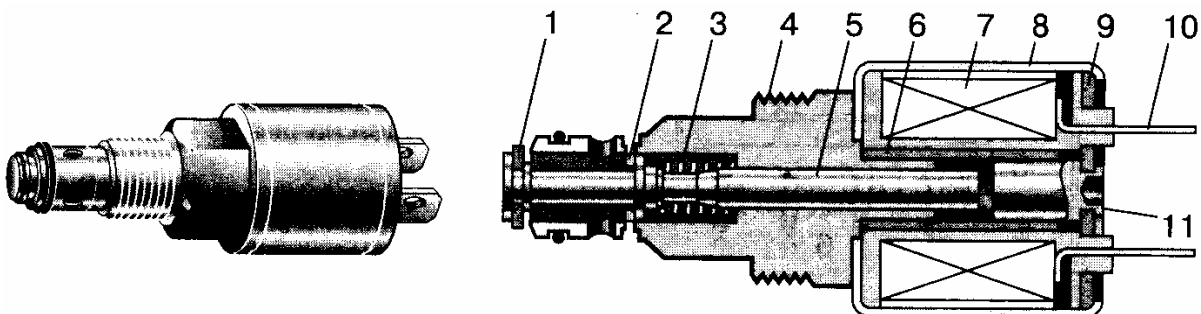


Рис. 3.54. Электромагнитный клапан 3202.3747:
 1 – запорное кольцо; 2 – стопорное кольцо; 3 – пружина; 4 – корпус;
 5 – якорь; 6 – втулка; 7 – катушка электромагнита; 8 – кожух;
 9 – крышка; 10 – штекер; 11 – упор

Примером переключающего устройства систем управления двигателем является пневмоэлектрический клапан системы управления турбонаддувом. Специфика работы в среде с высокой температурой требует предусмотреть меры для охлаждения клапана.

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы. В основном это насосы роторного (роликового) типа (рис. 3.55). Они могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

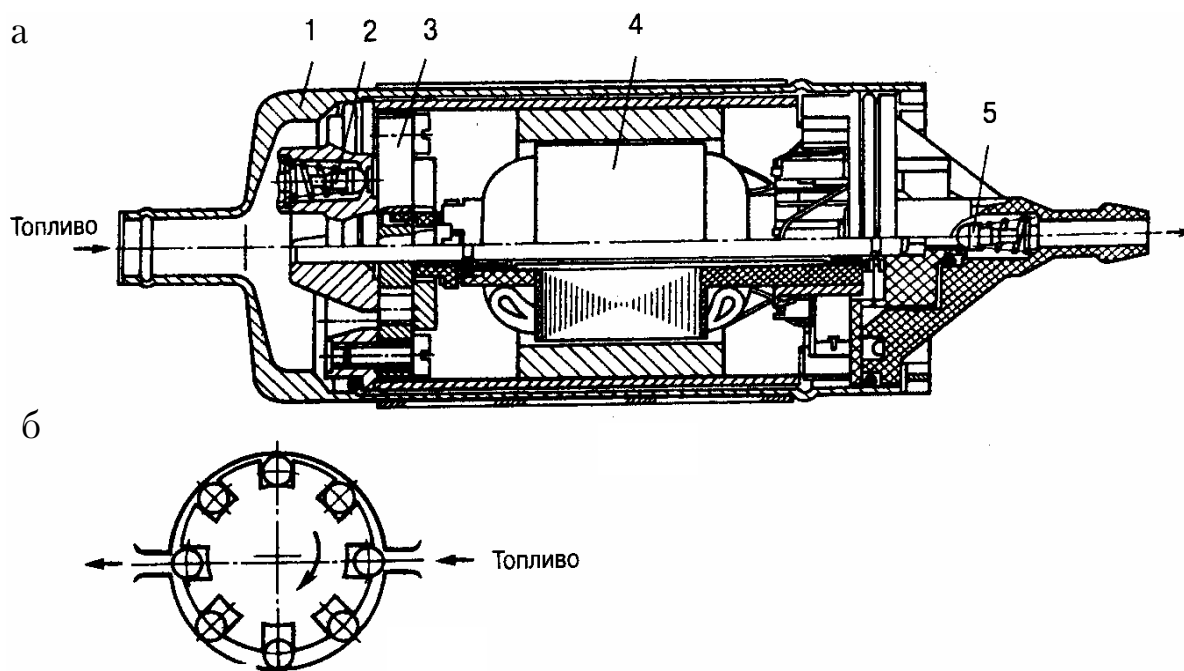


Рис. 3.55. Электрический топливный насос:
 а – продольный разрез; б – схема действия;
 1 – корпус насоса; 2 – предохранительный клапан; 3 – роликовый насос;
 4 – электродвигатель; 5 – обратный клапан

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т.д. Пример системы топливоподачи с таким насосным агрегатом приведен на рис. 3.56.

На рис. 3.57 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем, который имеет четыре обмотки управления, размещенные на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередующимся расположением полюсов. Управление двигателем ведется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки в определенной последовательности.

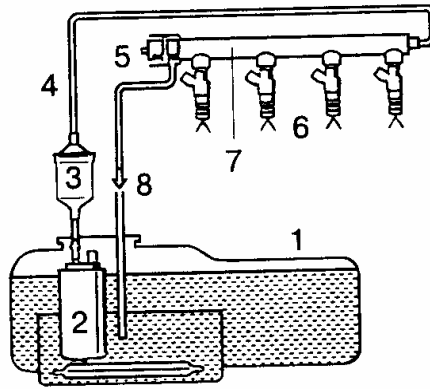


Рис. 3.56. Схема топливоподдачи с топливным насосом, устанавливаемым в топливном баке:

1 – бак; 2 – топливный насос с электроприводом; 3 – топливный фильтр; 4 – нагнетательная магистраль высокого давления; 5 – регулятор давления топлива; 6 – форсунки; 7 – топливопровод с форсунками (непрерывный поток топлива); 8 – возвратная топливная магистраль

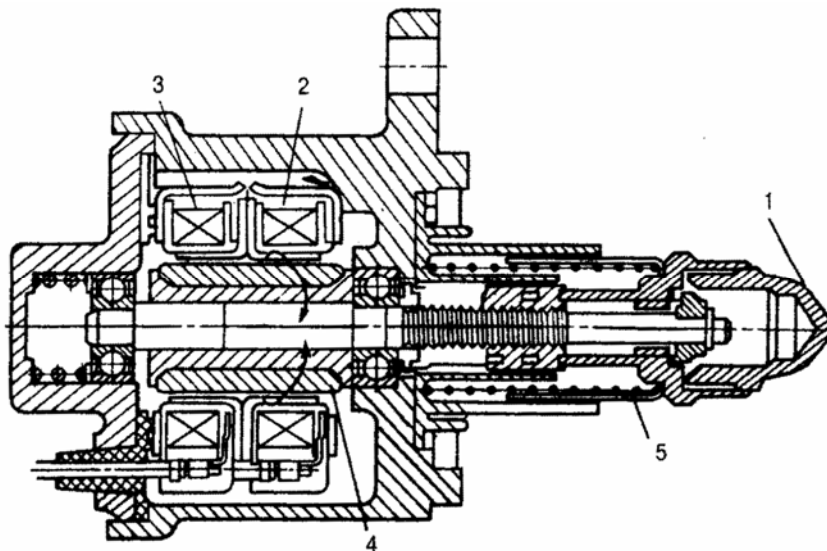


Рис. 3.56. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем: 1 – дросселирующий элемент; 2,3 – обмотки шагового электродвигателя; 4 – ротор шагового электродвигателя; 5 – пружина

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

Контрольные вопросы

1. Общий принцип систем питания с впрыском.
2. Назначение, состав и принцип действия элементов СП «К-Ж».
3. Главная дозирующая система «К-Ж». Назначение, состав и принцип действия.
4. Система пуска и система холостого хода «К-Ж». Принцип действия.
5. Назначение, устройство и принцип действия дозатора-распределителя и регулятора давления.
6. Назначение, устройство и принцип действия регулятора управляющего давления.
7. Назначение, устройство и принцип действия пусковых форсунок.
8. Вспомогательные элементы СП «К-Ж».
9. Устройство СП «КЕ-Ж».
10. Главная дозирующая система «КЕ-Ж». Назначение, состав и принцип действия.
11. Система пуска и система холостого хода «КЕ-Ж». Принцип действия.
12. СП «L-Ж». Особенности устройства и принцип действия.
13. Назначение, устройство и принцип действия расходомера воздуха СП «L-Ж».
14. Цикловая подача топлива и ее параметры.
15. Впрыск топлива и характеристика параметров впрыска.
16. Влияние эксплуатационных параметров на характеристику впрыска.

4. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

4.1. Теоретические основы функционирования системы питания двигателя внутреннего сгорания тяжелого топлива

4.1.1. Схема и параметры подачи топлива

Преобразование химической энергии топлива, поступающего в цилиндр двигателя, в механическую работу должно осуществляться с максимальной экономичностью. Степень преобразования оценивается коэффициентом полезного действия двигателя. Чем выше качество смесеобразования и сгорания, тем выше эффективный коэффициент полезного действия и тем экономичнее двигатель.

Отличительной особенностью дизелей является то, что приготовление и сгорание рабочей смеси происходит в течение короткого промежутка времени – около 0,003–0,005 секунд.

Скорость и полнота сгорания смеси зависят главным образом от момента и интенсивности поступления топлива в камеру сгорания.

Топливо под большим давлением 20–40 МПа (200–400 кг/см²), создаваемым топливной аппаратурой, впрыскивается в цилиндр дизеля. Изменяя продолжительность впрыска, регулируют количество подаваемого топлива. Чем продолжительнее впрыск, тем больше топлива подается в цилиндр дизеля за один цикл.

Наиболее широко распространенная схема подачи топлива в цилиндр дизеля показана на рис. 4.1. Плунжер 12 топливного насоса совершает прямолинейно-возвратное движение во втулке 13. Когда он находится в нижнем положении, топливо через впускное окно 10 поступает в надплунжерное пространство 9. При движении вверх плунжер перекрывает это окно и топливо, приподнимая нагнетательный клапан 7, поступает через образовавшуюся кольцевую щель между клапаном и седлом клапана и топливопровод высокого давления 4 к форсунке. Когда давление топлива на торцевую поверхность иглы форсунки 2 достигнет величины, превышающей усилие пружины, прижимающей иглу форсунки к седлу, игла приподнимется над седлом. Топливо при этом с большой скоростью будет впрыскиваться через сопло форсунки в камеру сгорания. Впрыск прекратится после того, как отсечная кромка движущегося плунжера встретится с отсечным окном 14 во втулке. Длительность впрыска зависит от продолжительности активного хода плунжера, представляющего собой часть хода плунжера, в течение которого происходит нагнетание топлива. Отсечная кромка 11 на плунжере расположена наклонно к его оси. Момент встречи ее с отсечным

окном можно менять поворотом плунжера относительно его оси. При повороте плунжера по часовой стрелке, если смотреть снизу, активный ход увеличивается, при повороте против часовой стрелки – уменьшается.

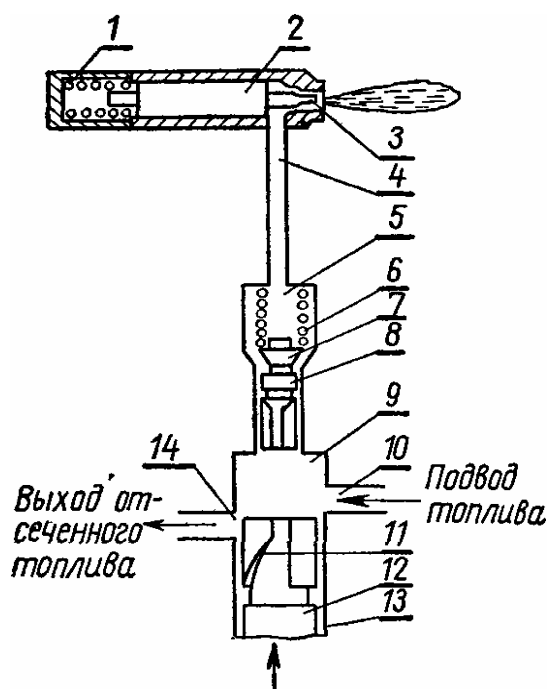


Рис. 4.1. Схема подачи топлива:

1 – пружина форсунки; 2 – игла форсунки; 3 – штифт; 4 – топливопровод высокого давления; 5 – надклапанное пространство; 6 – пружина нагнетательного клапана; 7 – нагнетательный клапан; 8 – разгружающий пояс; 9 – надплунжерное пространство; 10 – впускное окно; 11 – отсечная кромка; 12 – плунжер; 13 – втулка плунжера; 14 – отсечное окно

Подача топлива. Количество топлива, впрыскиваемого форсункой за один ход плунжера, называется *подачей топлива за цикл*. Определяется по формуле

$$q_{\text{ц}} = \frac{g_e N_e k}{60 m_{\text{дв}} i \rho} \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{цикл}, \quad (1)$$

где g_e – эффективный удельный расход топлива при номинальной мощности дизеля, г/э. кВт. ч (г/э.л.с.ч);

N_e – номинальная мощность дизеля, кВт (л.с.);

k – коэффициент перегрузки дизеля;

m – коэффициент тактности дизеля (для двухтактных дизелей $m = 1$, для четырехтактных $m = 0,5$);

$n_{\text{дв}}$ – число оборотов коленчатого вала в минуту при номинальной мощности;

i – число цилиндров дизеля;

ρ – плотность топлива, кг/м³ (г/см³).

Количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр за один цикл на номинальном режиме, в зависимости от рабочего объема цилиндра двигателя, колеблется в пределах 0,06–0,22 см³. При холостом ходе величина подачи снижается в 3–4 раза.

Объем пространства, описанного плунжером в процессе подачи топлива, всегда больше объема впрыснутого топлива.

Объясняется это следующим. Давление в системе топливоподачи в процессе впрыска у дизелей с разделенной камерой сгорания достигает 20–23 Мн/м² (200–230 кПсм²), а в системе с неразделенной камерой сгорания (дизели с непосредственным впрыском) – 30–40 Мн/м² (300–400 кГ/см²). При увеличении давления втулка плунжера деформируется, вследствие чего увеличивается зазор между плунжером и его втулкой. Часть топлива, находящегося в надплунжерном пространстве в процессе впрыска, просачивается через увеличенный зазор в отсечное окно. Под действием высокого давления увеличивается также объем топливопроводящих каналов, а объем сжимаемого топлива несколько уменьшается.

В связи с этим трудно определить расчетным путем объем, описанный плунжером в процессе впрыска. Поэтому влияние указанных факторов учитывается введением в расчетные формулы суммарного коэффициента подачи η_n . Его определяют экспериментальным путем. Его величина колеблется в пределах 0,8–0,85 при давлении начала впрыска 12–12,5 Мн/м² (120–125 кГ/см²). С увеличением давления впрыска коэффициент подачи уменьшается. Объем V_a , описанный плунжером в процессе впрыска, находят по формуле

$$V_a = \frac{q_{ц}}{\eta_n}.$$

Подставляя значения из формулы (1), получим, см³,

$$V_a = \frac{g_e N_e k}{60 m n_{дв} i \rho \eta} \cdot 10^3. \quad (2)$$

Активный ход плунжера $S_{пл.акт}$, см, для заданной мощности будет равен

$$S_{пл.акт} = \frac{g_e N_e k}{15 \pi d_{пл}^2 m n_{дв} i \rho \eta} \cdot 10^3, \quad (3)$$

где $d_{пл}^2$ – диаметр плунжера, см.

4.1.2. Характеристика впрыска

Мощность и экономичность дизеля зависят от величины подачи топлива. Однако при равном количестве топлива, поданном в цилиндр двигателя с разной интенсивностью, образуется разное количество энергии, поэтому в процессе проектирования двигателя принимают величину интенсивности и продолжительности подачи такими, чтобы обеспечить наивыгоднейшие показатели и оптимальную долговечность двигателя. Обычно эти показатели зависят от скорости и характера движения плунжера, конструкции нагнетательного клапана, длины и объема трубопроводов, устройства форсунок и других конструктивных факторов.

Скорость движения плунжера определяют методом графического дифференцирования кривой перемещения плунжера по углу поворота кулачка. В начале впрыска на номинальном скоростном режиме она находится в пределах 1,1–1,8 м/с.

Участок поверхности кулачка, на протяжении которого происходит впрыск топлива, называется рабочим. Профиль кулачка подбирают таким, чтобы он обеспечил получение необходимой интенсивности подачи топлива.

Скорость плунжера при повороте кулачка возрастает, а затем замедляется. Когда ролик толкателя достигнет вершины кулачка, движение плунжера прекращается.

Эта конструктивная особенность механизма привода позволяет устанавливать начало подачи топлива так, что, когда впускное окно во втулке плунжера открыто, плунжер движется медленно. Поэтому надплунжерное пространство больше заполняется топливом.

При увеличении перекрытия впускного окна скорость плунжера возрастает. В единицу времени плунжер подает топлива больше, чем оно успевает вытечь через форсунку. Поэтому давление топлива в надплунжерном пространстве также возрастает. Чем выше давление, тем больше дальнобойность струи топлива, выходящей из форсунки, и тем на более мелкие капли оно распыливается. В топливных насосах окончание впрыска на номинальном режиме происходит в момент наибольшей скорости движения плунжера.

Секундный расход топлива, впрыскиваемого форсункой в данный момент (интенсивность истечения), определяют по формуле

$$Q = \mu f_0 \sqrt{2g \frac{P_\phi - P_\pi}{\gamma}}, \quad (4)$$

где μ – коэффициент расхода топлива через сопловые отверстия форсунки, который колеблется в пределах 0,6–0,9;

f_0 – площадь проходного сечения сопловых отверстий форсунки, м^2 (см^2);

g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$ ($\text{см}/\text{с}^2$);

P_ϕ – давление впрыска, $\text{Н}/\text{м}^2$ ($\text{кГ}/\text{см}^2$);

P_π – давление в цилиндре дизеля в момент впрыска топлива, $\text{Н}/\text{м}^2$ ($\text{кГ}/\text{см}^2$);

γ – удельный вес топлива, $\text{Н}/\text{м}^3$ ($\text{кГ}/\text{см}^3$).

Из формулы (4) видно, что интенсивность истечения топлива зависит от величины сечения сопловых отверстий форсунки, качества топлива, давления в форсунке перед сопловым отверстием и давления в цилиндре двигателя в момент впрыска. В процессе впрыска коэффициент расхода топлива изменяется, так как изменяются величина и форма проходного сечения сопловых отверстий и разность величин давления впрыска и давления в цилиндре в момент впрыска топлива. Размер проходного сечения сопла и перепад давления также влияют на величину коэффициента μ .

Давление впрыска P_ϕ зависит от величины затяжки пружины форсунки, гидравлического сопротивления сопел, диаметра и скорости движения плунжера, деформации топливопроводов и др.

У предкамерных и вихрекамерных двигателей P_ϕ находится в пределах 12-14,5 $\text{Мн}/\text{м}^2$ (120-145 $\text{кГ}/\text{см}^2$), а у двигателей с непосредственным впрыском – в пределах 17-40 $\text{Мн}/\text{м}^2$ (170-400 $\text{кГ}/\text{см}^2$).

Величина P_π в начале впрыска колеблется в пределах 3,5-4,0 $\text{Мн}/\text{м}^2$ (35-40 $\text{кГ}/\text{см}^2$).

В практике интенсивность истечения топлива из форсунки определяют экспериментальным методом. Сущность его заключается в том, что топливо, выходящее из форсунки, улавливают специальными ячейками на разных фазах развития струи. Продолжительность впрыска, выраженная в градусах угла поворота кулачкового вала, делится на несколько характерных участков. При установившемся режиме подачи топлива оно улавливается ячейками за несколько сот впрысков, последовательно, на каждой фазе (участке) впрыска. Ячейки обычно подбирают так, чтобы их ширина соответствовала одному градусу поворота кулачкового вала. Зная количество впрысков и

взвесив топливо в ячейках, определяют количество топлива, поданного форсункой за один впрыск на каждой фазе. Полученные данные можно выразить графически, отложив по оси абсцисс угол поворота кулачкового вала, а по оси ординат количество топлива, впрыснутого в течение поворота вала на один градус (рис. 4.2).

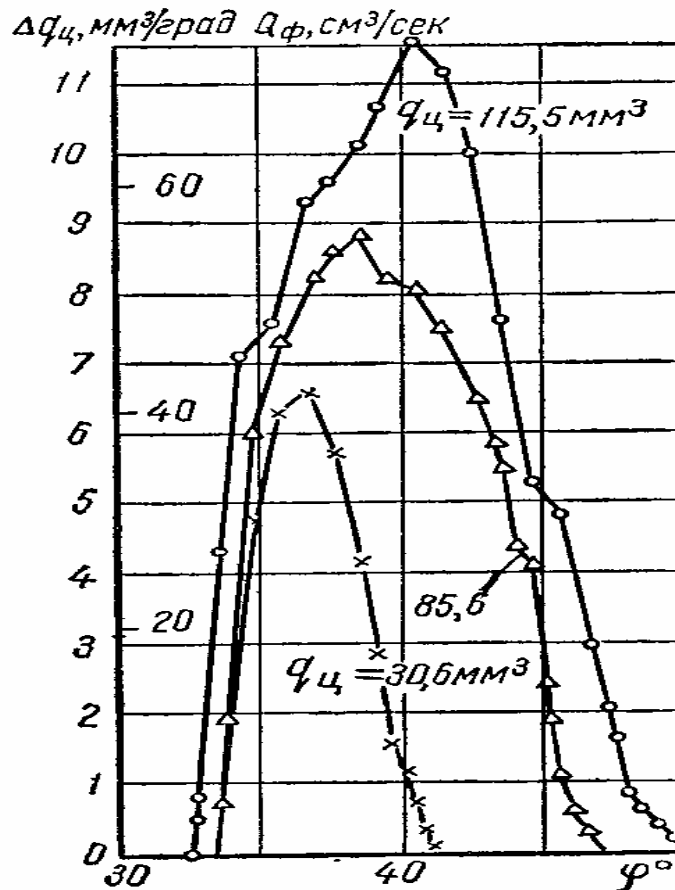


Рис. 4.2. Характеристики впрыска топлива при разной величине цикловой подачи (топливная аппаратура дизеля ЯМЗ-236, скоростной номинальный режим работы):
 $q_{ц}$ – подача топлива на градус угла φ поворота кулачкового вала, мм³;
 $Q_{ф}$ – объемная скорость истечения топлива из форсунки, см³/с

Зависимость количества впрыскиваемого топлива от угла поворота кулачкового вала называется *характеристикой впрыска*. Протекание характеристики впрыска зависит от соотношения сечений плунжера и сопловых отверстий форсунки, профиля кулачка топливного насоса, конструкции и регулировки форсунки, длины и диаметра топливопровода высокого давления и др.

4.2. Влияние эксплуатационных факторов на характеристику впрыска

Процесс сгорания и выделения тепла можно в известных пределах регулировать интенсивностью подачи топлива в цилиндры дизеля. Характер процесса сгорания определяет изменение давления газов в цилиндре. Поэтому характеристика впрыска и тонкость распыливания топлива являются основными факторами, оказывающими влияние на эффективность работы дизеля. Характеристика впрыска зависит главным образом от величины подачи за цикл, числа оборотов коленчатого вала и регулировки форсунки. Для достижения максимальной эффективности дизеля желательно, чтобы процесс сгорания осуществлялся в тот момент, когда поршень находился как можно ближе к верхней мертвой точке (в.м.т.), начало и конец впрыска топлива отличались резкостью и четкостью, а подача топлива оставалась постоянной по углу поворота коленчатого вала и была бы настолько короткой, насколько это возможно, чтобы обеспечить полное сгорание топлива. Однако в реальных условиях начало сгорания наступает несколько позже момента начала поступления топлива в цилиндр. Для термохимической подготовки рабочей смеси к воспламенению требуется некоторый промежуток времени.

Если интенсивность подачи топлива в начальной фазе будет такая же, как и на всем протяжении впрыска, то к моменту воспламенения в цилиндре накопится значительное количество топлива. В начальный период сгорания будет выделяться большое количество тепла, что приведет к жесткой работе дизеля. Для предотвращения этого необходимо подавать топливо на один градус угла поворота вала в начальный период впрыска несколько меньше, чем в дальнейшем, т.е. постепенно увеличивать интенсивность поступления топлива в цилиндр. Это достигается за счет некоторого увеличения общей продолжительности впрыска.

Характеристика впрыска и тонкость распыливания топлива изменяются в зависимости от скорости вращения кулачкового вала насоса, величины подачи и перепада давления, при котором происходит истечение топлива из форсунки. Продолжительность истечения при большой подаче может превышать продолжительность активного геометрического хода плунжера, что объясняется сжимаемостью топлива и дросселированием его в отсечном окне при разгрузке системы подачи топлива после впрыска. В условиях эксплуатации при изменении нагрузки на коленчатом валу дизеля изменяются положение рейки и скорость вращения кулачкового вала топливного насоса. При этом

каждому новому режиму работы дизеля соответствует другая характеристика впрыска. На рис. 4.2 приведены характеристики впрыска для нескольких положений рейки топливного насоса дизеля ЯМЗ-236.

Скорость вращения кулачкового вала топливного насоса. В топливных насосах золотникового типа изменение скорости вращения кулачкового вала насоса не вызывает изменения величины хода плунжера. Однако характеристика впрыска при этом изменяется.

Вызывается это дросселированием топлива в отверстиях втулки плунжера и утечкой его через зазоры между плунжером и втулкой и между корпусом и иглой распылителя. Утечку можно уменьшить, сократив продолжительность впрыска путем увеличения скорости вращения кулачкового вала. Это увеличит подачу топлива за цикл. Однако с увеличением скорости вращения кулачкового вала ухудшается наполнение надплунжерного пространства из-за возрастания дросселирования на впуске, вследствие чего уменьшается подача топлива за цикл.

В результате увеличение скорости вращения лишь до определенного предела приводит к увеличению подачи топлива за цикл.

Начало впрыска, выраженное в градусах угла поворота кулачкового вала топливного насоса, смещается в сторону запаздывания впрыска, т.е. кулачковый вал повернется на некоторый угол за время задержки начала выхода топлива из сопла форсунки. Продолжительность запаздывания в секундах может быть подсчитана по формуле

$$\tau = \frac{\varphi_{\text{зап.впр}}}{6n_n},$$

где $\varphi_{\text{зап.впр}}$ – запаздывание впрыска, выраженное в градусах угла поворота кулачкового вала;

n – скорость вращения кулачкового вала, об/мин.

Продолжительность запаздывания впрыска складывается из времени, необходимого для прохождения волны давления от насоса к форсунке, и времени, требуемого для возрастания давления от величины остаточного давления в трубопроводе высокого давления до давления, при котором начинается истечение топлива из сопла форсунки.

При увеличении скорости вращения кулачкового вала насоса остаточное давление в системе подачи топлива возрастает, что связано с уменьшением продолжительности утечки топлива через зазоры в нагнетательных клапанах между sprays. Это ведет к сокращению периода запаздывания.

Моменты отсечки подачи топлива и посадки нагнетательного клапана в седло при изменении скоростного режима остаются постоянными.

ными по углу поворота вала, но продолжительность впрыска изменяется.

С увеличением скорости вращения кулачкового вала конец подачи смещается в сторону запаздывания, а начало подачи – в сторону опережения. Поэтому продолжительность впрыска, выраженная в градусах угла поворота (линейная зависимость от скорости вращения), возрастает. Продолжительность впрыска, выраженная в секундах (гиперболическая зависимость от скорости вращения), уменьшается.

При повышении скорости вращения кулачкового вала увеличивается интенсивность истечения топлива из форсунки вследствие повышения среднего давления впрыска. Увеличение давления впрыска сопровождается ростом периода запаздывания ввиду большего сжатия топлива и деформации топливопроводов. Чем выше давление начала впрыска топлива, тем больше период запаздывания.

Изменение подачи топлива за цикл в насосах золотникового типа достигается изменением величины активного хода плунжера. Чем больше активный ход, тем больше подача. Момент начала впрыска практически не зависит от величины подачи. Это объясняется тем, что остаточное давление не зависит от подачи. Однако максимальное давление впрыска при увеличении подачи незначительно возрастает.

Продолжительность впрыска увеличивается пропорционально росту подачи, т.е. находится в прямой зависимости от величины активного хода плунжера.

На рис. 4.2 показаны характеристики впрыска, полученные при разной величине цикловой подачи. Начальная фаза впрыска протекает одинаково при любой величине подачи, поэтому восходящие ветви характеристик практически накладываются одна на другую. По мере увеличения подачи нисходящие ветви характеристик сдвигаются в сторону больших подач на несколько градусов угла поворота, а момент окончания впрыска сдвигается в сторону запаздывания. У насосов золотникового типа начало впрыска практически не зависит от подачи, а продолжительность впрыска возрастает соответственно увеличению подачи.

Давление впрыска. Эффективность рабочего процесса дизеля зависит не только от характеристики подачи и момента впрыска топлива, но и от качества распыливания. Топливо должно быть распределено по всему объему камеры сгорания. В каждой единице объема сжатого воздуха должно содержаться одинаковое количество как можно более мелких частиц впрыскиваемого топлива.

Топливо дробится и равномерно распределяется в камере сгорания топливоподающей аппаратурой и возникающими в камере воздушными вихрями. В частности, в вихрекамерных двигателях топливо допол-

нительно дробится потоками воздуха, перетекающего из рабочего цилиндра в камеру, и при обратном прохождении газов из камеры сгорания.

Эффективность распыливания топлива повышается с увеличением числа оборотов двигателя.

Качество распыливания топлива определяют тонкостью и однородностью, дальностью и углом конуса струи, а также относительным распределением топлива по длине и в поперечном сечении струи.

Тонкость распыливания топлива оценивается средним диаметром капли. Чем меньше диаметр, тем тоньше распыливание. Однородность распыливания определяется пределами изменения величины диаметра капель: чем меньше разница между наибольшим и наименьшим диаметрами капель в струе, тем однороднее распыливание.

Под дальностью струи понимается глубина проникновения конца струи в толщу воздуха в зависимости от времени.

Углом конуса называют угол между касательными к контуру струи, сходящимися у сопла форсунки.

Форма и характер разрушения струи в процессе проникновения ее в камеру сгорания зависят от давления впрыска, противодействия, т.е. плотности среды, в которую впрыскивается топливо, скорости вращения кулачкового вала, вязкости топлива и конструкции сопла.

Давлением впрыска называется давление топлива перед сопловым отверстием в момент впрыска. Величина давления впрыска зависит от величины давления начала отрыва иглы форсунки, т.е. от регулировки форсунки и скоростного режима. С повышением давления впрыска увеличивается скорость истечения топлива и уменьшается средний диаметр капель (рис. 4.3).

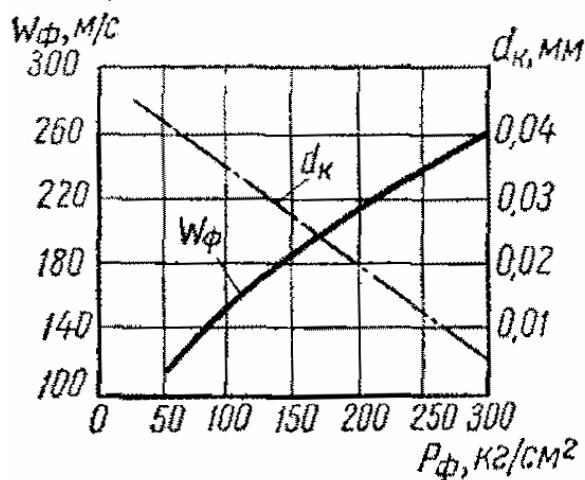


Рис. 4.3. График зависимости скорости движения переднего фронта факела W_ϕ и диаметра капель топлива d_k от давления впрыска P_ϕ .

Распределение капель разного размера в струе топлива зависит от перепада давления (рис. 4.4). По оси абсцисс отложен средний диаметр капель d_k , по оси ординат – отношение объема капель одинакового диаметра A к объему всех капель в этой части струи, %. Чем выше перепад давлений, тем меньше диаметр капель и тем однороднее распыливание. При уменьшении перепада давлений средний диаметр капель возрастает, ухудшается однородность распыливания и повышается дальнобойность струи. Особенно большое значение эти факторы имеют для двигателей непосредственного впрыска. Для двигателей вихрекамерного смесеобразования их влияние сказывается в меньшей степени, так как качество смесеобразования улучшается благодаря воздушным вихрям.

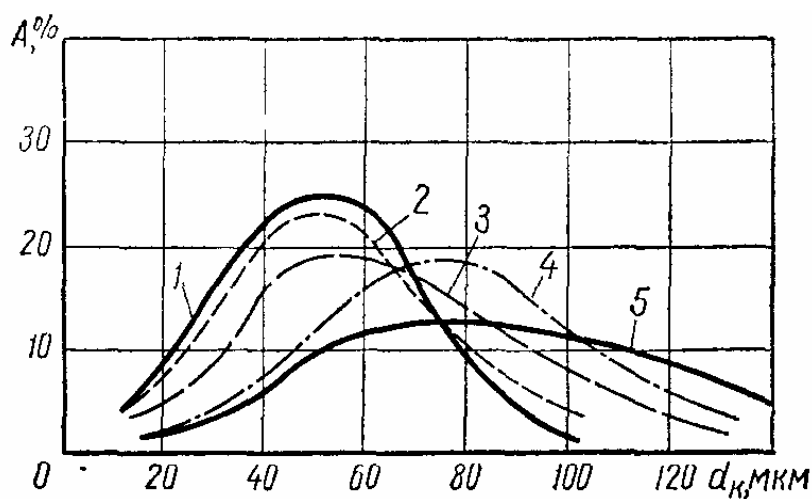


Рис. 4.4. График распределения капель топлива среднего диаметра d_k в струе при перепаде давления:
 1 – 400 кГ/см²; 2 – 292 кГ/см²; 3 – 160 кГ/см²;
 4 – 62,5 кГ/см²; 5 – 31,6 кГ/см²

Если у вихрекамерных двигателей дальнобойность струи мала, то топливо распределяется в небольшом объеме камеры сгорания и на ее периферии появляются зоны с избытком воздуха, в центре же камеры может быть его недостаток. Сгорание в этом случае будет перемещаться в такт расширению. При большой дальнобойности струи топливо попадает на стенки камеры сгорания и днище поршня, что для этого типа двигателей нежелательно.

Экономичность двигателя при этом ухудшается. Дальнобойность струи для каждого типа дизелей должна представлять собой определенную величину. Однако она не является постоянной, а зависит от давления впрыска, быстроходности двигателя, величины подачи топлива.

При увеличении давления впрыска возрастает перепад давления в сопле форсунки и в камере сгорания, что и приводит к увеличению дальнобойности факела распыленного топлива.

Зависимость дальности факела от давления впрыска за время 0,0025 с при постоянном противодавлении показана на рис. 4.5. С увеличением давления дальность возрастает. При повышении скорости вращения кулачкового вала топливного насоса увеличивается скорость движения плунжера, а это также способствует росту дальности струи (рис. 4.6).

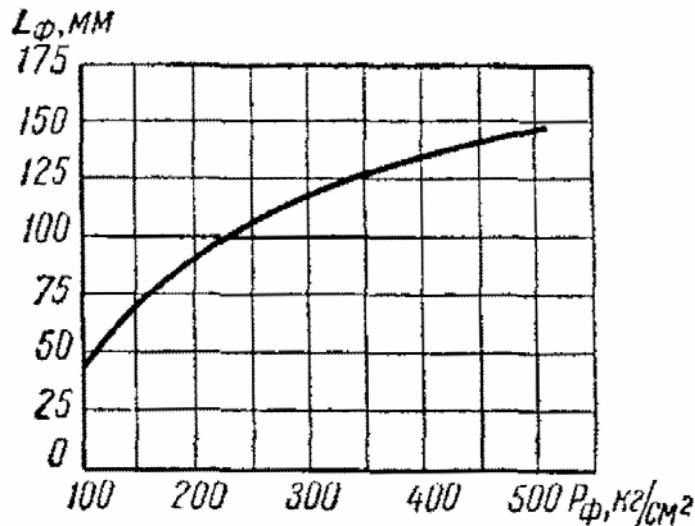


Рис. 4.5. График зависимости дальности факела L_ϕ от давления впрыска P_ϕ

Давление начала впрыска оказывает влияние на момент начала и продолжительность впрыска, тонкость и однородность распыливания топлива и резкость отсечки. Подача топлива за цикл возрастает по мере снижения давления начала впрыска (рис. 4.7). В этом случае игла форсунки поднимается раньше и садится в гнездо позже.

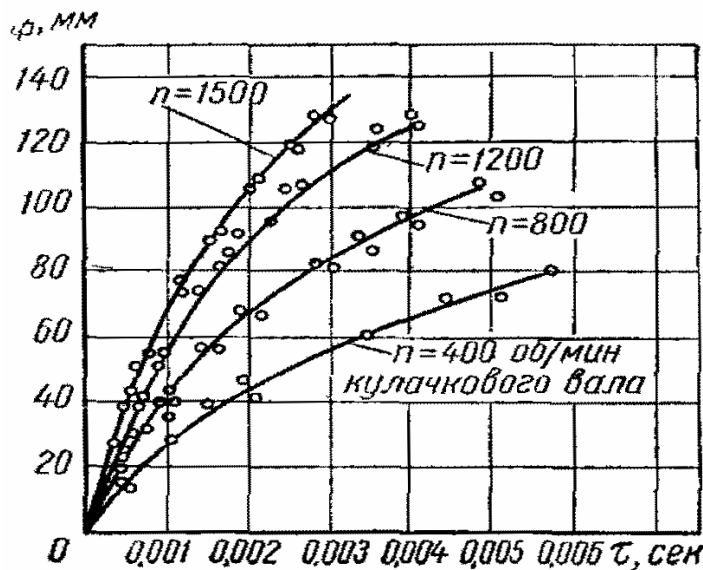


Рис. 4.6. График зависимости дальности факела L_ϕ от скорости вращения кулачкового вала топливного насоса:
 τ – время от начала впрыска

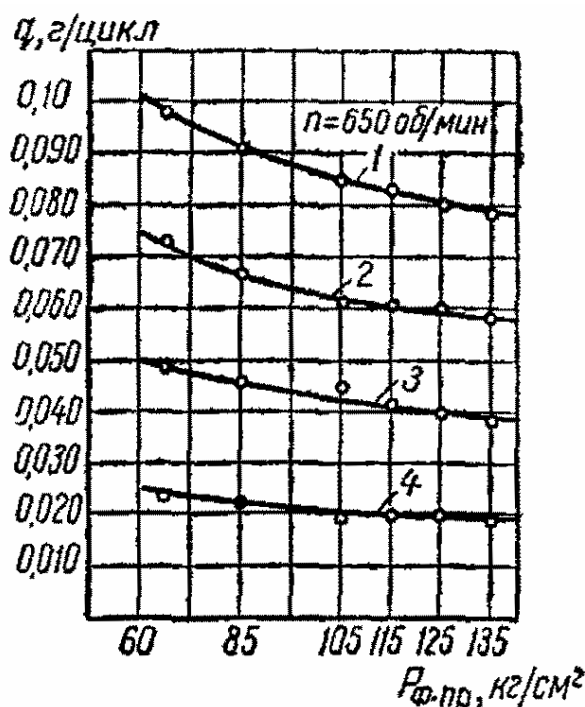


Рис. 4.7. График зависимости величины цикловой подачи топлива от давления начала впрыска топливом форсункой $P_{ф.вр}, \text{кг/см}^2$, при положениях рейки насоса, соответствующих подаче топлива: 1 – 100 %; 2 – 75 %; 3 – 50 %; 4 – 25 %

Поздняя посадка вызывается значительным снижением давления конца впрыска при малом давлении начала впрыска. При снижении давления начала впрыска ухудшается запуск двигателя.

4.3. Особенности рабочего процесса дизеля

В процессе впрыска топливо поступает в камеру сгорания, в которой находится сжатый воздух.

По конструкции камеры сгорания делятся на неразделенные – камеры непосредственного впрыска и разделенные – вихрекамерные и предкамерные.

В дизелях непосредственного впрыска камера сгорания представляет собой пространство, ограниченное днищем поршня и плоскостью головки. В этом пространстве топливо распыливается, смешивается с воздухом и сгорает. Завихрения, благодаря которым топливо надежно перемешивается с воздухом, получают за счет днища поршня и шторок на впускных клапанах. На двигателях непосредственного впрыска применяют многодырчатые форсунки. Количество сопловых отверстий, их сечение и направление струй топлива зависят от конструкции камеры сгорания. При высоком давлении впрыска $17\text{--}40 \text{ Мн/м}^2$ (170400 кг/см^2)

топливо хорошо раздробляется и достаточно глубоко проникает в среду сжатого воздуха.

В дизелях с разделенными камерами пространство сжатия состоит из камеры в головке цилиндров (вихревой камеры или предкамеры) и камеры над поршнем (основной), которые соединены между собой одним или несколькими отверстиями. В процессе сжатия и сгорания газы перетекают из надпоршневого пространства (основной камеры) в дополнительную камеру, а из нее – в основную. Благодаря этому топливо интенсивно смешивается с воздухом. Поэтому топливо в двигателях с разделенными камерами впрыскивается при давлении 10–14 МПа (100–140 кГ/см²). Для этого используют штифтовые или бесштифтовые форсунки.

Давление впрыска в зависимости от конструкции двигателя составляет 17–20 МПа (170–200 кГ/см²).

Таким образом, протекание процесса смесеобразования зависит от типа камеры сгорания, конструктивных особенностей двигателя и топливной аппаратуры. Однако общий принцип работы дизеля сохраняется.

Жидкое топливо поступает в камеру сгорания, в которой находится воздух, сжатый до 3,5–4 МПа (35–40 кГ/см²) и нагретый до 600–700 °С. Топливо в камере сгорания быстро нагревается и испаряется. На испарение расходуется тепло, равное по величине скрытой теплоте парообразования. Поглощение тепла приводит к охлаждению воздуха, окружающего частицы топлива. Для нагрева этого воздуха и повышения температуры паров топлива до температуры самовоспламенения требуется некоторый промежуток времени. Поэтому топливо воспламеняется не сразу после поступления в камеру сгорания, а спустя некоторый период времени, называемый *периодом задержки воспламенения*. Он представляет собой промежуток времени от момента начала поступления топлива в камеру сгорания до момента самовоспламенения. После воспламенения отдельных частичек топлива ускоряется процесс его окисления, увеличивается выделение тепла и повышается давление в камере сгорания. При этом усиливается контакт между топливом и воздухом и процесс горения развивается более интенсивно. В дальнейшем топливо испаряется благодаря теплу, выделяющемуся при горении.

Температура самовоспламенения зависит от давления в камере сгорания, количества и момента поступления последующих порций топлива, интенсивности рассеивания тепла путем конвекции и теплопроводности, от качества топлива и др. При установившемся горении поступающие в камеру частички топлива немедленно воспламеняются. Скорость горения при этом зависит от скорости движения капель в

камере, т.е. от скорости подвода воздуха, богатого кислородом, к топливу и от скорости отвода продуктов сгорания.

Процесс сгорания обычно рассматривают как процесс выделения тепла при изменении давления в цилиндре. Его записывают в виде индикаторной диаграммы, по которой судят о протекании рабочего процесса, при этом процесс условно делят на 3 фазы. Первая фаза I (рис. 4.8) – период задержки воспламенения, вторая – II – период быстрого сгорания, третья – III – период замедленного сгорания.

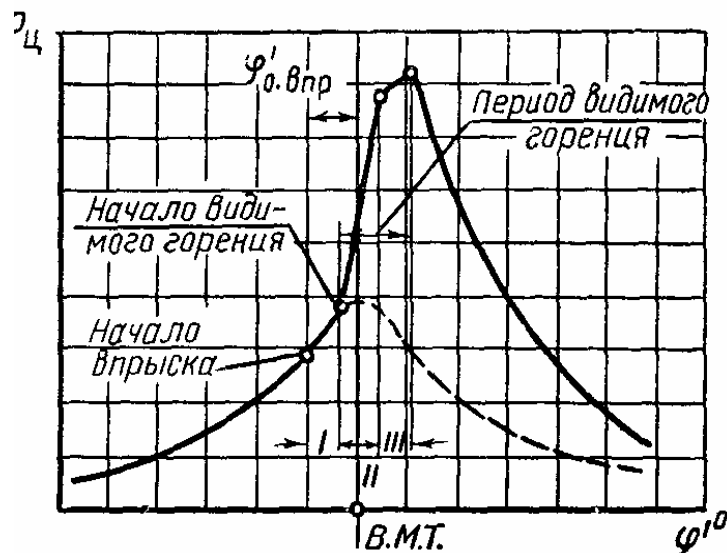


Рис. 4.8. Индикаторная диаграмма дизеля: I, II и III – фазы процесса сгорания топлива; $\varphi'_{о.впр}$ – угол опережения впрыска топлива

Первая фаза процесса сгорания. Она включает в себя период с начала поступления топлива в камеру сгорания до момента образования первых очагов пламени. На индикаторной диаграмме в течение этой фазы не наблюдается заметных изменений в протекании линии сжатия: давление в цилиндре продолжает увеличиваться так, как будто топливо не начало поступать в него. При этом количество топлива, впрыснутое в цилиндр за указанный период времени, слишком мало, чтобы охладить сжимающиеся газы и снизить давление в цилиндре.

При увеличении продолжительности первой фазы в камере сгорания к моменту воспламенения накапливается значительное количество топлива, сгорание которого, как было ранее сказано, ведет к жесткой работе двигателя.

Период задержки воспламенения должен быть определенной постоянной величины. Однако условия работы двигателя не остаются постоянными, а изменяются в зависимости от температуры воздуха, поступающего в цилиндр, интенсивности и направления вихревых движений воздуха в камере сгорания, химического состава топлива, угла опережения впрыска, давления впрыска, тонкости распыливания, количества впрыскиваемого топлива (нагрузки), оборотов двигателя и др.

Подогрев воздуха, поступающего в цилиндр, повышает его температуру к моменту поступления топлива, интенсивные вихревые движения воздуха в камере сгорания улучшают перемешивание топлива с воздухом, увеличивают теплообмен между ними, способствуют более полному использованию кислорода. Благодаря этим условиям период задержки воспламенения сокращается. Однако при низких степенях сжатия сильные вихревые движения могут привести к тому, что теплоотдача через стенки камеры сгорания увеличится, и период задержки воспламенения возрастет из-за снижения температуры смеси.

Химический состав топлива оказывает большое влияние на повышение давления в камере сгорания и на продолжительность периода задержки воспламенения.

Лучшим дизельным топливом с точки зрения величины периода задержки воспламенения являются топлива парафинового ряда. Они обладают слабой связью углеродистых атомов и в случае применения такого топлива продолжительность периода задержки воспламенения будет наименьшей.

Однако окончательно судить о соответствии топлива требованиям, предъявляемым для использования в данном двигателе, можно только по результатам моторных испытаний.

Угол опережения впрыска представляет собой угол, на который кривошип коленчатого вала дизеля не доходит до в.м.т. в момент начала впрыска топлива. Для каждой конструкции дизеля наивыгоднейшее значение угла опережения впрыска зависит от способа смесеобразования, степени сжатия, литража двигателя, характеристики подачи топлива, быстроходности двигателя. В каждом конкретном случае его оптимальную величину подбирают экспериментальным путем. При увеличении угла опережения впрыска топливо, поступающее в камеру сгорания, попадает в более холодную среду с низким давлением, а следовательно, и с меньшей объемной концентрацией кислорода. Воспламенение топлива вследствие этого задерживается, а продолжительность первой фазы возрастает. В цилиндре накапливается значительное количество топлива, которое сгорает до прихода поршня в в.м.т., при этом возрастает жесткость работы двигателя.

При поздней подаче топлива (после прохождения поршнем в.м.т.), хотя температура сжатого воздуха и благоприятна для воспламенения, вследствие движения поршня вниз давление быстро снижается, поэтому воспламенение топлива задерживается и продолжительность первой фазы возрастает, хотя и менее интенсивно, чем при увеличении угла опережения впрыска. Сгорание в этом случае протекает вяло и экономичность двигателя ухудшается.

Давление начала впрыска для каждого двигателя устанавливают определенной величины. Увеличение давления начала впрыска

приводит к дополнительному запаздыванию начала впрыска. Игла форсунки в конце впрыска садится в гнездо при более высоком давлении топлива. Конец впрыска получается резче, а общая продолжительность впрыска короче. При этом увеличивается дальность струи и улучшается качество распыливания топлива. Поэтому топливо лучше перемешивается с воздухом и продолжительность периода задержки воспламенения сокращается. Однако величина давления начала впрыска не должна превосходить определенного, установленного для каждого двигателя значения. При высоком давлении энергия струи топлива достигает таких размеров, что она, проникая через толщу сжатого воздуха, попадает на стенки камеры и охлаждается (сказанное не относится к двигателям с пленочным распыливанием). Вследствие этого увеличивается период задержки воспламенения и ухудшается экономичность двигателя.

При снижении давления начала впрыска начальная скорость истечения топлива, выходящего из форсунки, уменьшается. Качество распыливания топлива и смесеобразования ухудшается. Снижение давления до определенного предела позволяет получить достаточное количество капель малого размера для своевременного воспламенения топлива, поэтому период задержки воспламенения практически не возрастает. Однако значительное снижение давления начала впрыска ведет к ухудшению рабочего процесса двигателя.

Нагрузка двигателя оказывает влияние на продолжительность первой фазы вследствие изменения количества топлива, поступающего в цилиндр. Увеличение нагрузки сопровождается большей подачей топлива за цикл. Тепловая напряженность двигателя повышается, улучшаются условия для подготовки рабочей смеси и поэтому сокращается период задержки воспламенения. Следовательно, продолжительность первой фазы с увеличением нагрузки уменьшается.

Изменение скорости вращения коленчатого вала двигателя приводит к изменению угла опережения, давления и продолжительности впрыска, тонкости распыливания. Все эти факторы вызывают изменение периода задержки воспламенения. На его величину также оказывает влияние интенсивность турбулентного движения воздуха.

Вторая фаза процесса сгорания включает в себя период с момента появления первых очагов пламени до охвата пламенем всего объема камеры сгорания. В этой фазе резко повышается давление. Характер протекания второй фазы зависит от продолжительности первой, от однородности и вихревого движения смеси, скорости подачи топлива. Чем длительнее первая фаза, тем выше скорость сгорания и жестче работа двигателя.

Неоднородность рабочей смеси уменьшает скорость распространения пламени. Процесс протекает более продолжительное время и его

эффективность снижается. Усиление вихревых движений в камере улучшает качество смесеобразования и процесс сгорания. Возрастание скорости подачи топлива благоприятно сказывается на протекании рабочего процесса. Желательно, чтобы скорость впрыска возрастала непрерывно. Увеличение давления впрыска ускоряет процесс сгорания, что объясняется улучшением тонкости распыливания, увеличением дальности и улучшением равномерности распределения топлива в камере сгорания.

Третья фаза процесса сгорания характеризуется более высоким давлением и температурой. Благодаря этому сокращается продолжительность периода задержки воспламенения топлива, которое продолжает поступать в цилиндр. Однако к концу этого периода уменьшается концентрация кислорода в камере и возрастает время задержки воспламенения топлива, выходящего из форсунки. Для улучшения сгорания топлива и сокращения продолжительности третьей фазы может быть использована дальность струи. Струя, обладающая большей дальностью, глубже проникает в толщу сжатого газа и попадает в зоны с большей концентрацией кислорода. Увеличения дальности струи достигаются повышением давления впрыска.

Требования, предъявляемые к дизельной топливоподающей аппаратуре

Основные требования, которые предъявляются к топливоподающей аппаратуре:

1. *Создавать высокое давление в системе топливоподачи.*

2. *Впрыскиваемое топливо должно преодолеть сопротивление сжатого воздуха и проникнуть в глубь камеры сгорания, раздробившись при этом на мельчайшие частички.* Крупные капли полностью не сгорают и образуют нагар на стенках камеры и на днище поршня. Поэтому топливо должно подаваться под высоким давлением, обеспечивающим хорошее распыливание. Наивыгоднейшая величина давления впрыска, которая должна поддерживаться в процессе эксплуатации, зависит от конструкции двигателя.

3. *Отмеривать (дозировать) порции топлива, соответствующие нагрузке дизеля.* Топливная аппаратура должна подавать такое количество топлива, которое соответствовало бы нагрузке дизеля на любом заданном скоростном режиме.

В тракторных дизелях за один впрыск на режиме номинальной мощности подается от 0,060 до 0,220 см³ топлива. У дизелей одинакового типа подача тем выше, чем больше рабочий объем цилиндра. На режиме холостого хода подача за цикл уменьшается в 3-4 раза.

4. *Подавать топливо в камеру сгорания в определенный момент.* Момент впрыска топлива оказывает большое влияние на процесс воспламенения и сгорания; от него в значительной степени зависят такие важные показатели, как период задержки воспламенения, скорость нарастания давления, максимальное давление сгорания, полнота сгорания топлива и другие показатели, оказывающие влияние на мощность, экономичность и долговечность дизеля.

Момент начала впрыска топлива в цилиндр двигателя определяется величиной угла опережения впрыска, который, в свою очередь, зависит от угла опережения подачи топлива. Угол, на который не доходит кривошип коленчатого вала дизеля до в.м.т. в момент начала выхода топлива из штуцера топливного насоса, называется *углом опережения подачи топлива*.

Величину угла опережения впрыска устанавливают в зависимости от продолжительности периода задержки воспламенения топлива. Чем больше этот период, тем раньше следует подавать топливо в цилиндры и тем больше должен быть угол опережения впрыска.

5. *Подавать топливо в течение заданного промежутка времени с определенной интенсивностью.* Энергия, заключенная в топливе, наиболее полно преобразуется в полезную работу дизеля в том случае, если сгорание происходит в тот момент, когда поршень двигателя находится около в.м.т. Объем пространства сгорания при этом будет минимальным, давление в камере наибольшим, а потери тепла, уходящего через стенки камеры сжатия, наименьшими.

6. *Обеспечивать одинаковую подачу топлива во все цилиндры дизеля при любой нагрузке.* Дизель может работать устойчиво, экономично и долговечно в том случае, если топливо поступает во все цилиндры через равные промежутки времени, с одинаковой интенсивностью, в наивыгоднейший момент. Топливоподающая аппаратура должна быть сконструирована и отрегулирована так, чтобы процесс впрыска топлива во все цилиндры при любых нагрузках протекал одинаково. Отклонение в величине подачи по цилиндрам нарушает равномерность вращения коленчатого вала и снижает экономичность.

7. *Обеспечивать одинаковые углы опережения впрыска и равномерную подачу топлива в каждый цилиндр.*

8. *Хорошо распыливать и равномерно распределять топливо по объему камеры сгорания.* Переход топлива из жидкого состояния в парообразное осуществляется в камере сгорания за очень малый отрезок времени, исчисляемый тысячными долями секунды. Поэтому для нормальной работы дизеля недостаточно только подать топливо в цилиндр в нужный момент и с определенной интенсивностью. Необходимо еще его достаточно тонко распылить и равномерно распределить по объему камеры сгорания. Топливо сгорает тем полнее и быстрее, чем

больше поверхность его соприкосновения с горячими газами. Топливо, поступающее в цилиндр, должно быть равномерно распределено по всему объему камеры сгорания. Иначе в отдельных местах камеры сгорания появится недостаток кислорода, а в других – его избыток. В связи с этим часть несгоревшего топлива будет выброшена вместе с отработавшими газами, что приведет к снижению экономичности дизеля.

4.4. Особенности устройства и принцип действия системы питания двигателей внутреннего сгорания тяжелого топлива

Общие сведения. Подача топлива в цилиндры дизелей большинства тракторов осуществляется по схеме, представленной на рис. 4.9. Отдельные узлы и агрегаты топливной аппаратуры двигателей различных марок конструктивно отличаются и имеют свои особенности.

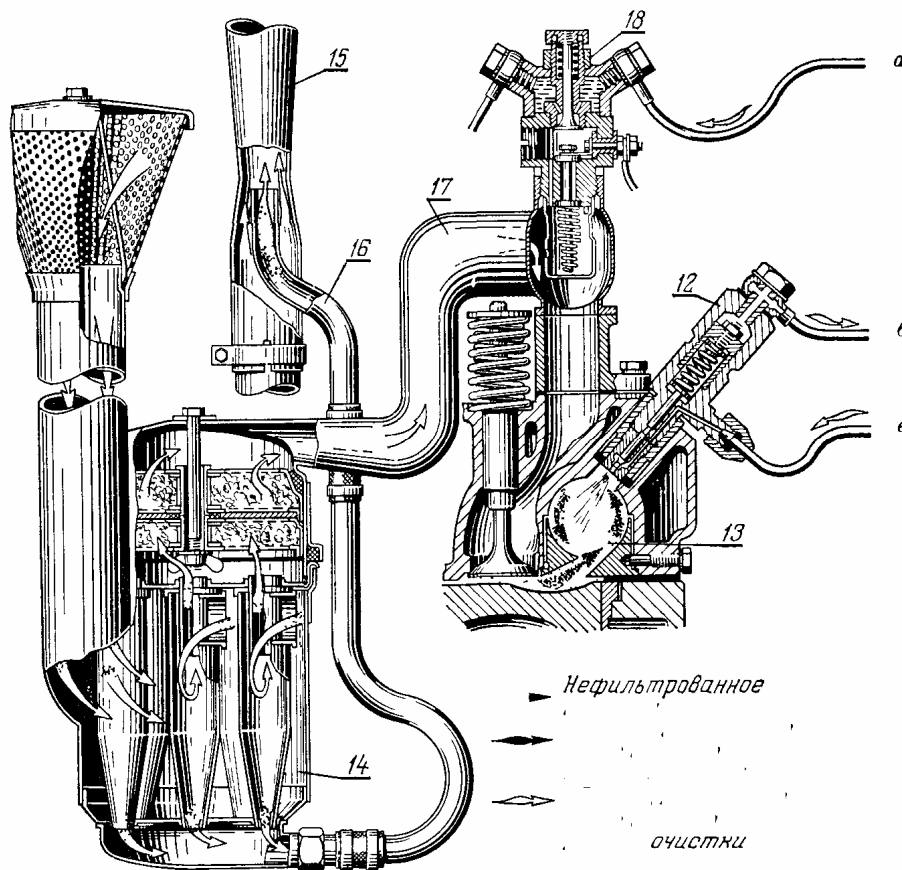


Рис. 4.9. Система питания дизельного ДВС:

- 1 – топливный бак; 2 – линейка для замера уровня топлива в баке;
- 3 – крышка заливной горловины; 4 – фильтр заливной горловины;
- 5 – заборная трубка; 6 – расходный кран; 7 – кран для слива отстоя топлива;
- 8 – фильтр грубой очистки топлива; 9 – насос ручной подкачки топлива;
- 10 – подкачивающий насос (помпа); 11 – топливный насос;
- 12 – форсунка; 13 – камера сгорания; 14 – воздухоочиститель;
- 15 – выпускная труба дизеля; 16 – эжекционная труба для отсоса пыли из воздухоочистителя; 17 – впускная труба дизеля; 18 – пусковой подогреватель; 19 – фильтр тонкой очистки топлива

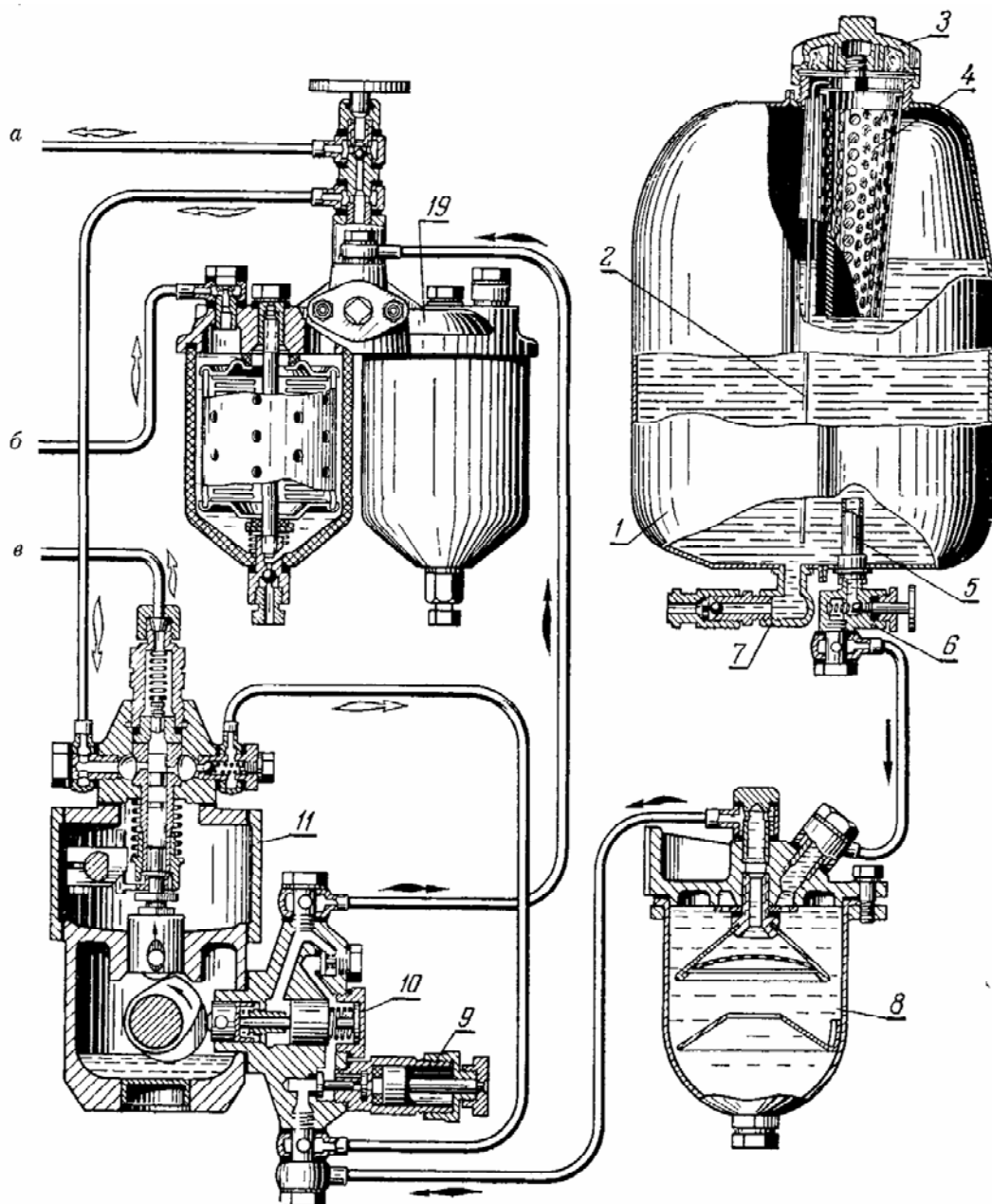


Рис. 4.9, а. Система питания дизельного ДВС

Процесс подачи топлива протекает следующим образом. Из бака 1 топливо самотеком поступает к фильтру грубой очистки 8 (в некоторых схемах он отсутствует). Топливо, прошедшее грубую очистку, направляется к подкачивающему насосу (помпе) 10, откуда под небольшим давлением нагнетается в фильтр тонкой очистки 19. Очищенное от механических примесей топливо подается к топливному насосу 11. В насосе точно отмериваются необходимые дозы топлива, которые в определенный момент поступают к форсунке 12. Из форсунки струя топлива под большим давлением подается в камеру сгорания и распыливается на мельчайшие капельки.

Рассмотрим последовательно каждый элемент топливной аппаратуры.

Подкачивающие насосы (помпы). Они подают топливо из бака к топливному насосу под давлением. Это необходимо для преодоления сопротивления фильтров, трубопроводов, а также для уменьшения влияния уровня топлива в баке (так как с изменением уровня топлива в баке изменялась бы производительность топливного насоса). Повышенное давление в системе топливоподачи препятствует выделению пузырьков воздуха, который всегда присутствует в топливе в растворенном виде. Воздух, выделившийся при движении топлива в системе, может нарушить равномерность подачи топлива по цилиндрам, а иногда и полностью прекратить подачу.

На тракторных дизелях применяют поршневые и шестеренчатые подкачивающие насосы (помпы).

Поршневые подкачивающие насосы. Схема действия поршневого подкачивающего насоса показана на рис. 4.10.

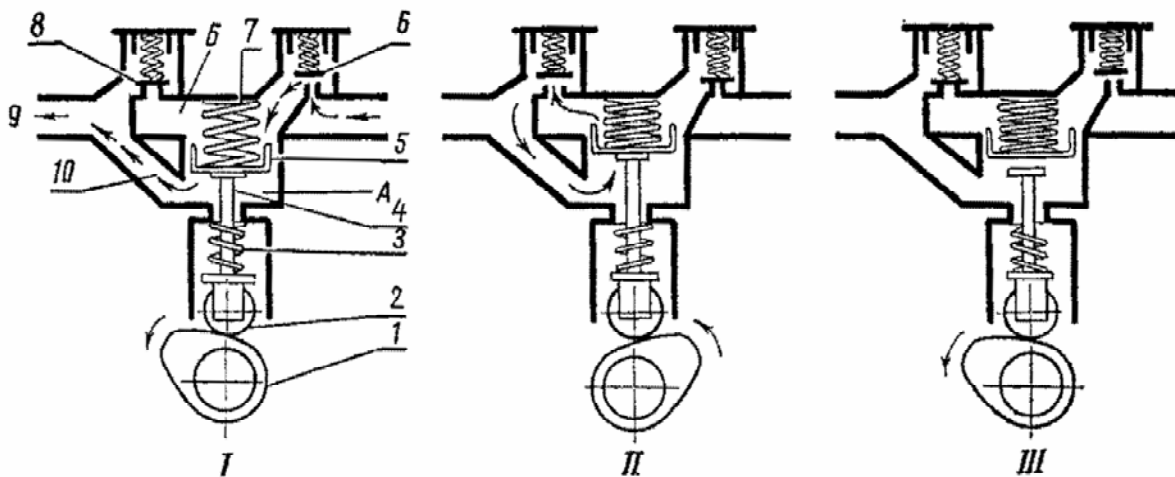


Рис. 4.10. Схема действия подкачивающего насоса поршневого типа:
 1 – кулачок вала привода; 2 – ролик; 3 и 7 – пружины; 4 – шток;
 5 – поршень; 6 – впускной клапан; 8 – нагнетательный клапан;
 9 и 10 – каналы; А и Б – камеры

Положение I. Кулачок 1 опускается. Поршень 5 под действием пружины 7 также перемещается вниз. В камере Б создается разрежение. Клапан 8 закрывается, а клапан 6 открывается, и топливо из впускного канала поступает в камеру Б, заполняя пространство, которое освобождает поршень, движущийся вниз. Поршень, опускаясь, выжимает топливо из камеры А и оно по каналу 10 поступает в нагнетательный канал 9 и далее к фильтру.

Положение II. Кулачок 1, поднимаясь, посредством штока 4 преодолевает сопротивление пружины 7 и перемещает поршень 5 вверх. Объем камеры Б при этом уменьшается. Вследствие повышения давления клапан 6 закрывается, а клапан 8 открывается, и топливо попадает в канал 10. В этот период заполняется топливом камера А. При

последующем опускании поршня топливо из камеры А через каналы 10 и 9 поступит к фильтру тонкой очистки и процесс повторится.

Положение III. При повышенном давлении в нагнетательном канале 9 и в камере А пружина 7, перемещая поршень 5, встретит большое сопротивление со стороны топлива, находящегося в камере А. Пружина не сможет преодолеть сопротивления топлива, и поршень отстанет от штока 4. Положение поршня в этом случае зависит от расхода топлива. Чем меньше расход топлива, тем выше давление в камере А и раньше будет останавливаться поршень и тем меньше будет его рабочий ход. При меньшем рабочем ходе поршня меньше подается топлива в нагнетательный канал. Поэтому даже при малом расходе топлива давление в нагнетательном канале не поднимается выше определенной величины. Так ограничивается максимальное давление топлива в нагнетательном канале подкачивающего насоса при разных скоростях вращения кулачкового вала и разных расходах топлива.

Устройство поршневого подкачивающего насоса

Насос состоит из корпуса 1 (рис. 4.11, 4.12), поршня 22, пружин, стержня толкателя 23, впускного и нагнетательного клапанов, насоса ручной подкачки.

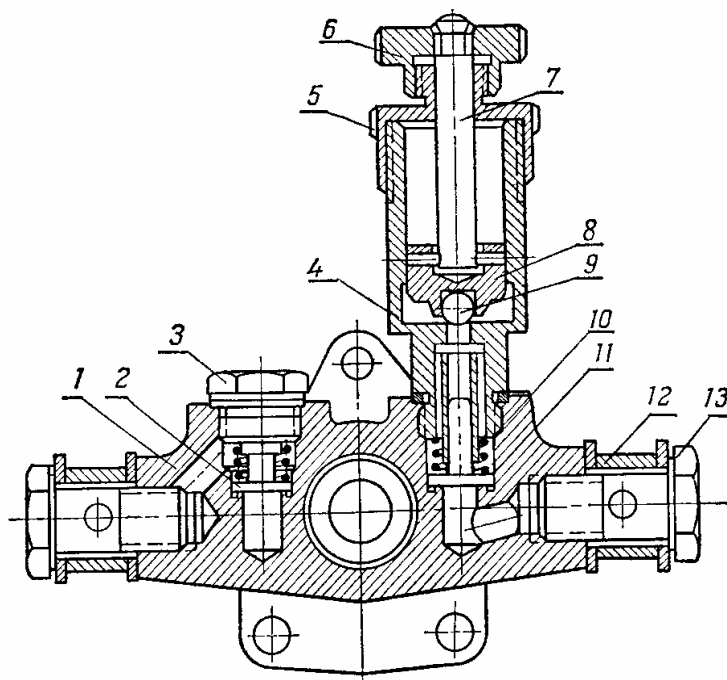


Рис. 4.11. Разрез подкачивающего насоса поршневого типа:
 1 – корпус; 2 и 11 – клапаны; 3 – пробка; 4 – цилиндр насоса ручной подкачки; 5 – крышка цилиндра насоса ручной подкачки; 6 – рукоятка; 7 – шток; 8 – поршень насоса ручной подкачки; 9 – шарик; 10, 17 и 19 – пружины; 12 – защитная втулка; 13 – болт поворотного угольника; 14 – корпус толкателя; 15 – штифт; 16 – ось; 18 и 21 – каналы; 20 – пробка корпуса; 22 – поршень подкачивающего насоса; 23 – стержень толкателя; 24 – ролик

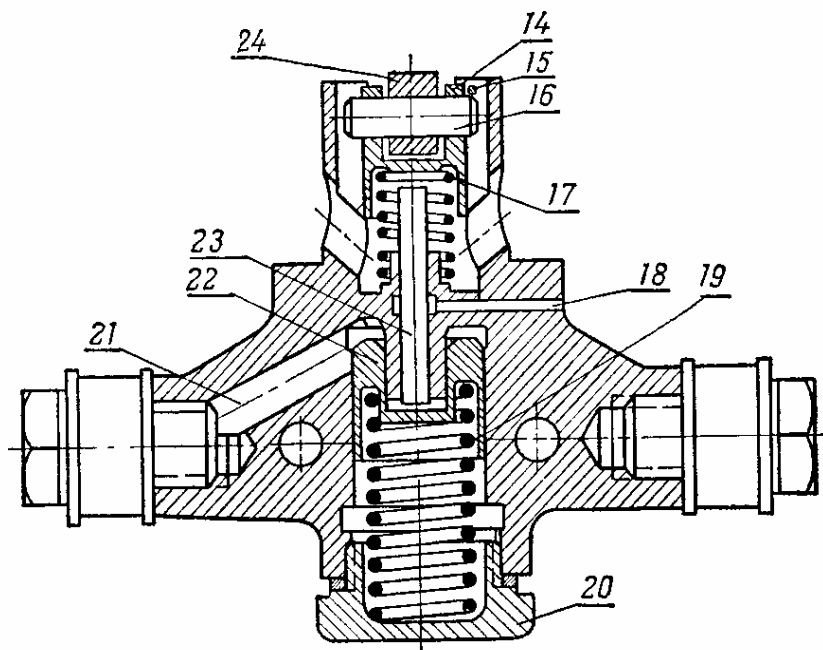


Рис. 4.12. Разрез модернизированного подкачивающего насоса поршневого типа

Топливо, просочившееся через зазор, отводится наружу по дренажному каналу 18 в корпусе насоса.

Стержень 23 упирается в толкатель, состоящий из корпуса 14, оси 16 и ролика 24. Пружина 17 прижимает толкатель к кулачковому валу насоса. Толкатель от выпадения удерживается штифтом 15. Зазор между стержнем и корпусом составляет 0,003–0,005 мм.

В подкачивающих насосах устанавливают клапаны 2 и 11 двух видов: грибовидные или пластинчатые. Клапаны прижимаются к корпусу насоса пружинами.

Для нагнетания топлива при неработающем двигателе в помпе имеется насос ручной подкачки. Он состоит из цилиндра 4, поршня 8 с шариком 9 и штока 7 с рукояткой 6. Зазор между поршнем и цилиндром – около 0,03 мм.

Цилиндр ввернут в корпус насоса. Чтобы в него не попадал воздух, под заплечики цилиндра ставят уплотнительную прокладку, а шарик завинчиванием рукоятки плотно прижимаются к гнезду. Цилиндр при помощи пружины 70 прижимает клапан к корпусу насоса.

Чтобы подать топливо через насос вручную, необходимо отвернуть рукоятку и, действуя ею как штоком в обычном поршневом насосе, нагнетать топливо. Прибегают к этому в случае, если необходимо заполнить систему топливом или удалить воздух из каналов топливоподающей системы после длительного перерыва в работе. В подкачивающих насосах,

устанавливаемых на дизелях, которые запускают на бензине, насосы ручной подкачки не ставят. Вместо них ввернуты пробки.

Для повышения износостойкости конструкция насоса (см. рис. 4.12) несколько изменена: применены стальные вставные гнезда клапанов 4, втулка 7 с притертым к ней стержнем толкателя 5. Вместо шарикового клапана ручного насоса установлено резиновое уплотнительное кольцо 2. На поршне ручного насоса сделана канавка и в нее уложено резиновое уплотнительное кольцо.

Топливные фильтры

Основными рабочими органами топливных насосов и форсунок являются прецизионные детали: плунжерные пары, нагнетательные клапаны и распылители. Диаметральные зазоры между сопряженными поверхностями пар: плунжер – втулка и игла – корпус распылителя находятся в пределах 0,6-2,5 мкм. Поэтому мельчайшие абразивные частицы, попадая в зазоры между прецизионными деталями, повреждают их. Даже незначительные износы рабочих поверхностей прецизионных деталей снижают производительность насоса, изменяют угол опережения и продолжительность впрыска, давление начала впрыска и качество распыливания топлива. Механических примесей в топливе должно быть по ГОСТ не более 0,005 %, что соответствует содержанию 50 г примесей в 1 т топлива, которые не удалось полностью удалить при производстве топлива.

В дизельном топливе, хранящемся на нефтебазах, механические примеси составляют 100–120 г на тонну, а в местах заправки их содержание достигает 200–250 г.

Топливо, находящееся в баках тракторов, содержит механических примесей до 200–300 г на тонну. Механическими примесями и водой топливо загрязняется при транспортировке и хранении, а также при заправке тракторов. Основную массу механических примесей составляют кремнезем SiO_2 и глинозем Al_2O_3 . Размеры их частиц достигают 30 мк. Однако встречаются частицы и более крупных размеров. Кремнезем и глинозем обладают большой твердостью, превышающей твердость рабочих поверхностей прецизионных деталей топливной аппаратуры в 2–3 раза.

Для защиты деталей топливной аппаратуры от повреждения механическими примесями и водой, содержащимися в топливе, а также от проникновения их в баки в процессе эксплуатации на тракторах предусмотрена система фильтрации топлива. В нее входят: воздушные фильтры в пробках топливных баков, фильтр-приемник в заливной

горловине топливного бака и фильтр на заборной трубке бака, фильтры грубой очистки топлива, или отстойники, фильтры тонкой очистки топлива, предохранительные фильтры высокого давления перед форсункой.

Качество работы фильтров оценивают гидравлической характеристикой, пропускной способностью, полнотой и тонкостью отсева.

Гидравлическая характеристика служит для определения исходного состояния фильтра и представляет собой зависимость изменения среднего часового расхода топлива, проходящего через его фильтрующие элементы, от перепада давления топлива в элементах при температуре топлива на входе в фильтр 20 ± 3 °С.

Для испытания применяют профильтрованное дизельное летнее топливо. Его часовой расход определяют при изменении давления топлива на входе в фильтрующий элемент в пределах $0,1-0,35$ Мн/м² ($1-3,5$ кГ/см²) через каждые $0,01-0,05$ Мн/м² ($0,1-0,5$ кГ/см²) для хлопчатобумажных фильтрующих элементов.

Перепад давления топлива в фильтре подсчитывают по формуле

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

где P_1 – давление топлива на входе в фильтр, Н/м² (кГ/см²);

P_2 – давление топлива на выходе из фильтра (перед отверстием, дросселирующим поток топлива через фильтр, или перед топливным насосом), Н/м² (кГ/см²).

Средний часовой расход Q , кг/ч, топлива, проходящего через фильтр:

$$Q = \frac{\Delta G 3600}{\Delta \tau},$$

где ΔG – вес топлива, прошедшего через фильтр за время $\Delta \tau$, с, кг,

$\Delta \tau$ – время, в течение которого через фильтр проходит заданный вес топлива при установившемся давлении P_1 и P_2 , с.

Продолжительность замера должна быть не менее 30 с.

Величина наибольшего расхода топлива, проходящего через фильтр, при определении гидравлической характеристики должна быть не меньше пятикратного номинального часового расхода топлива двигателем, для которого предназначен испытываемый фильтр.

Результаты испытаний выражают графиком, в котором по оси абсцисс откладывают перепад давления ΔP , а по оси ординат – часовой расход Q . Давление топлива на входе в фильтр при испытании создают подкачивающим насосом.

В качестве искусственного загрязнителя топлива используют кварцевую пыль с удельной поверхностью $10500 \text{ см}^2/\text{г}$ (по ГОСТ 8002-62). Количество загрязнителя (по весу) принимают равным $0,04 \%$ от веса топлива.

Для определения полноты и тонкости отсева через каждые 5 мин отбирают пробы топлива, поступающего в испытуемый фильтр и выходящего из него.

Испытания ведут до тех пор, пока перепад давления в фильтрующем элементе не достигнет заданной величины.

Фильтр тонкой очистки топлива должен обеспечить полноту отсева не менее $0,90$; тонкость отсева – не менее 3 мкм .

В зависимости от назначения трактора, расхода топлива отдельные элементы в системе фильтрации выполнены по-разному, а некоторые из них отсутствуют.

Фильтры в заливной горловине и на заборной трубке топливного бака предназначены для задержания случайно попавших в топливо крупных механических частиц.

Фильтры грубой очистки топлива предназначены для улавливания крупных механических примесей и задержания воды, содержащейся в топливе. Тем самым они разгружают фильтры тонкой очистки и увеличивают срок их службы. Они должны обладать малым гидравлическим сопротивлением и достаточным пространством под фильтрующим элементом (подфильтровым пространством), чтобы более полно отделять воду от топлива и способствовать оседанию крупных механических примесей и накоплению их в подфильтровом пространстве.

Фильтры грубой очистки топлива на тракторе располагают между топливным баком и подкачивающим насосом. В некоторых конструкциях фильтры помещены после подкачивающего насоса, но в этом случае они не предотвращают попадание в насос механических примесей, содержащихся в топливе.

На отечественных дизелях применяют фильтры грубой очистки двух типов: щелевые пластинчатые и щелевые нитчатые. В зависимости от величины максимального часового расхода топлива двигателем фильтр состоит из одного или нескольких фильтрующих элементов.

Фильтрующий элемент грубой очистки щелевого типа пластинчатый состоит из набора металлических пластин двух конфигураций. Толщина пластин – $0,15 \text{ мм}$ и $0,07 \text{ мм}$. Пластины набирают поочередно на стержень и укрепляют на нем. Пластины собирают так, чтобы прорези всех пластин совпали и образовывали шесть каналов, а выступы пластин располагают против перемычек между прорезями. Фильтрующие элементы устанавливают в корпусе так, что снаружи они омываются неочищенным топливом, а внутренние каналы, в которые попа-

дает очищенное топливо, соединяют с каналами, идущими к подкачивающему насосу или фильтру тонкой очистки.

Топливо, омывающее фильтрующий элемент снаружи, может проникнуть во внутренние каналы только через щели между двумя соседними пластинами 1.

Такой фильтр грубой очистки может задерживать механические примеси, размер которых в поперечнике превышает 0,07 мм.

Фильтрующий элемент грубой очистки щелевого типа нитчатый выполнен в виде гофрированного стакана, на который плотно навита латунная лента с двусторонней накаткой, образующей выступы высотой 0,07 мм. Расстояние между отдельными выступами равно 3,6 мм. Лента, намотанная на гофрированный стакан, образует поверхность с большим количеством узких, сравнительно длинных щелей. Фильтрующий элемент размещен в корпусе 1 (рис. 4.13) фильтра. Топливо к фильтру поступает из бака обычно самотеком через отверстия в болте 7.

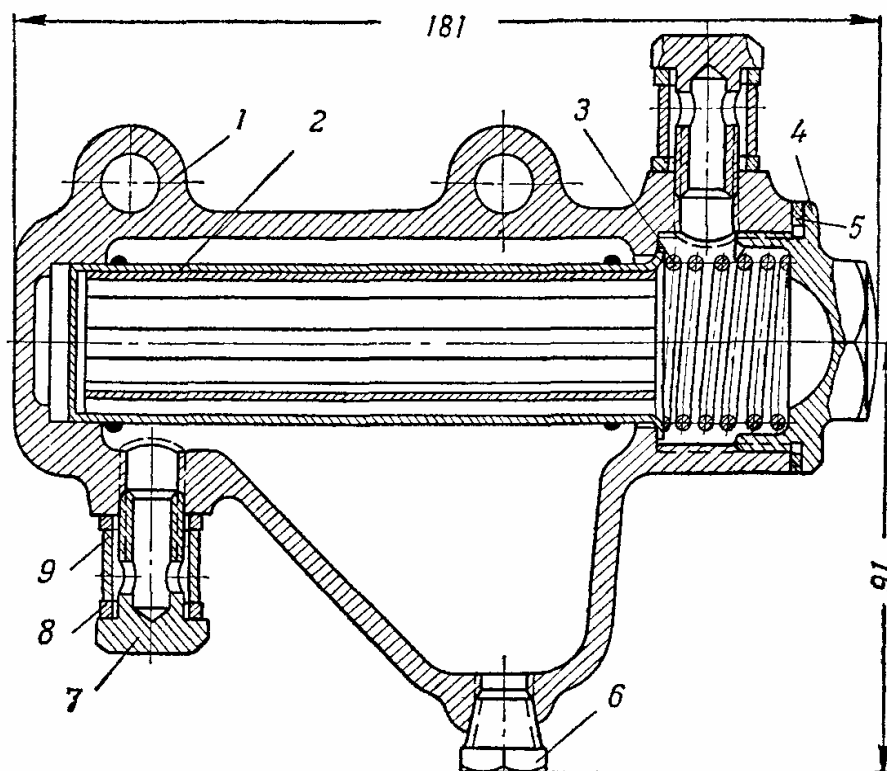


Рис. 4.13. Топливный фильтр грубой очистки дизеля:
1 – корпус; 2 – нитчатый фильтрующий элемент; 3 – пружина;
4 и 6 – пробки; 5 и 8 – прокладки; 7 – болт; 9 – защитная втулка

Схема фильтра грубой очистки топлива двигателей типа ЯМЗ показана на рис. 4.14.

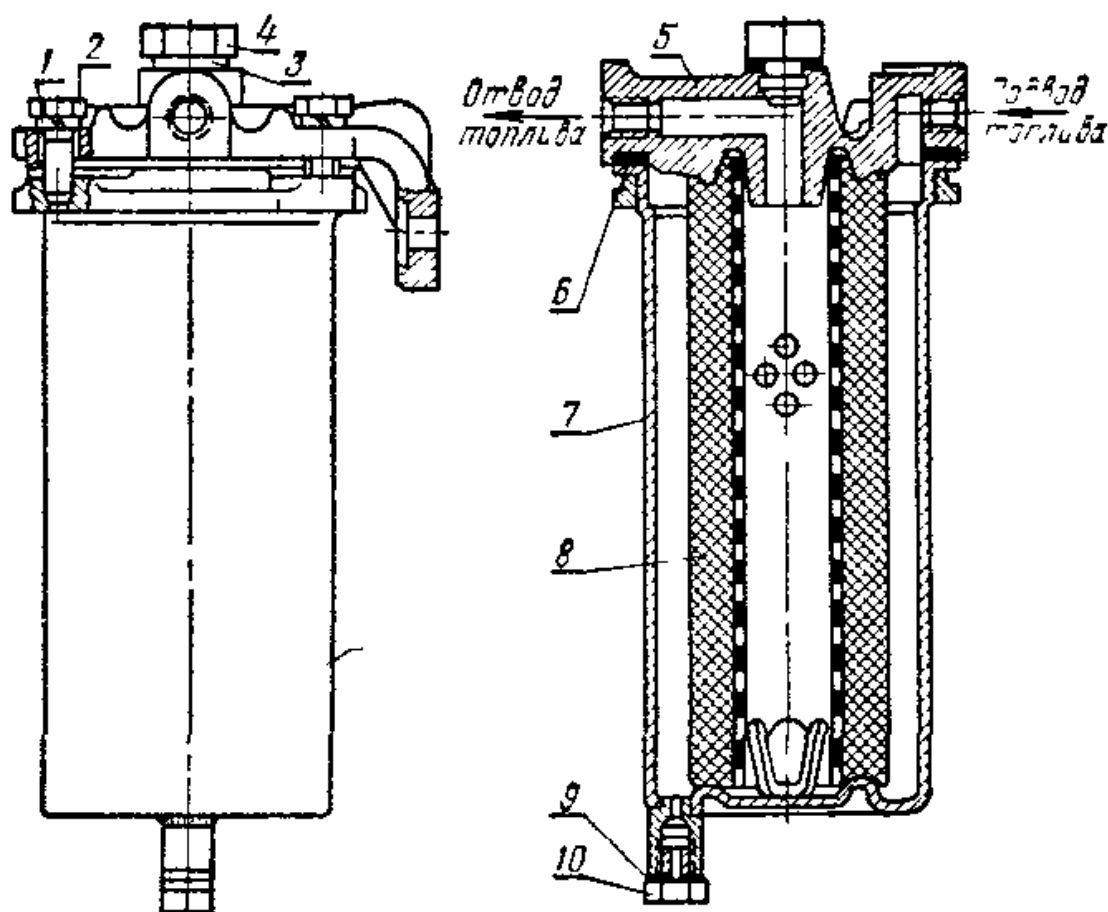


Рис. 4.14. Фильтр грубой очистки топлива двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 (ЯМЗ-238НБ):

1 – пружинная шайба; 2 – болт, 3, 6 и 9 – прокладки; 4 – пробка; 5 – крышка фильтра; 7 – корпус; 8 – фильтрующий элемент из сетчатого каркаса с хлопковым шнуром; 10 – пробка сливного отверстия

Фильтры тонкой очистки топлива. После грубой очистки топливо дополнительно очищается в фильтрах тонкой очистки, которые помещают как отдельно, так и в одном корпусе с фильтрами грубой очистки.

Фильтры тонкой очистки состоят из одного или нескольких фильтрующих элементов. На тракторных дизелях применяют фильтрующие элементы, изготовленные из хлопчатобумажной пряжи или из фильтровальной бумаги.

Устройство хлопчатобумажного фильтрующего элемента показано на рис. 4.15, 4.16. На трубку 1 (см. рис. 4.15), изготовленную из металлической сетки (на некоторых элементах вместо трубки

применяют металлическую спираль), навита лента 2 из фильтрующей бумаги. Поверх бумаги плотно и крестообразно навита хлопчатобумажная пряжа 3. Трубка должна утопать относительно торцов элемента на 2–5 мм. Диаметр фильтрующего элемента $48^{+2,0}_{-1,0}$ мм. Шаг фильтрующей навивки $65^{+2,0}$ мм. Шаг навивки укороченного фильтрующего элемента равен 58 мм.

В последнее время для улучшения качества очистки топлива стали применять фильтры типа ТФ с бумажными фильтрующими элементами.

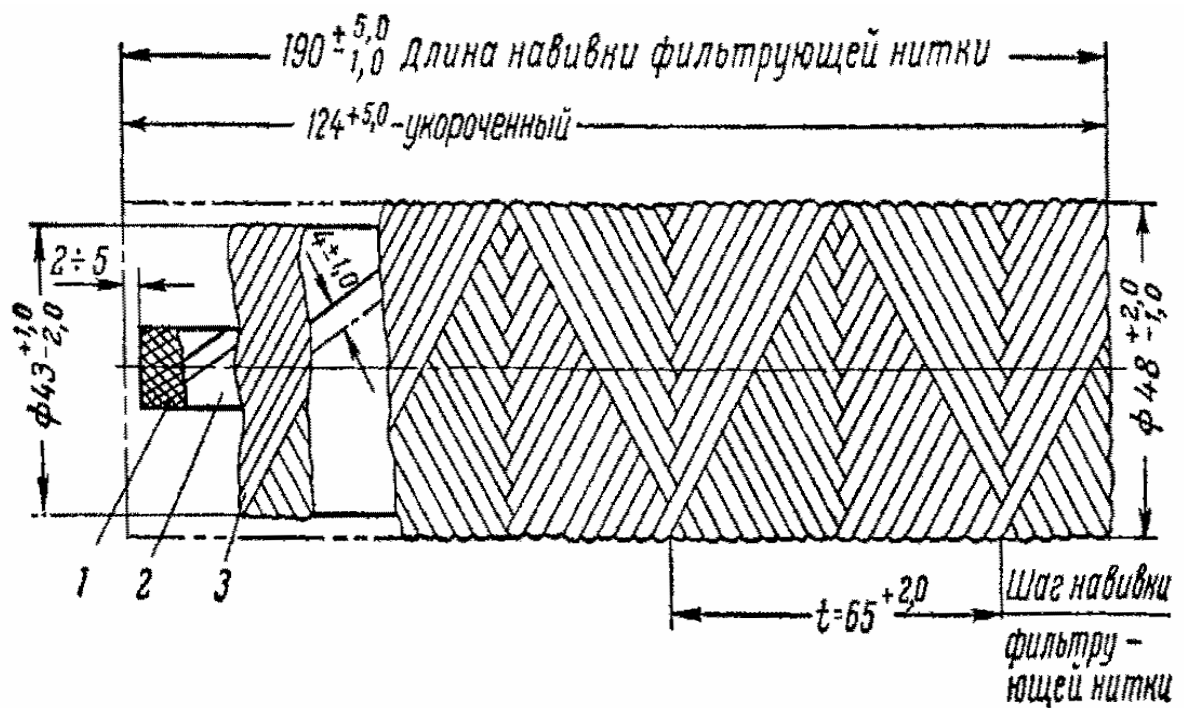


Рис. 4.15. Хлопчатобумажный фильтрующий элемент фильтра тонкой очистки топлива:
1 – трубка, или спираль; 2 – лента; 3 – хлопчатобумажная пряжа

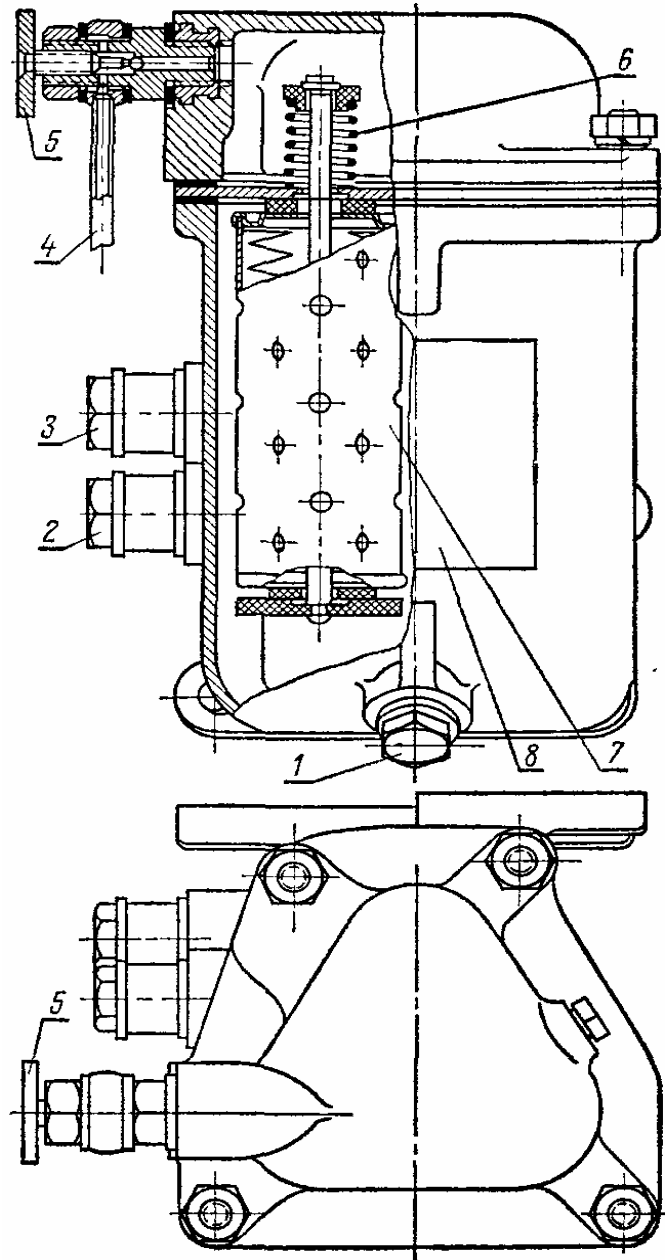


Рис. 4.16. Фильтр тонкой очистки топлива с бумажными фильтрующими элементами:
 1 – пробка отверстия для слива отстоя; 2 – болт поворотного угольника трубки отвода топлива от фильтра к топливному насосу; 3 – болт поворотного угольника трубки подвода топлива; 4 – трубка для выпуска воздуха; 5 – вентиль для выпуска воздуха из фильтра; 6 – пружина; 7 – бумажный фильтрующий элемент; 8 – инструкционная табличка

Топливные насосы

Общие сведения. В настоящее время на тракторных дизелях применяют главным образом два типа топливных насосов: рядные топливные насосы, объединяющие в одном корпусе отдельные насосные элементы (секции), число которых равно числу цилиндров двигателя, и

топливные насосы распределительного типа, у которых один насосный элемент подает топливо в несколько цилиндров двигателя.

Рядные (многоплунжерные) топливные насосы состоят из одного или нескольких насосных элементов, каждый из которых имеет следующие основные детали: плунжер 13 (рис. 4.17), представляющий собой цилиндрический стержень, втулку 14 плунжера, кулачковый вал 1, толкатель плунжера 19 с пружиной 15 и нагнетательный клапан 8.

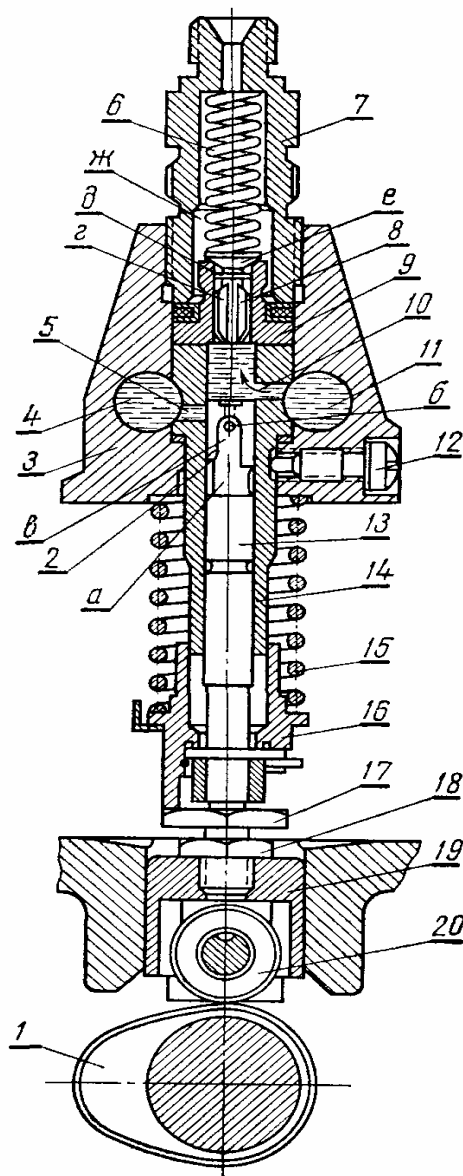


Рис. 4.17. Насосный элемент:

- 1 – кулачковый вал; 2 – отсечная кромка; 3 – головка топливного насоса;
- 4 и 11 – продольные каналы в головке насоса; 5 – отсечное окно;
- 6 – пружина нагнетательного клапана; 7 – штуцер; 8 – нагнетательный клапан; 9 – седло нагнетательного клапана; 10 – впускное окно;
- 12 – установочный винт; 13 – плунжер; 14 – втулка; 15 – пружина;
- 16 – тарелка пружины; 17 – регулировочный болт; 18 – контргайка;
- 19 – толкатель плунжера; 20 – ролик толкателя; а и г – канавки;
- б – радиальное сверление; в – паз; д – разгружающий пояс;
- е – запирающий конус; ж – пространство в штуцере над клапаном

Насосный элемент действует следующим образом. При вращении кулачкового вала плунжер совершает возвратно-поступательное движение (перемещается вверх и вниз). Вверх он поднимается кулачком вала 1, вниз опускается пружиной 15, которая при опускании кулачка разжимается.

Во втулке имеется два окна: впускное 10 и перепускное (отсечное) 5. Через окно 10 во втулку поступает топливо, которое затем впрыскивается в цилиндр. Через перепускное окно из втулки выпускается излишек топлива в конце впрыска. В верхней части плунжера имеется поперечная кольцевая канавка *a*, которая соединена с пазом *b*, идущим вдоль плунжера вверх до встречи с радиальным сверлением *б* в плунжере. В верхней части этот паз узкий, а несколько ниже он расширяется. Плунжер в насосе устанавливается так, чтобы, в случае необходимости, его можно было бы повернуть на некоторый угол вокруг оси. Втулка плунжера 14 при работе насоса неподвижна. На торец втулки опирается седло нагнетательного клапана 9, в котором находится нагнетательный клапан 8. Пружина 6 прижимает клапан к седлу.

Нагнетательный клапан представляет собой сложную цилиндрическую фигуру. В нижней части это цилиндр, вдоль которого проходят несколько канавок *z*, расположенных на одинаковом расстоянии одна от другой. Затем идет небольшой уступ, на котором имеется цилиндрический поясok *d*, называемый разгружающим. За ним расположен конус *e*, называемый запирающим. Конус герметически разобщает пространство над плунжером от пространства *ж* над клапаном, которое соединено трубопроводом высокого давления с форсункой, подающей топливо в цилиндр.

Топливо в цилиндр подается следующим образом. Когда плунжер движется вниз, то надплунжерное пространство через канал 11 (рис. 4.18,а) и окно 10 заполняется топливом. При движении вверх плунжер перекрывает окно 10. Топливо, заключенное в надплунжерном пространстве, сжимается. Когда давление достигает примерно 1 МПа (10 кГ/см²), топливо приподнимает нагнетательный клапан 8 (рис. 4.18,б), преодолевая усилие пружины 6. Движущийся плунжер продолжает сжимать топливо. При достижении давления примерно 14-16 МПа (140-160 кГ/см⁴) топливо автоматически впрыскивается форсункой. Впрыск тем продолжительнее, чем больше подается топлива за один ход плунжера.

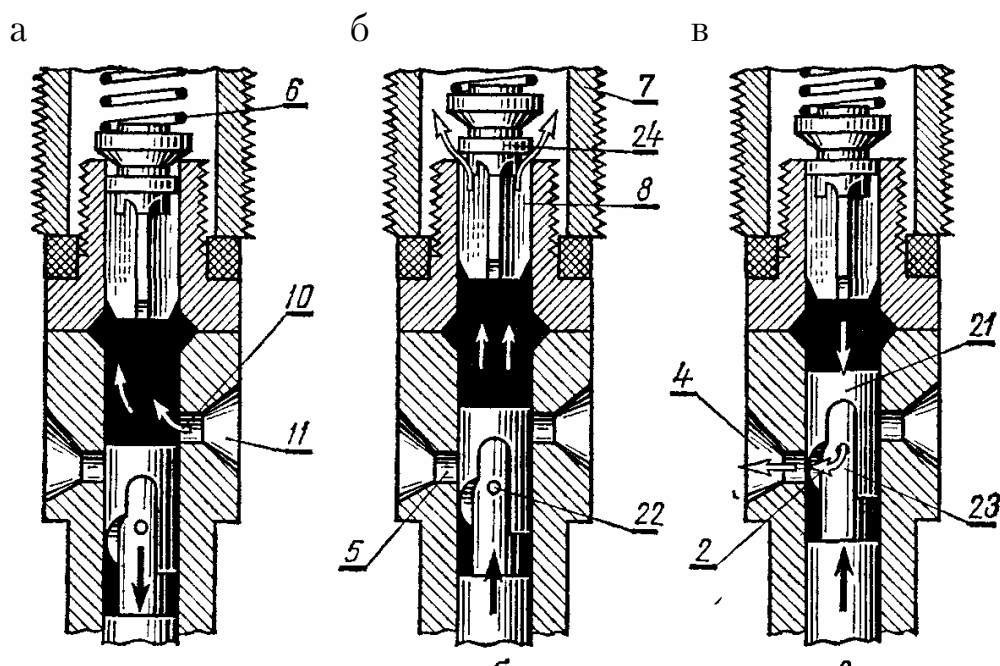


Рис. 4.18. Схема подачи топлива:

21 – осевое отверстие в плунжере; 22 – радиальное сверление в плунжере; 23 – вертикальная канавка плунжера; 24 – цилиндрический поясок нагнетательного клапана (названия остальных позиций те же, что и на рис. 4.17)

По мере движения плунжера вверх наступает момент, когда отсечная кромка 2 на плунжере встретится с окном 5 (см. рис. 4.17). Образуется отверстие, через которое сжатое топливо с большой скоростью устремляется в канал 4 (рис. 4.18,в). Вследствие того, что гидравлическое сопротивление отверстия мало, через него вытечет больше топлива, чем подает плунжер, и давление над плунжером быстро снизится. Клапан 8 опустится под действием пружины 6 и более высокого давления топлива над клапаном, чем под клапаном.

В момент, когда нижняя кромка разгрузочного пояса клапана входит в его седло, надплунжерное пространство отделяется от пространства над клапаном и топливо не может перетекать из одного пространства в другое. Разгрузочный пояс, опускаясь в гнездо клапана, увеличивает объем пространства над ним.

Топливо при сжатии изменяет свой объем незначительно, а расширение трубопроводов в момент сжатия топлива над клапаном большого влияния на изменение объема не оказывает, поэтому даже небольшое увеличение пространства вследствие опускания разгрузочного пояса приводит к резкому снижению давления топлива в этом пространстве. Резкое снижение давления в системе топливоподачи способствует резкой отсечке и быстрому прекращению подачи топлива через форсунку.

Топливный насос дизелей ЯМЗ. Подкачивающий насос поршневого типа, его устройство и работа подобны устройству и работе подкачивающего насоса, устанавливаемого на топливных насосах 4ТН-8.5×10. Приводится в действие от эксцентрика, расположенного на кулачковом валу насоса высокого давления. Эксцентрик перемещает толкатель на расстояние 10 мм. В чугунном корпусе подкачивающего насоса на эпоксидном клее ввернута втулка штока (стержня) толкателя и запрессованы стальные седла (гнезда) клапанов. Клапаны – грибовидные, изготовлены из капрона типа «корд». Цилиндр ручного насоса снабжен прокладкой из маслостойкой резины, к которой после подкачки прижимают поршень насоса, герметически разъединяя полость цилиндра и полость впускного клапана.

Производительность насоса 2,2 л/мин при 1050 об./мин и противодавлении 0,13-0,15 Мн/м² (1,3-1,5 кг/см²). Максимальное давление, развиваемое насосом, 0,4 Мн/м² (4 кг/см²); максимальное разрежение 380 мм рт. ст.

Насос высокого давления. Корпус насоса блочной конструкции изготовлен из алюминиевого сплава АЛ10В. Расстояние между осями плунжеров равно 40 мм. Кулачковый вал имеет симметричные кулачки тангенциального профиля, вращается на двух радиально-упорных подшипниках ГПЗ-6204. В середине кулачковый вал поддерживается опорой, изготовленной из специального алюминиевого сплава. Ход плунжера – 10 мм, диаметр плунжера – 9 мм. На головке плунжера изготовлены два винтовых паза: один из них рабочий, он образует отсечную кромку, а другой служит для уравнивания бокового давления топлива на плунжер. Направление отсечной кромки правое, угол наклона кромки относительно плоскости, перпендикулярной оси плунжера, равен 35°16'25". Устройство насосного элемента показано на рис. 4.19. На втулку плунжера 7 свободно надета поворотная втулка 11. На ней неподвижно укреплен стяжным винтом зубчатый венец 10, постоянно находящийся в зацеплении с рейкой 9 механизма управления подачей топлива. В нижней части поворотной втулки имеются пазы, в которые заходят выступы плунжера 8. На запящички хвостовика плунжера посажена нижняя тарелка 14 пружины 13 плунжера. Верхняя тарелка 12 пружины установлена на втулку 11.

При работе насоса пружина 13 через тарелку 14 перемещает плунжер вниз. При помощи зубчатого венца и втулки осуществляется поворот плунжера и управление подачей топлива регулятором при изменении нагрузки на двигатель. Толкатель плунжера имеет ролик и втулку ролика; удерживается он от поворота хвостовиками оси ролика, которые заходят в направляющие пазы корпуса насоса.

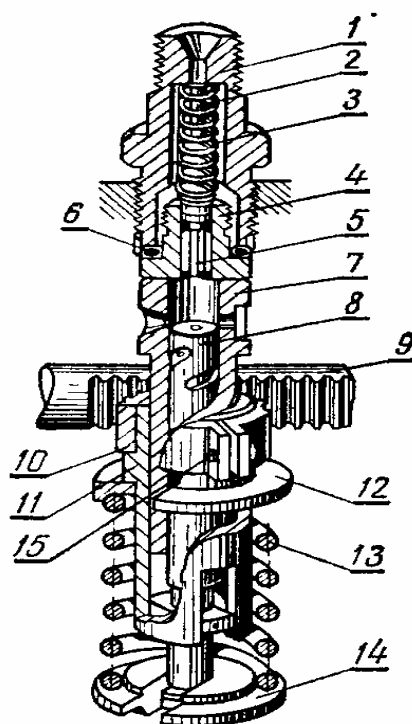


Рис. 4.19. Насосный элемент топливного насоса дизелей ЯМЗ:
 1 – штуцер; 2 – упор нагнетательного клапана; 3 – пружина клапана;
 4 – седло клапана; 5 – нагнетательный клапан; 6 – прокладка седла клапана;
 7 – втулка плунжера; 8 – плунжер; 9 – рейка; 10 – зубчатый венец;
 11 – поворотная втулка; 12 – верхняя тарелка пружины плунжера;
 13 – пружина плунжера; 14 – нижняя тарелка пружины плунжера;
 15 – стяжной винт

Порядок работы насосных элементов топливного насоса двигателя ЯМЗ-236 (считая со стороны привода насоса) 1-4-2-5-3-6, двигателей ЯМЗ-238 и ЯМЗ-238НБ 1-3-6-2-4-5-7-8. Давление топлива в головке насоса при номинальном режиме должно быть в пределах $0,13-0,15 \text{ Мн/м}^2$ ($1,3-1,5 \text{ кг/см}^2$). Топливо подается в цилиндры двигателей ЯМЗ-238 и ЯМЗ-238НБ через $45^\circ \pm 20'$. Разгрузочный объем нагнетательного клапана $79-81,5 \text{ мм}^3$, давление открытия клапана $1,7-2 \text{ Мн/м}^2$ ($17-20 \text{ кг/см}^2$).

Муфта опережения впрыска предназначена для автоматического изменения угла опережения впрыска топлива при изменении числа оборотов коленчатого вала двигателя. С возрастанием числа оборотов этот угол увеличивается в результате поворота ведомой полумуфты 5 (рис. 4.20), жестко связанной с кулачковым валом насоса, на дополнительный угол α относительно ведущей полумуфты 1. Полумуфта 5 поворачивается под действием центробежной силы грузов 4, преодолевающих сопротивление пружин 2.

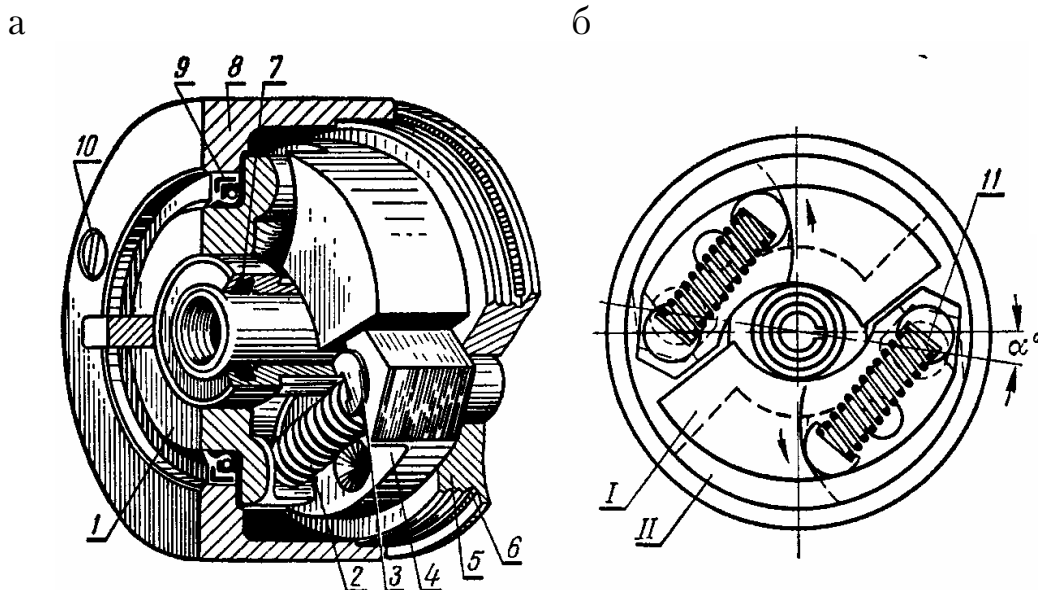


Рис. 4.20. Муфта опережения впрыска:
 а – устройство; б – схема работы;
 1 – ведущая полумуфта; 2 – пружина; 3 – ось груза; 4 – груз;
 5 – ведомая полумуфта; 6 – уплотнительное кольцо; 7 и 9 – сальники;
 8 – корпус; 10 – винт-заглушка; 11 – регулировочная шайба; α – угол поворота ведомой полумуфты относительно ведущей полумуфты;
 I – исходное положение грузов; II – положение грузов при увеличении числа оборотов двигателя

Одноплунжерные топливные насосы. Рядные (многоплунжерные) топливные насосы дороги и сложны в изготовлении и срок их службы мал. В процессе эксплуатации у этих насосов быстро нарушается равномерность подачи топлива в цилиндры, изменяется угол начала подачи топлива и снижается производительность насоса. В связи с этим созданы насосы, работающие по иному принципу.

Наибольшее распространение получили одноплунжерные топливные насосы распределительного типа, характеризующиеся небольшими весом и размерами. У них значительно меньше деталей и их проще обслуживать. В этих насосах топливо по всем цилиндрам двигателя нагнетается и распределяется одним плунжером. По способу дозирования (изменения количества подаваемого топлива) одноплунжерные насосы дизелей делятся на насосы: а) с перепуском излишка топлива после окончания впрыска; б) с дросселированием топлива на впуске путем изменения поперечного сечения впускного канала.

К первому типу относятся насосы, у которых, независимо от величины подачи, перед каждым впрыском одинаковое количество топлива сжимается до высокого давления. Количество топлива, впрыскиваемого насосом за один ход плунжера, зависит от продолжительности впрыска. Чем больше подача, тем продолжительнее впрыск и тем позже его конец. Начало подачи остается практически неизменным при любой подаче. Достоинством этого типа насосов является то, что они

позволяют сравнительно легко получить требуемую характеристику впрыска при сохранении момента начала подачи.

Основным недостатком насосов этого типа является низкий срок службы прецизионных пар. В первую очередь изнашиваются те элементы, которые участвуют в отсечке конца впрыска и распределении топлива.

Ко второму типу насосов распределительного типа относятся насосы, у которых топливо дозируется на впуске. Потребная доза топлива отмеривается до того, как оно попадает в надплунжерное пространство. При каждом ходе плунжера все топливо, поступающее в надплунжерное пространство, впрыскивается в цилиндр дизеля. Чем меньше подача, тем меньше топлива поступает в надплунжерное пространство. В связи с этим начало впрыска у насосов этого типа является переменным и происходит тем раньше, чем больше подача. При малой подаче часть хода плунжера тратится на заполнение пространства, не заполненного топливом, поэтому подача начинается позже, чем при большой подаче. Это является недостатком данного типа насоса. Срок службы прецизионных пар этих насосов выше, чем у насосов с дозированием на перепуске.

ТНВД распределительного типа применяется для 3, 4, 5 и 6-цилиндровых дизельных двигателей легковых автомобилей, тракторов и грузовых автомобилей мощностью до 20 кВт на цилиндр. Насосы распределительного типа для двигателей с непосредственным впрыском (рис. 4.21) обеспечивают давление до 700 бар при частоте вращения до 2400 мин^{-1} .

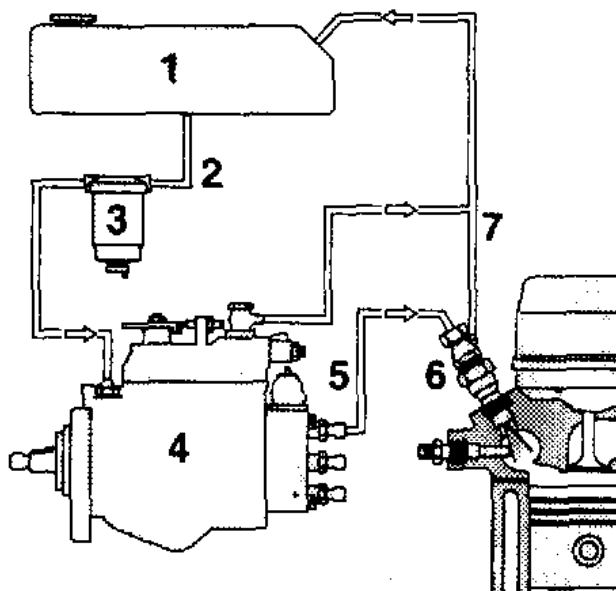


Рис 4.21. Схема системы впрыскивания топлива с насосом распределительного типа:

- 1 – топливный бак; 2 – линия подачи топлива; 3 – топливный фильтр;
4 – насос распределительного типа; 5 – трубка высокого давления;
6 – форсунка; 7 – трубка возврата топлива

Топливоподкачивающий насос лопастного типа служит для подачи топлива из бака и вместе с нагнетательным регулирующим клапаном создает давление, которое возрастает прямо пропорционально частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Насос высокого давления (рис. 4.22) распределительного типа включает только один плунжерно-втулочный комплект для питания всех цилиндров. Плунжер не только создает требуемое давление топлива во время его рабочего хода, но и одновременно, вращаясь, распределяет его по отдельным выходным отверстиям. Во время одного оборота ведущего вала плунжер совершает количество тактов, равное числу цилиндров двигателя. Ведущий вал вращает кулачковую шайбу и плунжер, с которым она соединена. Выступы на кулачковой шайбе обеспечивают осевое перемещение плунжера и его вращение (распределение и подачу топлива). Насос продолжает подачу топлива во время рабочего хода до тех пор, пока выпускное отверстие плунжера остается закрытым, и прекращает подачу топлива, как только выпускное отверстие совмещается с отверстием в регулирующей втулке. Регулятор определяет положение регулирующей втулки, которая перемещается на плунжере.

Шаровая цапфа обеспечивает соединение между регулирующей втулкой и рычагами регулятора, которые, в свою очередь, перемещаются под действием центробежной силы, вызываемой вращающимися грузами с учетом противодействия пружины регулятора. Скоростной режим устанавливается регулированием натяжения пружины рычагом. Регулировочный винт полной нагрузки используется для установки системы рычаг-регулятор для получения максимальной мощности. Могут быть установлены дополнительные пружины для адаптации к холостому ходу и переходным характеристикам.

ТНВД распределительного типа, оснащенные двухрежимными регуляторами, управляются посредством микровыключателя или потенциометра.

Механические вспомогательные устройства управления используются в целях обработки дополнительных рабочих параметров для регулирования количества впрыскиваемого топлива (компенсатор давления во впускном патрубке, гидравлические и механические средства адаптации к полной нагрузке) и для управления закрытием отверстия (начало подачи топлива).

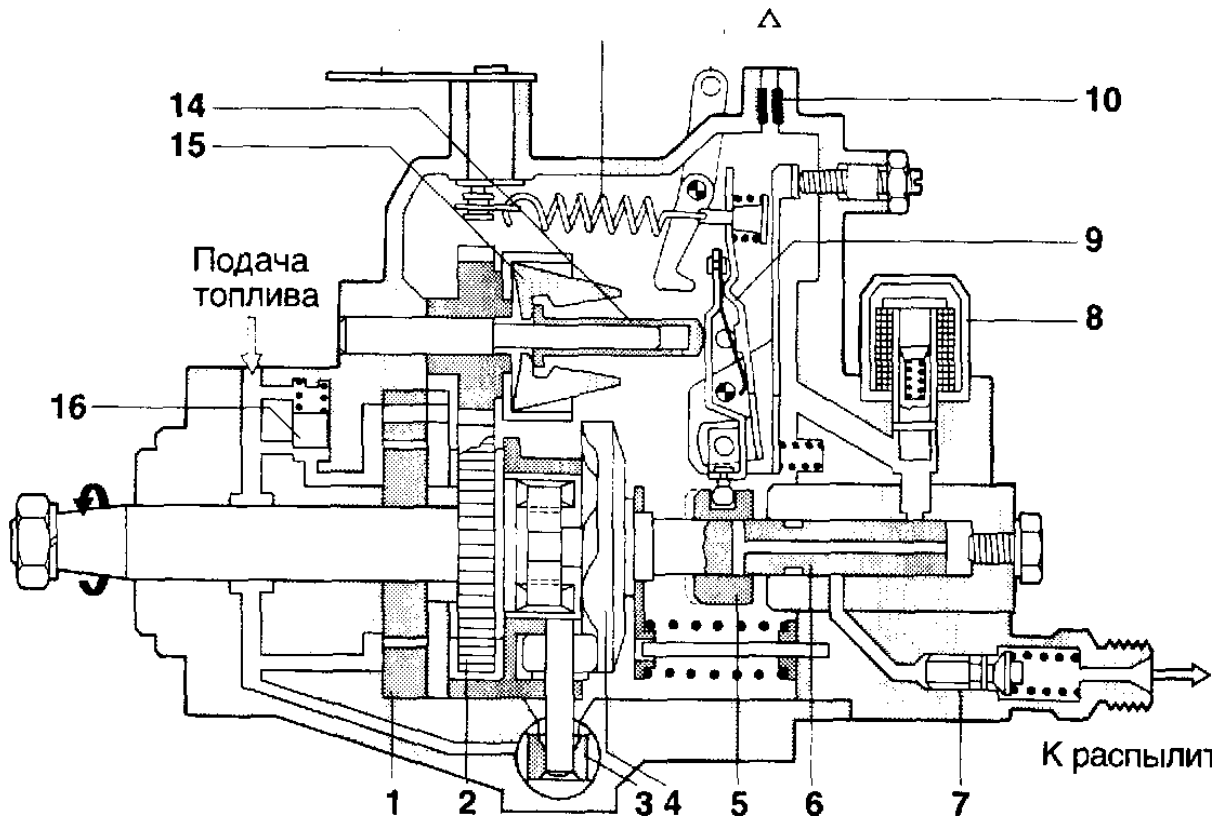


Рис. 4.22. Одноплунжерный ТНВД распределительного типа (основная версия):

- 1 – насос подачи топлива (лопаточного типа); 2 – привод регулятора;
- 3 – устройство регулирования угла опережения впрыскивания;
- 4 – кулачковый диск; 5 – регулирующая втулка; 6 – распределительный плунжер; 7 – нагнетательный клапан; 8 – устройство отключения соленоидного управления; 9 – рычажный механизм регулятора;
- 10 – перепускной дроссель; 11 – механическое устройство отключения;
- 12 – пружина регулятора; 13 – рычаг контроля частоты вращения;
- 14 – регулирующая втулка; 15 – центробежные грузы;
- 16 – нагнетательный клапан ограничения давления

Гидромеханическое регулирующее устройство угла опережения впрыскивания, устанавливаемое по потоку топлива после подкачивающего насоса, включает нагнетательный регулирующий клапан, который обеспечивает рост давления топлива в линейной зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя (1,5-8 бар). Это давление воздействует через отверстие, регулируемое дросселем, на передний конец подпружиненного плунжера. Тот, в свою очередь, поворачивает роликовое кольцо насоса в противоположном направлении вращения насоса, таким образом увеличивая опережение начала впрыскивания топлива независимо от частоты вращения коленчатого вала.

Отключение работы насоса

Механическое (рычаг останова) или электрическое (соленоидный клапан) устройство отключения прерывает работу дизеля, прекращая подачу топлива. Электрический способ широко распространен в легковых автомобилях.

Электронный регулятор. Эксцентрично-установленная шаровая цапфа связывает регулируемую втулку насоса с соленоидным исполнительным механизмом. Угловая установка исполнительного механизма определяет положение регулирующей втулки и с ее помощью – активный рабочий ход насоса. К исполнительному механизму подсоединяется измерительный датчик положения (потенциометр или индуктивный измерительный преобразователь). Электронный блок управления (ECU) получает различные сигналы от измерительных преобразователей: положения педали управления подачей топлива, частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры воздуха, охлаждающей жидкости и топлива, давления наддува, атмосферного давления и т.п. Он использует эти входные величины, хранящиеся в его памяти, для определения правильного количества впрыскиваемого топлива. Таким образом, ECU изменяет ток возбуждения исполнительного привода до тех пор, пока не совпадут исходные данные и действительные величины для принятого положения рейки.

Электронно-управляемое устройство синхронизации. Продолжительность впрыскивания (начало впрыскивания топлива) можно также регулировать путем сравнения действительных и заранее заданных исходных величин. При этом сигнал от исполнительного преобразователя, с помощью которого контролируется точка, при которой открывается форсунка, сравнивается с запрограммированной исходной величиной. Электромагнитный клапан изменяет давление, прилагаемое к плунжеру, и с его помощью установку регулирования устройства синхронизации. Сигнал от измерительного преобразователя форсунки, указывающий на начало впрыскивания, сравнивается с данными, хранящимися в памяти. Тактовая частота, используемая для срабатывания электромагнита, модифицируется, пока не совпадут действительная и исходная величины. Преимущества электронного управления с обратной связью:

- уточненное регулирование цикловой подачи топлива;
- уточненное регулирование частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- более точный угол опережения впрыскивания топлива.

Устройство также может управлять рециркуляцией отработавших газов, контролировать давление наддува, управлять свечами накаливания и обеспечивать связь с другими бортовыми электрическими системами (рис. 4.23).

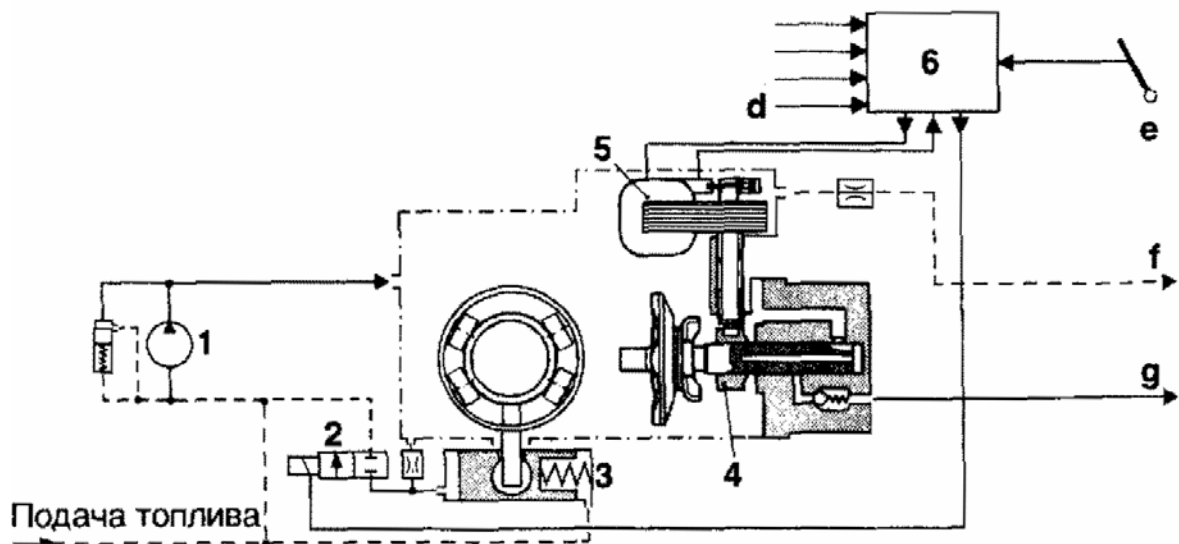


Рис. 4.23. Схема электронного управления работой дизеля для ТНВД распределительного типа:

1 – топливоподкачивающий насос; 2 – электромагнитный клапан; 3 – устройство синхронизации- 4 – втулка управления; 5 – вращающийся исполнительный механизм с измерительным датчиком; 6 – ECU.

Входные/выходные величины: *a* – скоростной режим; *b* – начало впрыскивания; *c* – температура; *d* – давление наддува; *e* – положение педали газа; *f* – возврат топлива; *g* – к распылителю

В новом поколении распределительных ТНВД (рис. 4.24) основу составляет электромагнитный клапан высокого давления, позволяющий дозировать топливо посредством закрытия плунжерного втулочного комплекта насоса. Эта концепция наиболее предпочтительна как с точки зрения гибкости в измерении продолжительности впрыскивания, так и начала впрыска топлива.

Распределительный насос с аксиальным плунжером представляет дальнейшее развитие концепции наддува в ранее рассмотренных насосах распределительного типа с электронным управлением. В нем добавлены:

- соленоидный клапан высокого давления;
- электронный блок управления (ECU);
- датчик угла поворота.

Соленоидный клапан закрывается, определяя начало подачи топлива. Скорость впрыскивания соответствует продолжительности закрытия клапана. Давление впрыскивания топлива достигает 1200 бар.

Распределительный роторный ТНВД (рис. 4.25). Такие насосы предназначены для двигателей с непосредственным впрыском топлива с высокими рабочими характеристиками. Уровни давления со стороны насоса достигают 1000 бар, хотя соответствующие величины в распылителе могут повышаться до 1500 бар.

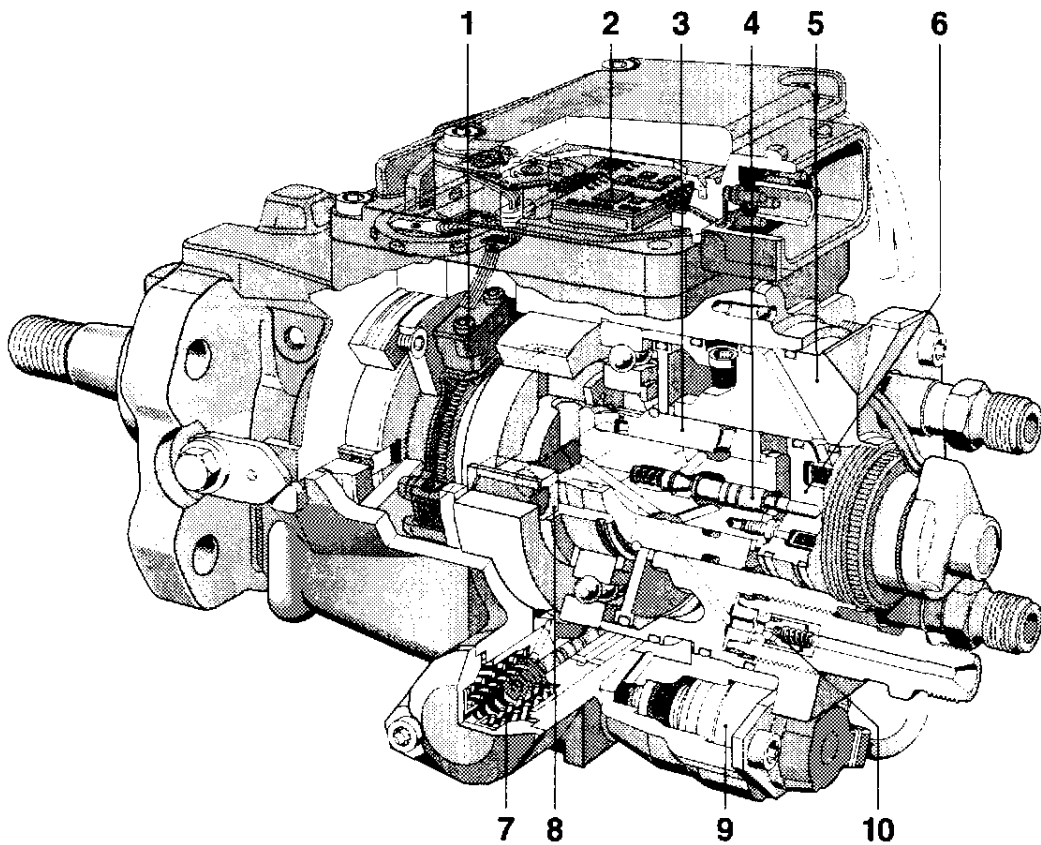


Рис. 4.24. Роторный ТНВД распределительного типа с электромагнитным управлением:

1 – датчик (угла/времени); 2 – ECU; 3 – ротор; 4 – игла соленоидного клапана; 5 – кожух распределителя; 6 – соленоид управления давлением; 7 – устройство для регулирования опережения впрыскивания топлива; 8 – радиально-плунжерный насос; 9 – управляющий электромагнитный клапан; 10 – обратный клапан

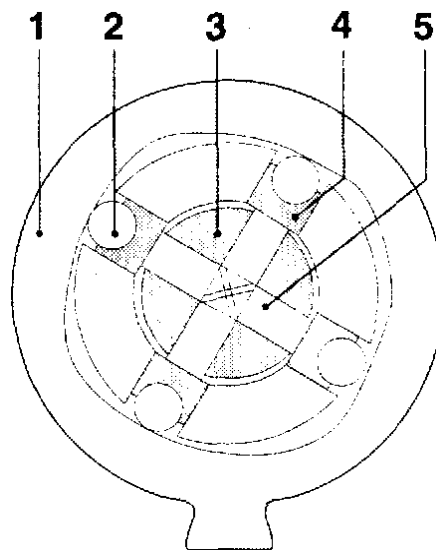


Рис. 4.25. Схема роторного насоса:

1 – кулачковое кольцо; 2 – ролик; 3 – распределительный вал; 4 – опора ролика; 5 – плунжер подачи топлива

Ввиду того, что кулачковый механизм имеет непосредственный привод, отклонения от заданных законов подачи топлива минимальны.

Электромагнитное управление обеспечивает быстрое реагирование на открытие и закрытие плунжерной камеры.

Форсунки

Форсунки служат для распыливания топлива и равномерного распределения его в камере сгорания дизеля. Вместе с топливным насосом форсунка должна обеспечить требуемую характеристику (интенсивность) впрыска топлива при хорошем качестве его распыливания.

Топливо распыливается распылителем. Он состоит из корпуса 1 (рис. 4.26) и иглы 2. Игла плотно прижимается к корпусу пружиной и закрывает сопловое отверстие. Действует распылитель следующим образом. Из насоса топливо по топливопроводам поступает в кольцевой канал 3, наклонный канал 4 и камеру 6. По мере движения плунжера топливо сжимается и давление в камере повышается. Наступает момент, когда усилие, создаваемое топливом, преодолевает силу нажатия пружины, игла распылителя приподнимается и топливо с большой скоростью выходит из распылителя через сопловое отверстие. Когда отсечная кромка плунжера топливного насоса встретится с перепускным окном во втулке плунжера, давление в системе снизится, игла распылителя под действием пружины закроет сопловое отверстие и впрыск прекратится.

Распылители называются однодырчатыми, если у них одно сопловое отверстие для выхода топлива, и многодырчатыми, если имеется несколько отверстий для выхода топлива (рис. 4.27,а). Размер отверстий в зависимости от типа смесеобразования и других конструктивных особенностей двигателя колеблется в пределах 0,1-0,35 мм. Многодырчатые распылители применяют на двигателях непосредственного впрыска.

Недостаток многодырчатых распылителей заключается в том, что сопловые отверстия быстро загрязняются и пригорают. При этом вначале изменяются форма и направление струи, а затем отверстия полностью закоксовываются и прекращается подача топлива. В связи с этим предъявляются повышенные требования к топливу, на котором работают дизели с многодырчатыми распылителями. Однодырчатые распылители делятся на штифтовые и бесштифтовые.

Распылители называются штифтовыми, если игла у них заканчивается штифтом, который обычно выходит из соплового отверстия наружу.

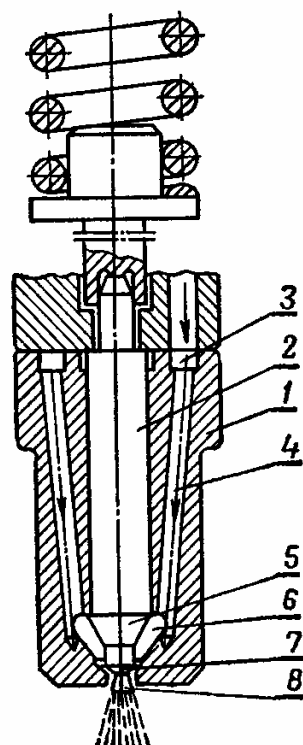


Рис. 4.26. Схема действия распылителя:
 1 – корпус распылителя; 2 – игла распылителя; 3 – кольцевой канал;
 4 – наклонный канал; 5 – конусная поверхность; 6 – камера;
 7 – запирающий (уплотняющий) конус; 8 – штифт

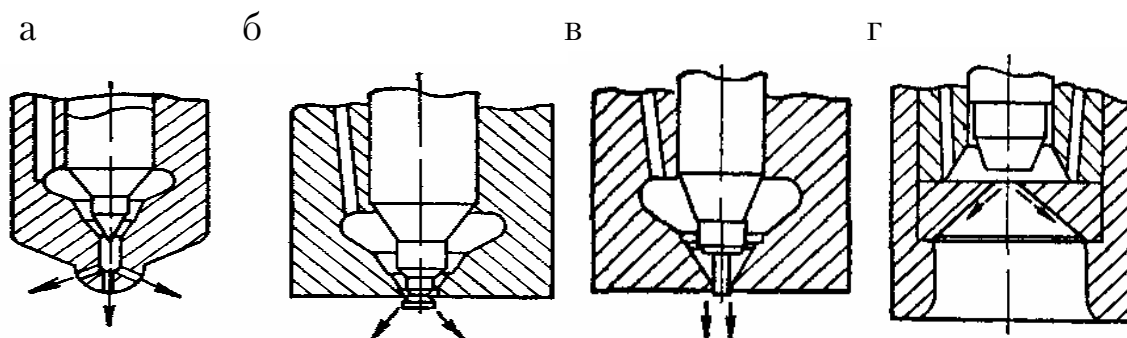


Рис. 4.27. Типы распылителей:
 а – многодырчатый распылитель; б – штифтовой распылитель
 с коническим штифтом; в – штифтовой распылитель с цилиндрическим
 штифтом; г – бесштифтовой распылитель

На тракторных дизелях применяют штифтовые распылители двух типов: с коническим (рис. 4.27, б) и цилиндрическим (рис. 4.27, в) штифтами. Штифт способствует лучшему распыливанию топлива и придает струе, выходящей из сопла, требуемые форму и размер.

Игла конического штифтового распылителя имеет на конце штифт, представляющий собой два усеченных конуса.

Штифтовые распылители характеризуются величиной угла при вершине конуса штифта. Пример маркировки: РШ-2Х 25°. Это озна-

чает: Р – распылитель, Ш – штифтовой, 2 – диаметр соплового отверстия в мм, 25° – угол при вершине конуса штифта.

Штифтовые распылители широко применяют в вихрекамерных дизелях. Мелкое распыливание топлива при помощи штифта и интенсивные вихревые движения в камере сгорания обеспечивают высокое качество смесеобразования при сравнительно невысоких давлениях впрыска топлива.

Распылители, которые имеют плоский конец иглы, без штифта, называются бесштифтовыми. Их применяют в предкамерных и вихрекамерных дизелях. Недостаток этих распылителей заключается в том, что в процессе эксплуатации нарушается герметичность у сопла и ухудшается качество распыливания топлива.

Форсунки в зависимости от типа применяемых распылителей называют штифтовыми или бесштифтовыми.

Форсунки ФШ-1,5×25°. Маркировка форсунки означает: Ф – форсунка, Ш – штифтовая, 1,5 – диаметр соплового отверстия в мм, 25° – величина угла при вершине конуса штифта иглы распылителя.

Корпус форсунки 4 отлит из стали (рис. 4.28). Нижний торец корпуса закален и тщательно обработан. К торцу гайкой 6 присоединен распылитель, который состоит из корпуса 10 и иглы 8. Корпус и игла распылителя изготовлены из легированной стали и закалены. Зазор между корпусом распылителя и иглой 1,5-2 мк. Длина пружины форсунки: в свободном состоянии – $28 \pm 0,25$ мм, под нагрузкой в 16_{-5}^{+4} кг – 26,7 мм.

Форсунку регулируют винтом 2 на давление начала впрыска, равное $13,0^{+0,5}$ Мн/м² ($13,0^{+5}$ кГ/см²). Винт ввернут в гайку пружины 14, сверху стопорится контргайкой 15. Высоту подъема иглы не регулируют. Величина проходного сечения соплового отверстия зависит от высоты подъема иглы, поэтому игла должна подниматься на определенную высоту. Чем больше высота подъема иглы распылителя, тем больше топлива впрыскивается форсункой. У новых форсунок максимальная высота подъема иглы находится в пределах 0,35-0,45 мм.

Форсунку крепят на двигателе соединительной муфтой 5. Чтобы в предкамеру дизеля не попадали грязь и масло, под торец соединительной муфты поставлен щиток 6 и пробковый сальник 19.

Для защиты от грязи при хранении применяют колпачки 7 и 2 и предохранительную втулку 14.

Форсунки дизелей ФШ-62005 относятся к типу многодырчатых рис. 4.29.

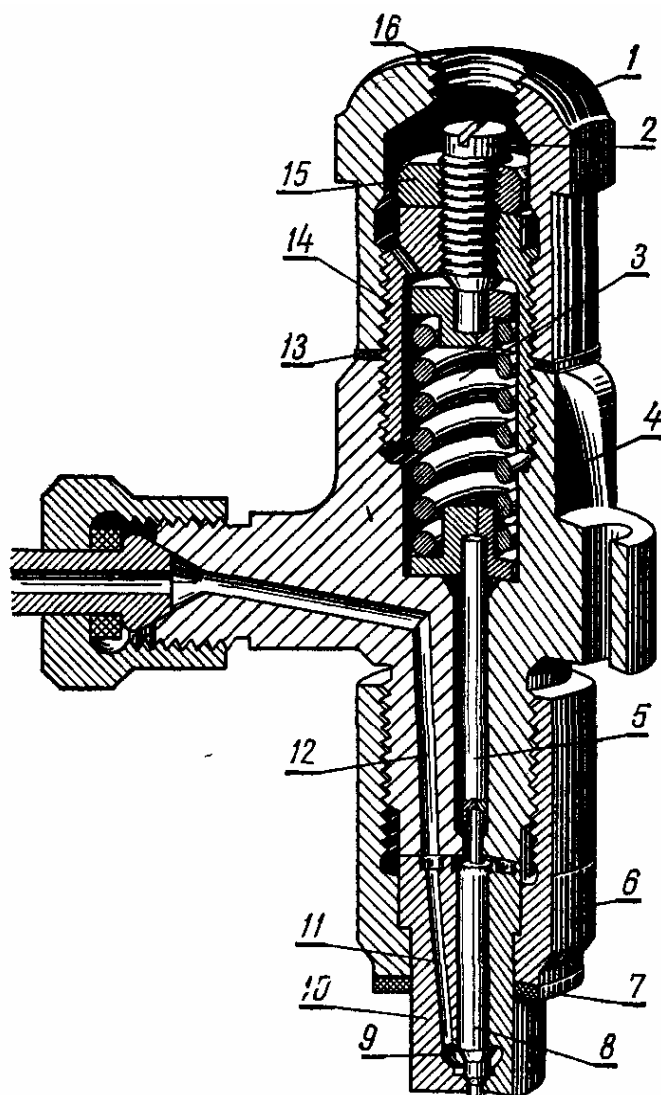


Рис. 4.28. Форсунка ФШ-1,5Х25°:

- 1 – колпак форсунки; 2 – регулировочный винт, 3 – пружина;
 4 – корпус; 5 – штанга; 6 – гайка; 7 и 13 – прокладки;
 8 – игла распылителя; 9 – камера, 10 – корпус распылителя; 11 – канал в распылителе; 12 – канал в корпусе; 14 – гайка пружины форсунки;
 15 – контргайка; 16 – отверстие для слива просочившегося топлива

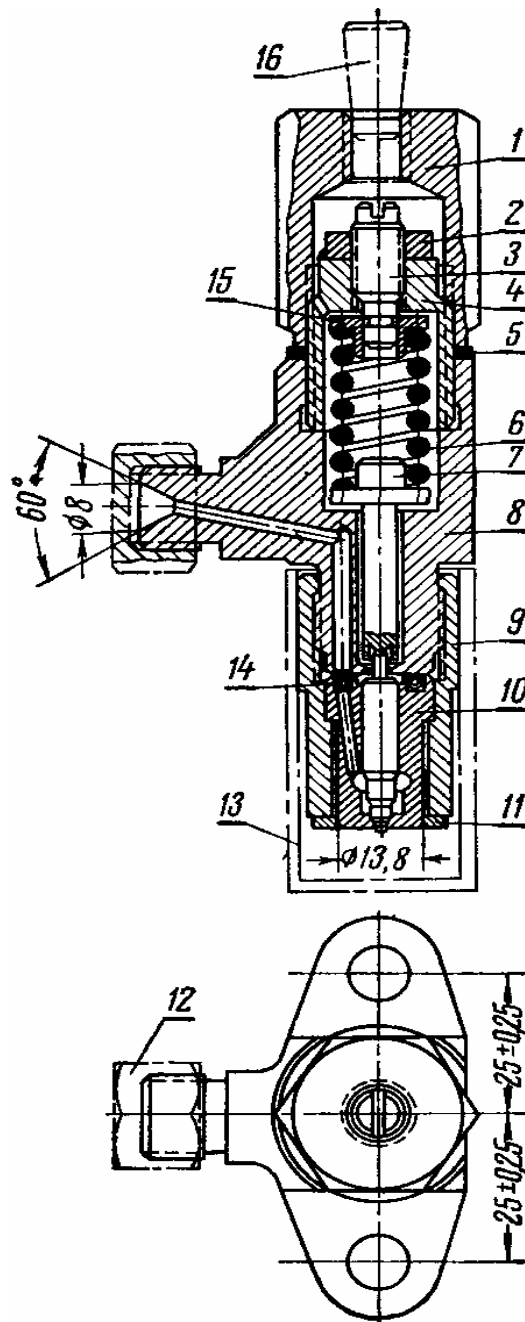


Рис. 4.29. Форсунка ФШ-62005:
 1 – колпак форсунки; 2 – контргайка регулировочного винта;
 3 – регулировочный винт; 4 – гайка пружины форсунки;
 5 и 11 – прокладки; 6 – пружина; 7 – штанга; 8 – корпус форсунки;
 9 – гайка распылителя; 10 – распылитель; 12 – защитная гайка-колпачок;
 13 – защитный чехол; 14 – пружинный фильтр; 15 – седло пружины;
 16 – защитная пробка

Насос-форсунки (рис. 4.30) с клапанным регулированием цикловой подачи. Новое поколение систем впрыскивания топлива на основе одного насоса, регулируемого по времени, для современных легковых и грузовых автомобилей с дизелями с непосредственным впрыском характеризуется модульной конструкцией; эти системы включают электронно-управляемый блок насос-форсунки и блок насоса.

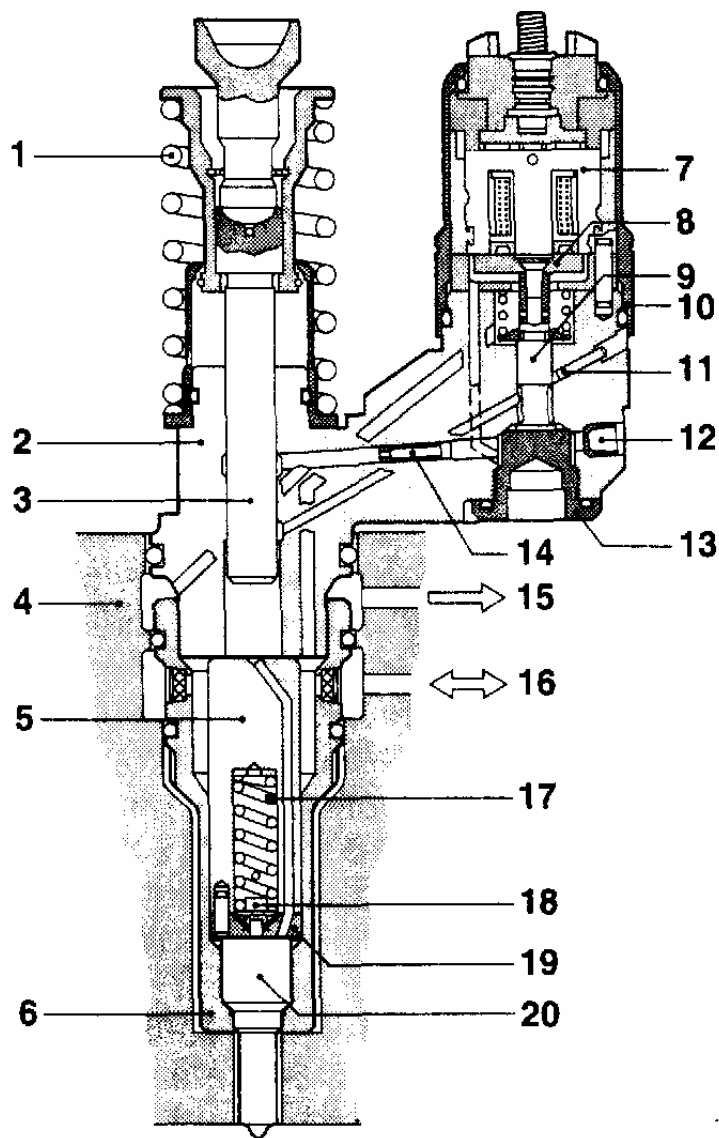


Рис. 4.30. Блок насос-форсунки:

- 1 – пружина; 2 – корпус насоса; 3 – плунжер насоса; 4 – головка цилиндра;
- 5 – держатель пружины; 6 – стяжная гайка; 7 – статор;
- 8 – якорная пластина; 9 – игла соленоидного клапана; 10 – стяжная гайка соленоидного клапана;
- 11 – заглушка канала высокого давления;
- 12 – заглушка канала низкого давления; 13 – упор иглы соленоида;
- 14 – сужение; 15 – возврат топлива; 16 – подача топлива;
- 17 – инжектор; 18 – нажимной штифт; 19 – прокладка; 20 – распылитель

Электронно-управляемый блок насос-форсунки представляет собой одноцилиндровый ТНВД. Этот блок характеризуется интегральным соленоидным клапаном и предназначен для установки непосредственно на головке цилиндров дизеля. Кронштейны, работающие на растяжение, удерживают отдельные модули, которые имеют отдельные цепи подачи топлива для каждого из цилиндров двигателя. Кулачок на распределительном валу приводит в действие индивидуальную для каждого цилиндра насос-форсунку непосредственно через коромысло или косвенно посредством штанги толкателя и коромысла.

Быстродействующий соленоидный клапан в соответствии с параметрами, определяемыми в программной карте двигателя, обеспечивает точную регулировку времени начала впрыска топлива и скорости потока.

В отключенном положении соленоидный клапан обеспечивает неограниченный проход потока топлива от насоса к цепи низкого давления системы. Соленоидный клапан включается во время хода подачи плунжера насоса, перекрывая перепускной клапан и таким образом герметизируя цепь высокого давления. Топливо подается к форсунке как только превышает давление открытия распылителя, то есть впрыск топлива начинается, когда соленоидный клапан закрывается.

Насос-форсунка используется при давлениях впрыскивания топлива до 160 МПа (180 МПа для перспективных моделей). Эта конструкция также может применяться для выборочного индивидуального отключения цилиндра (при частичных нагрузках).

ТНВД, встроенный в блок цилиндров, система единичного насоса, объединенного с форсункой, также являются модульной конструкцией с устройством впрыскивания топлива и управлением по времени. Каждый цилиндр двигателя питается отдельным модулем со следующими компонентами:

- выполненный как одно целое насос высокого давления;
- быстродействующий соленоидный клапан;
- короткая линия высокого давления;
- комплект распылителя.

Элемент насоса обычно устанавливается как неотъемлемая часть блока цилиндров (рис. 4.31; 4.32.) дизеля, где он приводится в движение кулачком основного распределительного вала. Электромагнитный клапан осуществляет точное управление временем начала и продолжительностью впрыскивания топлива в соответствии с программой.

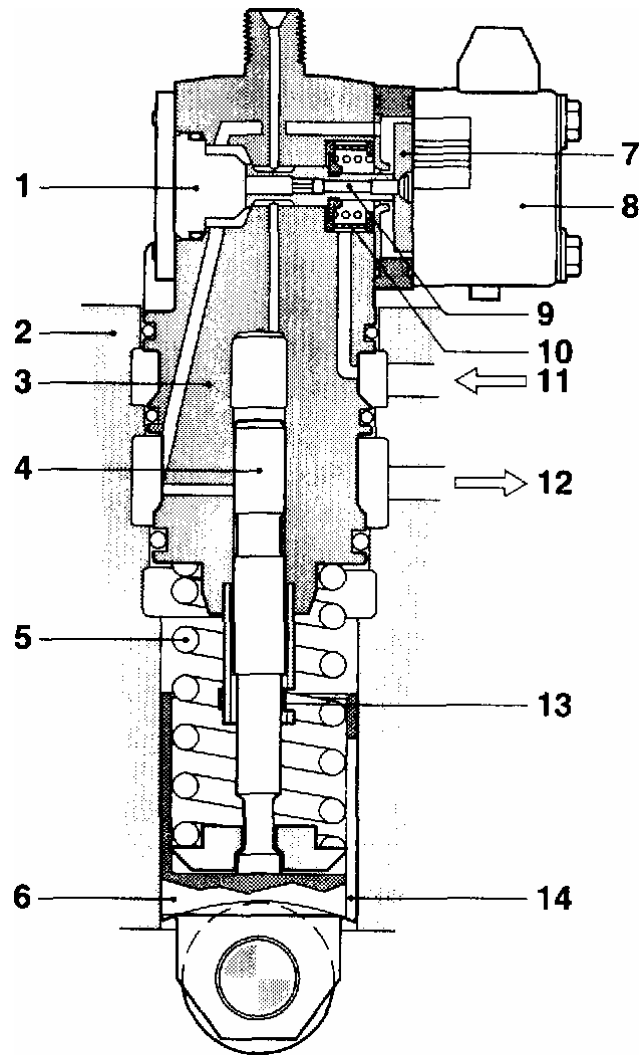


Рис. 4.31. Элемент насоса высокого давления с электромагнитным клапаном 2/2:

- 1 – упор перемещения иглы клапана; 2 – головка блока цилиндров двигателя; 3 – корпус насоса; 4 – плунжер; 5 – возвратная пружина; 6 – роликовый толкатель; 7 – диск якоря; 8 – статор; 9 – игла клапана; 10 – фильтр; 11 – подача топлива; 12 – возврат топлива; 13 – фиксатор; 14 – установочный паз

В открытом состоянии электромагнитный клапан позволяет плунжеру насоса заполнять рабочую полость топливом во время такта впуска и впрыскивать его в заданное время. Область высокого давления герметизируется только во время такта подачи, когда соленоид срабатывает на закрытие клапана. Подача топлива к форсунке начинается как только превышает давление открытия. Единичный тип насоса может быть использован для давлений впрыскивания до 160 МПа. Такие высокие давления впрыскивания топлива согласуются с электронным управлением с обратной связью, которое основывается на данных, записанных в памяти, для значительного сокращения расхода топлива и токсичности.

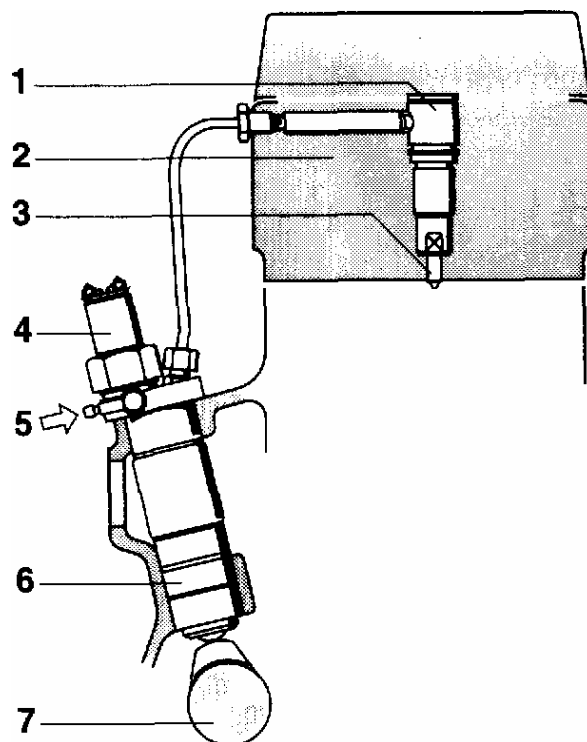


Рис. 4.32. Единичный насос (P1.0):
 1 – кронштейн форсунки; 2 – двигатель; 3 – форсунка;
 4 – электромагнитный клапан; 5 – подача топлива;
 6 – насос высокого давления; 7 – кулачок

Электронный блок управления. Индивидуальные системы насоса и форсунки обеспечивают прямую зависимость между параметрами топливоподачи и положением коленчатого вала. Согласование обеспечивается посредством зубчатого диска на коленчатом валу, в то время как импульсный датчик, установленный на распределительном валу, синхронизирует впрыскивание топлива в соответствии с каждым отдельным цилиндром.

Управление процессом впрыскивания по типу обратной замкнутой связи протекает в соответствии с программой, хранящейся в памяти.

Электронный блок управления работой дизельного двигателя позволяет обеспечивать управление соленоидами насос-форсунок. Он контролирует и обрабатывает различные входящие сигналы измерительных датчиков, может хранить в памяти информацию, содержащую специфические схемы работы для получения разнообразных параметров. Основными данными являются частота вращения коленчатого вала двигателя и нагрузка, на которые водитель может оказывать непосредственное влияние с помощью педали газа. Контролируемые параметры также включают температуру воздуха, топлива, охлаждающей жидкости и давление турбокомпрессора.

Эти основные функции могут дополняться разнообразием других операций, предназначенных для повышения удобства. ECU удовлетво-

рует строгим требованиям надежности работы компенсацией и выявлением неисправностей функционирования отдельных составных частей.

Он также предназначен для облегчения диагностики неисправностей работы дизеля и его системы топливоподачи.

Производитель может использовать программирование в целях накопления данных для специфических компоновочных схем двигателя и автомобиля.

ECU удовлетворяет строгим требованиям противодействия помехам от системы электрооборудования автомобиля и других источников. Фильтры и экраны защищают от воздействия электромагнитных помех и в то же время уменьшают распространение его собственных помех.

Шина (контроллер местной связи) может использоваться для сети связи системы с другими компонентами автомобиля, например, антиблокировочной системой тормозов, системой контроля силы тяги или коэффициента сцепления и электронной системой управления переключением в коробке передач.

Аккумуляторная топливная система типа «Common Rail». Системы с аккумулятором делают возможным объединение системы впрыскивания топлива дизеля с различными дистанционно выполняемыми функциями и в то же время позволяют повышать точность управления процессом сгорания топлива (рис. 4.33).

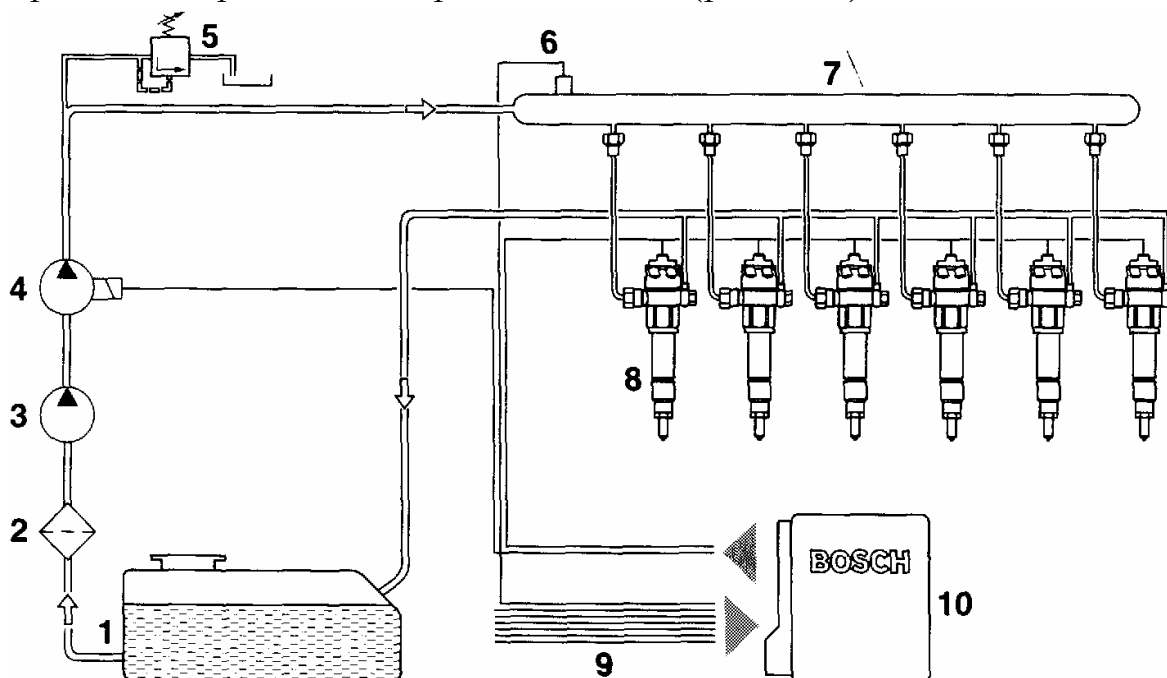


Рис. 4.33. Схема системы впрыскивания с общей рейкой и аккумулятором давления типа «Common Rail»:

- 1 – топливный бак; 2 – фильтр; 3 – топливоподкачивающий насос;
- 4 – насос высокого давления; 5 – редуцирующий клапан;
- 6 – датчик давления; 7 – аккумулятор; 8 – форсунки;
- 9 – ввод данных от измерительных датчиков; 10 – ECU

Отличительная характеристика системы с общим трубопроводом заключается в разделении узла, создающего давление, и узла впрыскивания. Это делает возможным повышение величины давления впрыскивания топлива.

Конструкция системы составляет резервуар (аккумулятор), который включает компоненты распределительного трубопровода (общая рейка), линии подачи топлива и форсунки.

Плунжерный насос высокого давления (линейный насос на грузовых автомобилях, радиальное плунжерное устройство на легковых автомобилях) создает давление; этот насос может предназначаться для работы при низких значениях крутящего момента в целях существенного уменьшения потребности в тяговом усилии.

Давление системы, создаваемое ТНВД, распространяется через аккумулятор и топливопроводы к форсунке. Форсунка обеспечивает подачу нужного количества топлива в камеру сгорания. В точно установленный момент ЕСУ передает сигнал возбуждения к соленоиду форсунки, означающий начало подачи топлива. Количество впрыскиваемого топлива определяется периодом открытия распылителя и давлением в системе.

Перспективы системы. Эта система расширяет область оптимизации процесса сгорания посредством разделения функций создания давления и впрыскивания. Давление, необходимое для впрыскивания топлива, в основном, базируется на выборе какой-нибудь точки набора заданных параметров. Дополнительно давление впрыскивания остается постоянным на период продолжительности процесса впрыска топлива при давлении (с минимальными отклонениями) 1400 бар. Такая способность управлять характером сгорания может использоваться для многоимпульсного впрыскивания в целях уменьшения вредных компонентов отработавших газов (также это может обеспечить снижение шума).

Система с одной рейкой позволяет контролировать движение иглы форсунки, а вместе с ней и схему впрыскивания в пределах определенного диапазона. Для многоимпульсной подачи топлива система включает электромагнит несколько раз.

Применение системы. Для приспособления к работе системы с общей рейкой в дизеле не требуется создавать его модификации. Насос высокого давления заменяет ТНВД, а форсунка устанавливается в головке блока цилиндров так же, как и обычный комплект насоса-форсунки. Все это позволяет применять схему с общей рейкой как отдельный вариант системы впрыскивания топлива.

Регуляторы

Двигатели снабжены автоматическими регуляторами числа оборотов. Регулятор должен поддерживать число оборотов двигателя постоянным или изменять его в заданных пределах.

В настоящее время на дизелях применяют гидравлические, пневматические, механические и комбинированные регуляторы.

Гидравлические и пневматические регуляторы работают по принципу использования напора жидкости или газа (в системах смазки, охлаждения, питания или впускной трубе), изменяющегося с изменением оборотов двигателя.

Механические регуляторы работают по принципу использования центробежных сил специальных грузов, приводимых в движение через систему передач от коленчатого вала двигателя.

В комбинированных регуляторах используется несколько указанных выше принципов работы.

По характеру действия регуляторы делятся на однорежимные, двухрежимные и всережимные.

Однорежимные регуляторы автоматически поддерживают скорость вращения двигателя в пределах, не превышающих максимальных оборотов, т.е. поддерживают один скоростной режим.

Двухрежимные регуляторы автоматически обеспечивают устойчивую работу на минимальных оборотах и ограничивают максимальные обороты двигателя, т.е. поддерживают верхний и нижний режимы работы двигателя по оборотам.

Всережимные регуляторы автоматически поддерживают устойчивую работу двигателя на любом заданном скоростном режиме, не выходящем за пределы максимальных и минимальных оборотов, предусмотренных конструкцией двигателя.

На отечественных тракторных дизелях устанавливают механические центробежные всережимные регуляторы. Они просты по устройству и надежны в эксплуатации. В дальнейшем будет идти речь только о центробежных регуляторах, поэтому для краткости они будут называться просто регуляторами.

Всережимные регуляторы обладают следующими достоинствами, обеспечивающими их широкое применение: облегчают труд тракториста, повышают производительность тракторного агрегата: дизель работает экономичнее и удлиняется срок службы трактора. Объясняется это тем, что при изменении нагрузки всережимный регулятор позволяет трактористу на ходу рычагом регулятора изменять скорость движения трактора (агрегата).

Экономия времени на остановки трактора для переключения передач способствует повышению производительности труда. Простота перехода от одной скорости к другой дает возможность полнее загружать трактор, особенно при часто меняющихся нагрузках. При комплектовании тракторного агрегата не всегда удается добиться полной загрузки трактора. Наличие всережимного регулятора позволяет поддерживать двигатель в состоянии, близком к полной загрузке. Чем полнее загружен дизель к его номинальному значению мощности, тем выше его экономичность.

Действие центробежного регулятора, работающего в комплекте с насосами типа 4ТН-8,5×10 (рис. 4.34). Вал 1 через ряд передач получает вращение от коленчатого вала двигателя. Вместе с валом вращается жестко сидящая на нем крестовина 2. На ней шарнирно укреплены два груза 3. При вращении вала грузы расходятся под действием центробежных сил. Грузы, поворачиваясь около осей, давят лапками на муфту 4. Пружины 7 и 8 сжимаются, и муфта 4 перемещается влево. Затем наступает момент, при котором усилие, развиваемое центробежными силами грузов, уравнивается сопротивлением пружин и сил трения в шарнирах. Муфта прекращает движение и занимает равновесное состояние.

При снижении нагрузки на валу двигателя топливо продолжает поступать в цилиндр в прежнем количестве. Поэтому механическая энергия двигателя сохраняется, а сопротивление проворачиванию коленчатого вала уменьшается. В результате образовавшегося избытка энергии возрастает скорость вращения коленчатого вала двигателя. Соответственно увеличивается скорость вращения вала регулятора. Центробежные силы грузов регулятора при этом увеличатся и муфта 4, преодолевая сопротивление пружин 7 и 8, переместится влево. Рейка насоса 15 при помощи тяги 14 тоже переместится влево, в сторону уменьшения подачи. Поступление топлива в цилиндры двигателя снизится, поэтому энергия на валу двигателя уменьшится, а скорость вращения коленчатого вала снизится. Снова наступит состояние, при котором механическая энергия двигателя будет полностью затрачиваться на преодоление сопротивления, приложенного к валу двигателя. Муфта регулятора займет новое равновесное положение. Коленчатый вал двигателя снова будет вращаться с постоянной скоростью.

При увеличении нагрузки сопротивление на валу двигателя станет выше механической энергии двигателя, а количество топлива, поступающего в цилиндры, сохранится, поэтому скорость вращения коленчатого вала снизится. Соответственно снизится и скорость

вращения вала регулятора. Центробежные силы грузов при этом уменьшаются и пружины регулятора переместят муфту 4 вправо на некоторую величину. Рейка топливного насоса при помощи вилки 11 и тяги 14 переместится вправо, подача топлива увеличится, благодаря чему скорость вращения коленчатого вала возрастет и достигнет прежней величины.

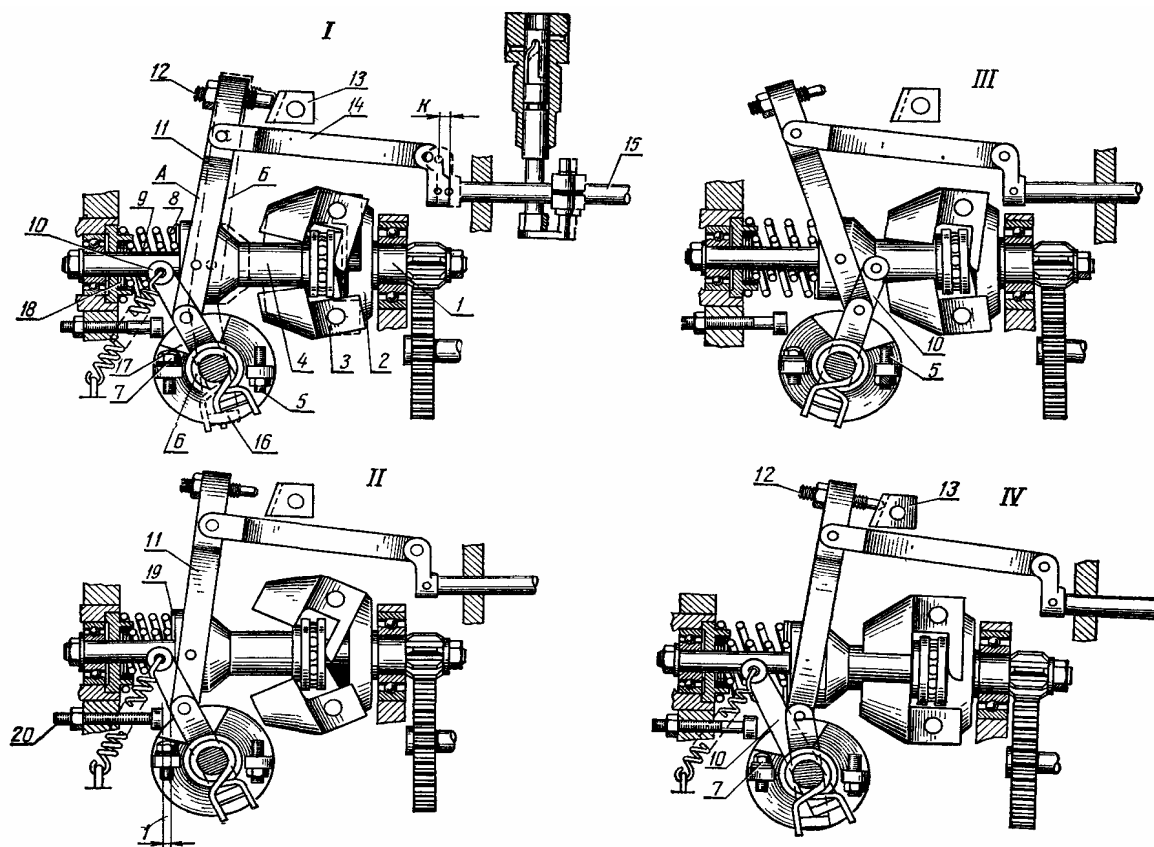


Рис. 4.34. Схемы действия регулятора типа РВ:

- 1 – вал; 2 – крестовина; 3 – груз; 4 – муфта; 5 – шпилька;
 6, 7 и 8 – пружины; 9 – болт; 10 и 16 – рычаги; 11 – вилка; 12 – болт вилки тяги регулятора; 13 – призма; 14 – тяга рейки; 15 – рейка насоса;
 17 – упор; 18 и 19 – регулировочные прокладки; 20 – болт – жесткий упор; I – номинальный режим работы двигателя; II – режим максимальной холостых оборотов двигателя; III – подача топлива выключена; IV – пуск двигателя

Необходимые обороты дизеля устанавливают рычагом 10. Заодно с этим рычагом изготовлен поперечный вал, на котором укреплен втулка. На ней надета спиральная пружина 6. Концами витков пружина соединена с рычагом 16, свободно сидящим на валу рычага 10. Верхний конец рычага 16 шарнирно соединен с вилкой 11. Рычаг 10 может свободно поворачиваться около своей оси из одного крайнего положения в другое. Крайние положения его ограничены шпилькой 5 и болтом 9, в которые упирается упор 17 рычага 10. Промежуточные положения он может занимать любые. Поворотом рычага 10 влево до

упора при помощи пружины 6 изменяется положение вилки. При этом перемещается муфта, сжимая пружины 7 и 8. Болт 12 упирается в призму 13. Тяга рейки перемещается вправо, в сторону увеличения подачи. Скорость вращения коленчатого вала при неизменной нагрузке будет увеличиваться по мере увеличения подачи топлива.

При повороте рычага 10 на некоторый угол вправо усилие затяжки пружин 7 и 8 уменьшится, а рейка топливного насоса, переместившись влево, займет положение, при котором подача топлива тоже уменьшится. Скорость вращения коленчатого вала дизеля при неизменной нагрузке по мере перемещения рычага 10 вправо будет снижаться.

Таким образом, изменяя положение рычага 10, можно установить требуемый скоростной режим работы дизеля.

При износе деталей регулятора увеличиваются зазоры и нарушаются сопряжения, поэтому двигатель хуже приспособляется к изменениям нагрузки, экономичность его снижается, а интенсивность износа возрастает.

Корректоры характеристик топливоподачи. При выполнении сельскохозяйственных работ наибольшая производительность тракторного агрегата достигается при работе дизеля на номинальном режиме; в связи с этим трактор желательно загружать так, чтобы его двигатель работал на полную мощность. Однако сопротивление плугов, сеялок и других прицепных машин изменяется при движении агрегата в зависимости от состояния почвы, рельефа и других факторов. Поэтому тракторный агрегат комплектуют так, чтобы двигатель имел небольшой запас мощности для преодоления временно возрастающих сопротивлений.

При перегрузках обороты коленчатого вала дизеля снижаются. Количество воздуха, поступающего в цилиндры дизеля на такте впуска, при этом возрастает. Таким образом, в дизеле заложены возможности полного сгорания большего количества топлива на пониженных оборотах, чем на номинальных. С увеличением количества сгоревшего топлива за один такт увеличивается крутящий момент двигателя. Однако топливные насосы устроены так, что (по мере снижения оборотов) подача топлива в цилиндр дизеля за один впрыск не увеличивается, как это требуется, а, наоборот, уменьшается, поэтому крутящий момент дизеля при снижении оборотов на перегрузках также уменьшается. Для исправления этого недостатка в систему топливоподачи вводится корректирующее устройство (корректор). Действует корректор следующим образом: по мере перегрузки дизеля (обороты вала дизеля снижаются) рейка топливного насоса под действием

пружины регулятора дополнительно перемещается на небольшую величину в сторону увеличения подачи топлива.

В результате увеличения подачи топлива на цикл крутящий момент увеличивается и двигатель преодолевает небольшую перегрузку.

Корректирование топливоподачи насоса типа 4ТН-8,5×10 осуществляется следующим образом (рис. 4.35).

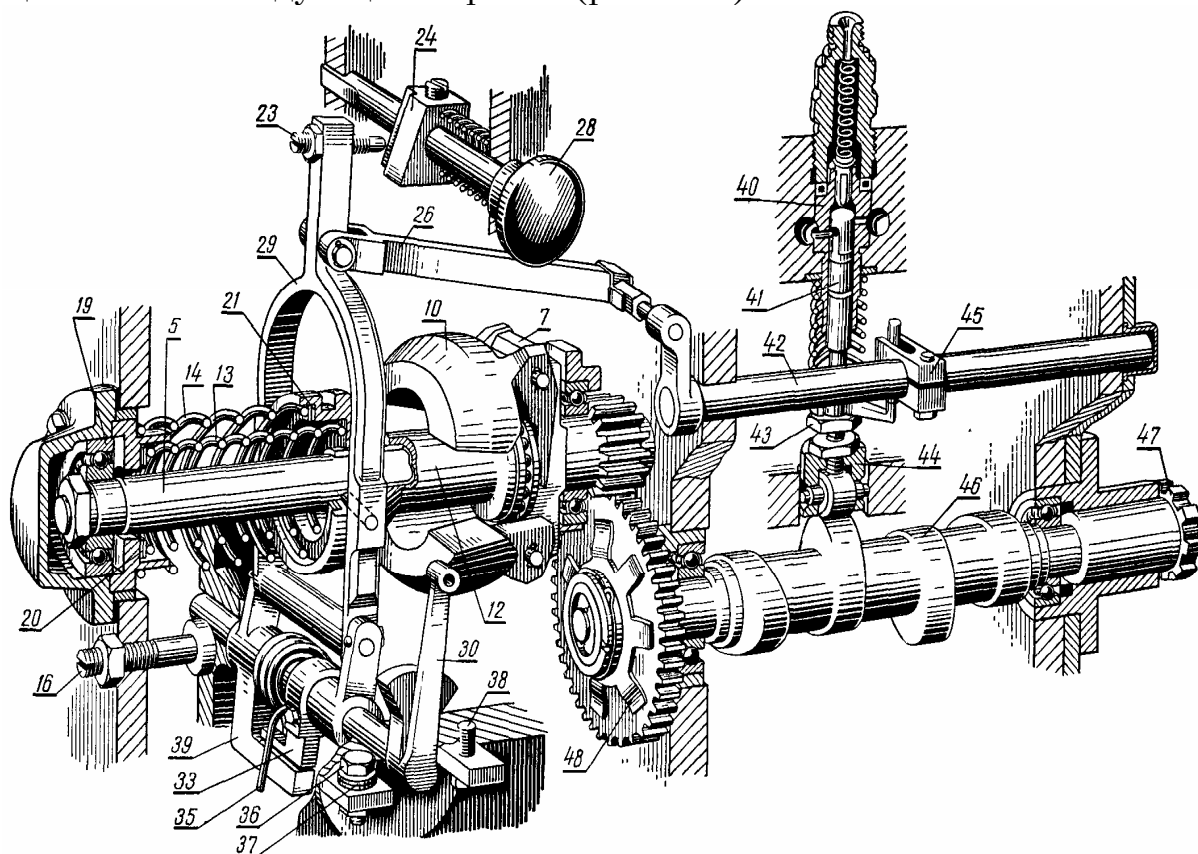


Рис. 4.35. Схема действия регулятора типа РВ с насосом 4ТН-8,5×10: 40 – втулка плунжера; 41 – плунжер; 42 – рейка; 43 – регулировочный болт толкателя; 44 – корпус толкателя плунжера; 45 – хомутик рейки; 46 – кулачковый вал; 47 – шлицевая втулка; 48 – фрикционная муфта (названия остальных позиций те же, что и на рис. 4.34)

При работе дизеля на полной нагрузке и номинальных оборотах болт вилки тяги регулятора 12 касается призмы 13. При увеличении нагрузки, когда дизель снижает обороты, центробежные силы грузов уменьшаются. Рычаг 16 под действием пружин 7 и 8, преодолевая сопротивление пружины 6, повернется вокруг оси поперечного вала рычага 10 и переместит вилку 11 из положения А в положение В при неизменном положении рычага 10. Болт вилки тяги регулятора переместится по скосу призмы вверх и вперед. Рейка топливного насоса при этом дополнительно переместится в сторону увеличения подачи. Поэтому подача топлива за цикл увеличится и соответственно возрастет крутящий момент дизеля. Таким образом, корректирующее

устройство помогает увеличить подачу топлива за цикл при перегрузке дизеля и позволяет ему преодолевать временные перегрузки.

Регуляторы, работающие в агрегате с топливными насосами типа 4ТН-8,5×10 имеют марку РВ; при этом указывают обороты, соответствующие номинальным оборотам топливного насоса, в комплекте с которым поставляется регулятор. Например, РВ-650 означает: регулятор всережимный дизеля, у которого номинальные обороты кулачкового вала топливного насоса равны 650 оборотов в минуту.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к топливной аппаратуре.
2. Особенности устройства и принцип действия СП ДВС тяжелого топлива.
3. Подкачивающие насосы, фильтры. Назначение, устройство и принцип действия.
4. Типы ТНВД. Общее устройство.
5. Муфта опережения впрыска. Назначение, устройство и принцип действия.
6. Всережимные регуляторы. Назначение, устройство и принцип действия.
7. Принцип действия одноплунжерного ТНВД.
8. Назначение, устройство и принцип работы форсунок.
9. Принцип работы плунжерной пары топливного насоса высокого давления.
10. Принцип работы простейшего карбюратора.
11. Устройство и принцип работы муфты опережения впрыска топлива.
12. Устройство ТНВД рядного типа.
13. Устройство и принцип работы всережимного регулятора ТНВД.
14. Назначение, устройство и принцип работы воздухоочистителей инерционного типа.
15. Назначение, устройство и принцип работы воздухоочистителей фильтрующего типа.
16. Назначение, устройство и принцип работы топливоподкачивающих насосов.
17. Назначение, устройство и принцип работы бензонасосов.
18. Устройство топливных баков.
19. Назначение, устройство и принцип работы фильтров грубой очистки топлива.
20. Назначение, устройство и принцип работы фильтров тонкой очистки топлива.
21. Назначение, устройство и принцип работы турбокомпрессоров.

5. УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

5.1. Применение горючих газов для двигателей внутреннего сгорания

Горючие газы все шире применяют в качестве топлива для карбюраторных двигателей и дизелей.

Работа карбюраторного двигателя на газообразном топливе не имеет принципиальных отличий от работы двигателя на бензине, однако вид применяемого топлива оказывает влияние на ряд технико-экономических и санитарно-гигиенических показателей двигателя.

Использование газов в качестве автомобильного топлива имеет ряд преимуществ. При работе двигателя на газе происходит более совершенное смесеобразование. Это объясняется тем, что газ и воздух поступают в смесительное устройство в одинаковом агрегатном (газообразном) состоянии. Полученная однородная горючая смесь, сгорая в цилиндрах двигателя, позволяет более полно использовать теплоту топлива и получать минимальное количество токсичных продуктов неполного сгорания.

Газообразные топлива, имеющие более широкие пределы воспламеняемости, дают возможность получать бедные смеси с коэффициентом избытка воздуха $a = 1,5-1,7$. При работе двигателя на полной нагрузке (рис. 5.1, кривые 1) определяющим фактором является максимальная мощность, для получения которой требуются богатые смеси с $a = 0,9-1$. При частичных нагрузках (кривые 2) для улучшения топливной экономичности двигателя и снижения токсичности отработавших газов требуются бедные смеси с $a = 1,2-1,3$.

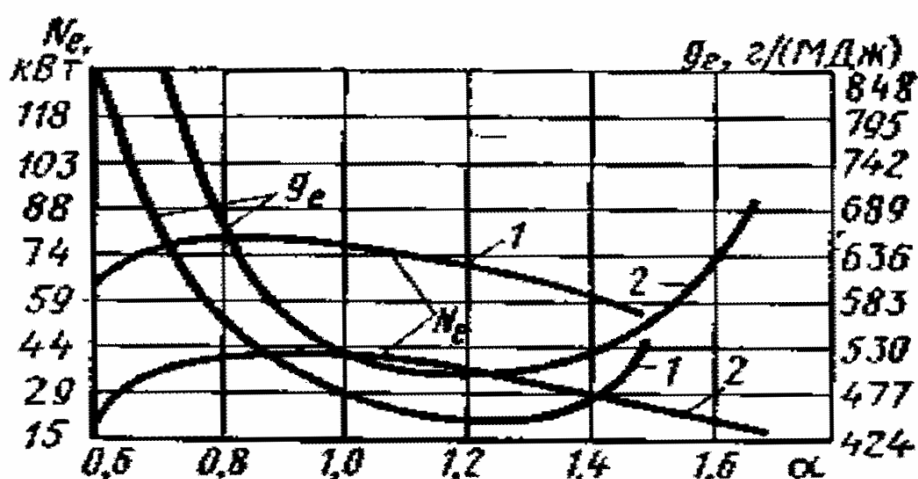


Рис. 5.1. График регулировочных характеристик двигателя при работе на газе в цилиндрах двигателя ($n = 2000$ об/мин):
1, 2 — при полной и частичной нагрузках двигателя

Применение газа исключает возможность конденсации паров топлива на стенках цилиндров и смывание масляной пленки, в результате чего увеличивается срок службы двигателя и возрастает пробег автомобиля до смены масла в двигателе.

К недостаткам применения газового топлива относятся снижение скорости горения и меньшая удельная теплота сгорания горючей смеси. В результате этого мощность двигателя уменьшается в зависимости от вида применяемого газа на 7–12 %.

Перевод карбюраторного двигателя на газообразное топливо. Перевод карбюраторных двигателей на питание сжиженным или сжатым газом осуществляют двумя способами.

Первый способ заключается в создании газовой модификации стандартного карбюраторного двигателя путем его оснащения газобаллонной установкой. В этом случае сохраняется возможность работы двигателя и на бензине, и на газе, причем на бензине двигатель развивает полную мощность, на газовом топливе его мощность уменьшается.

Второй способ заключается в создании из карбюраторного двигателя специального газового, развивающего полную мощность только на газообразном топливе. Такой двигатель имеет улучшенные мощностные и экономические показатели благодаря повышению степени сжатия и установке газового смесителя.

При использовании в качестве топлива газа систему питания двигателя независимо от его типа дооборудуют газобаллонной установкой.

Перевод дизеля на газообразное топливо также осуществляют двумя способами.

Первый способ заключается в переоборудовании дизеля в газовый двигатель с искровым зажиганием. Для этого снижают степень сжатия в цилиндрах двигателя до 8-9, устанавливают систему зажигания и газобаллонное оборудование. Двигатель в этом случае работает так же, как и карбюраторный, но его работа на дизельном топливе исключается. К преимуществам этого способа относятся повышение мощности двигателя и уменьшение выброса токсичных веществ с отработавшими газами, к недостаткам – серьезные конструктивные переделки двигателя.

Второй способ (газодизельный) предполагает одновременное использование дизельного и газообразного топлива при работе двигателя. Для подачи газообразного топлива в этом случае двигатель дооборудуют газобаллонной установкой.

Газ через смеситель подается во впускной трубопровод и в смеси с воздухом засасывается в цилиндры двигателя. В конце такта сжатия в цилиндры впрыскивается дизельное топливо, которое выполняет роль

искры зажигания; его количество составляет до 20 % от расходуемого при обычном дизельном процессе. При этом способе, не требующем коренного изменения конструкции двигателя, последний обладает высокими мощностью и экономичностью; одновременно резко снижается содержание сажи в отработавших газах. Для автомобильных двигателей наибольшее распространение получил газодизельный способ. Оба способа перевода на газообразное топливо применяют для дизелей стационарного типа.

5.2. Конструктивные особенности газобаллонной установки карбюраторных бензиновых двигателей

В конструкции автомобиля, работающего на газовом и бензиновом топливе, имеются независимые друг от друга газовая и бензиновая системы питания.

Газобаллонная установка обеспечивает хранение сжиженного газа, его ступенчатое редуцирование и подачу газа в цилиндры двигателя в количестве, обеспечивающем заданные режимы работы двигателя. Газобаллонная установка (рис. 5.2) содержит следующие основные узлы:

- баллон;
- блок арматуры (мультиклапан);
- заправочное устройство;
- систему вентиляции;
- редуктор-испаритель;
- смеситель;
- дозатор;
- электромагнитные клапаны;
- переключатель рода топлива;
- электропроводку с электронным блоком;
- трубопроводы, шланги и пр.

В зависимости от вида газообразного топлива газобаллонные установки для двигателей внутреннего сгорания подразделяются на три типа: для сжатого природного газа, жидкого метана и сжиженного пропан-бутанового газа. Газобаллонная установка вне зависимости от вида применяемого газа состоит из баллонов для хранения и транспортировки газа, испаряющего или подогревающего устройства, газового редуктора, дозирующего устройства, смесителя, трубопровода и контрольных приборов.

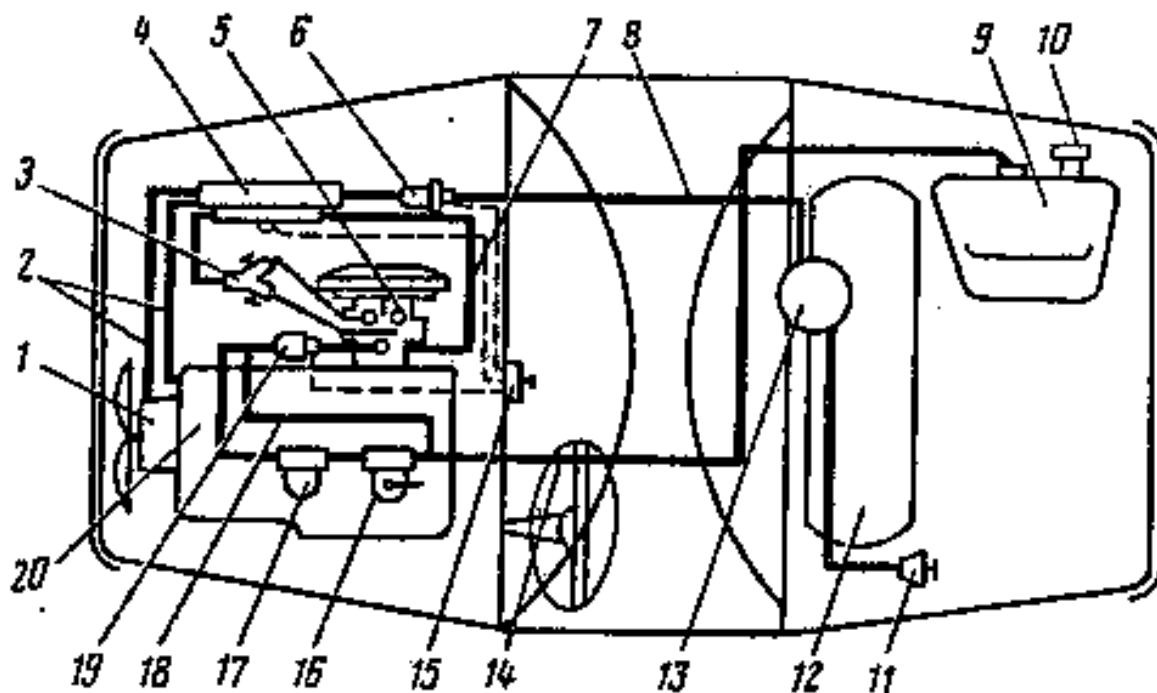


Рис. 5.2. Принципиальная схема бензиногазовой топливной системы легкового автомобиля:

- 1 – водяной насос; 2 – трубопровод подвода и отвода охлаждающей жидкости; 3 – тройник-дозатор; 4 – редуктор-испаритель;
- 5 – карбюратор; 6 – газовый электромагнитный клапан; 7 – трубопровод разрежена; 8 – трубопровод подача газа; 9 – бензиновый бак;
- 10 – наливная горловина; 11 – заправочный штуцер газа; 12 – баллон для газа; 13 – блок арматуры; 14 – бензиновый трубопровод;
- 15 – переключатель рода топлива; 16 – бензиновый насос;
- 17 – бензиновый фильтр; 18 – трубопровод возврата бензина;
- 19 – бензиновый электромагнитный клапан; 20 – двигатель

Приборы и аппараты, применяемые для различных видов газа, не имеют существенных различий в принципе действия. Исключение составляют баллоны для хранения и транспортировки газа. Сжатый природный газ хранится при высоком давлении (до 20 МПа) и требует толстостенных сосудов; жидкий метан содержится при температуре кипения (-161°C) в изотермических сосудах, а сжиженный пропан-бутановый газ имеет максимальное рабочее давление 1,6 МПа и для его хранения и транспортировки на автомобилях используют баллоны с толщиной стенок 3-6 мм и вместимостью до 300 л. Наибольшее распространение получили газобаллонные установки, работающие на сжиженном пропан-бутановом и сжатом природном газе.

Сжиженный пропан-бутановый газ из всех газообразных топлив наиболее близок к бензину по концентрации энергии в единице объема, способу хранения и другим эксплуатационным качествам. Его наиболее широко применяют в качестве топлива для автомобильных двигателей. На газобаллонных автомобилях ЗИЛ-138 и ГАЗ-53-07 установлены газовые двигатели, газобаллонные установки которых расчи-

таны на избыточное давление 1,6 МПа и обеспечивают хранение сжиженного газа, его испарение, очистку, ступенчатое редуцирование и подачу в двигатель в строго заданных количествах в смеси с воздухом. Кроме того, на автомобилях имеется резервная система питания двигателей бензином.

Сжиженный газ в газобаллонных автомобилях (рис. 5.3.) содержится в баллоне 20 в жидком и парообразном состояниях. Газовый баллон, кроме контрольно-предохранительной и наполнительной арматуры, снабжен двумя расходными вентилями, позволяющими осуществлять питание двигателя газом, находящимся в паровой или жидкой фазе. Система питания обеспечивает нормальную работу двигателя при условии подачи к редуцирующему устройству газа, находящегося в парообразном состоянии. Испарение сжиженного газа в системе питания происходит за счет тепловыделения из системы охлаждения двигателя.

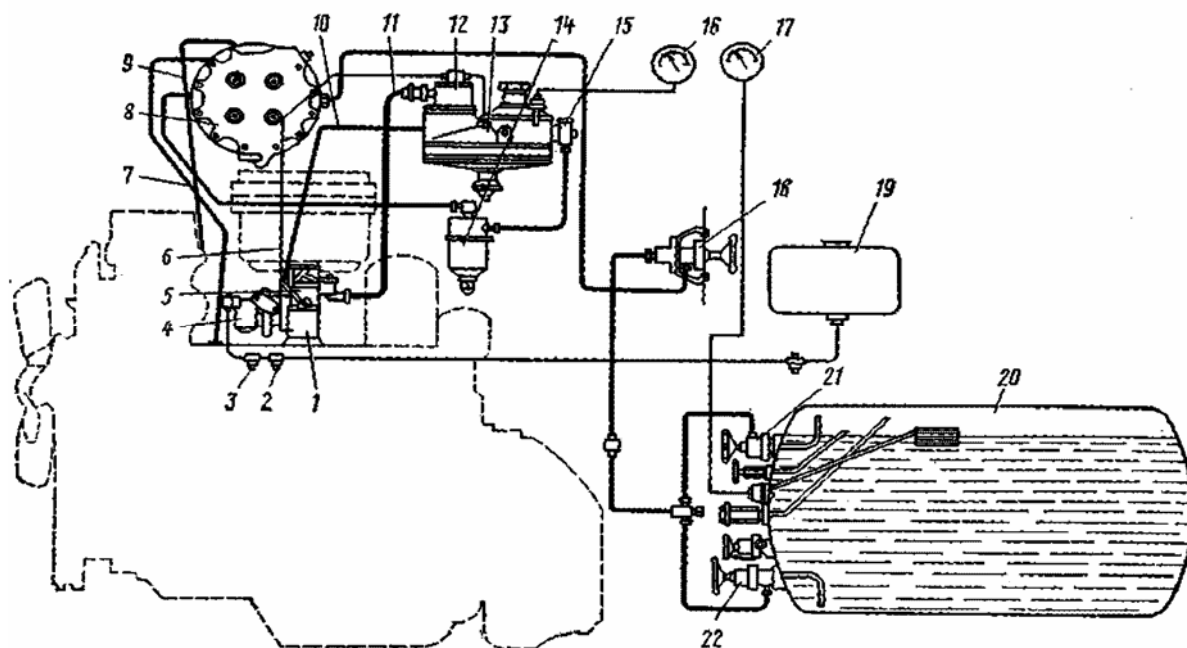


Рис. 5.3. Схема системы питания грузового автомобиля, работающего на сжиженном газе:

- 1 – проставка; 2 – фильтр-отстойник; 3 – топливный насос;
 4 – карбюратор; 5 – смеситель; 6 – трубка, соединяющая редуктор с всасывающим трубопроводом; 7, 9 – шланги для подвода и отвода жидкости системы охлаждения в испаритель; 8 – испаритель;
 10 – трубка для отвода газа в систему холостого хода; 11 – шланг основной подачи газа; 12 – дозирующе-экономайзерное устройство; 13 – редуктор; 14, 15 – газовый и сетчатый фильтры; 16 – манометр; 17 – указатель уровня сжиженного газа в баллоне; 18 – магистральный вентиль; 19 – топливный бак; 20 – газовый баллон; 21, 22 – расходные вентили паровой и жидкой фазы газа

При пуске и прогреве двигателя незначительный перепад температур между теплоносителем (жидкостью системы охлаждения) и газом не обеспечивает испарения последнего. В этом случае питание двигателя осуществляется паровой фазой газа через вентиль 21. После прогрева двигателя его питание осуществляется жидкой фазой газа через вентиль 22. Это позволяет исключить кипение жидкости и падение давления в газовом баллоне, а также сохранить стабильность показателей газа, так как в жидкой фазе все компоненты хорошо перемешаны и химический состав топлива практически не меняется по мере опорожнения баллона.

Из баллона газ подводится к управляемому из кабины водителя магистральному вентилю 18, служащему для быстрого прекращения подачи газа к двигателю, а из него попадает в испаритель 8, в котором по шлангам 7 и 9 циркулирует горячая жидкость системы охлаждения двигателя. Пройдя змеевик испарителя, сжиженный газ из жидкого состояния полностью переходит в парообразное и подвергается очистке с помощью фильтра 14 с войлочными кольцами и сетчатого фильтра 15.

Очищенный газ подается в редуктор 13, где происходит двухступенчатое снижение давления до близкого к атмосферному. Управление работой редуктора осуществляется разрежением, передаваемым в него по трубке 6 из всасывающего трубопровода. Из редуктора через дозирующе-экономайзерное устройство 12 и шланг основной подачи газ направляется в смеситель 5. Кроме того, по трубке 10 газ, минуя дозирующе-экономайзерное устройство, из редуктора подается в систему холостого хода смесителя. В смесителе газ смешивается с воздухом, образуя горючую смесь, которая засасывается в цилиндры двигателя.

Газобаллонная установка автомобиля снабжена двумя контрольными приборами: дистанционным электрическим манометром 16, показывающим давление газа в первой ступени редуктора, и указателем уровня сжиженного газа в баллоне 17.

Резервная система питания двигателя бензином состоит из топливного бака 19, фильтра-отстойника 2, топливного насоса 3 и однокамерного карбюратора 4, установленного на проставке 1, расположенной под газовым смесителем. Наличие на автомобиле резервной системы питания создает возможность работы двигателя на бензине при полном расходе газа или неисправности газовой аппаратуры. При переходе с газообразного топлива на бензин (или наоборот) не следует допускать, чтобы двигатель работал на смеси двух топлив, так как это приводит к обратным вспышкам, опасным в

пожарном отношении. Перевод системы питания с одного вида топлива на другой обязательно осуществляют при остановленном двигателе. При этом перекрывают подачу и вырабатывают из системы один вид топлива, затем рычаг управления дроссельной заслонкой присоединяют к карбюратору (или, наоборот, к смесителю), открывают подачу другого вида топлива и пускают двигатель обычным способом.

Сжиженный нефтяной газ в качестве топлива применяют не только для грузовых, но и для легковых автомобилей и автобусов. Конструкции систем питания газобаллонных автобусов и грузовых газобаллонных автомобилей не имеют принципиальных различий. Легковой газобаллонный автомобиль (ГАЗ-24-07) имеет газовое оборудование, в котором конструктивно объединены в одном узле газовый редуктор с испарителем, фильтр газа с магистральным электромагнитным вентилем, расходные вентили жидкой и паровой фаз газа, дополнительный вентиль с вентилями максимального заполнения баллона и предохранительным клапаном.

Сжиженный газ из баллона 5 (рис. 5.4), установленного в багажном отсеке автомобиля, через расходные вентили 7 и 9 по трубопроводу поступает в газовый фильтр 8, а из него – в двухступенчатый газовый редуктор-испаритель 2, где за счет теплоты системы охлаждения двигателя происходит испарение сжиженного газа и снижение его давления до близкого к атмосферному. Из редуктора-испарителя газ через регулировочный винт 3 направляется в смесительное устройство 6, расположенное в воздушном фильтре двигателя, а затем в карбюратор.

Бензиновая система питания автомобиля ГАЗ-24-07 не имеет отличий от системы питания базовой модели, что позволяет данному двигателю полноценно работать как на сжиженном нефтяном газе, так и на бензине.

Сжатый природный газ в настоящее время в нашей стране получает все более широкое применение на автомобильном транспорте. С 1981 г. автозаводы (ЗИЛ и ГАЗ) приступили к серийному выпуску газобаллонных автомобилей ЗИЛ-138А; ГАЗ-53-27 и ГАЗ 52-27, являющихся газовой модификацией автомобилей ЗИЛ-130; ГАЗ-53А и ГАЗ-52-04. Конструкции систем питания этих автомобилей выполнены по универсальной схеме и обеспечивают полноценную работу двигателя как на газе, так и на бензине.

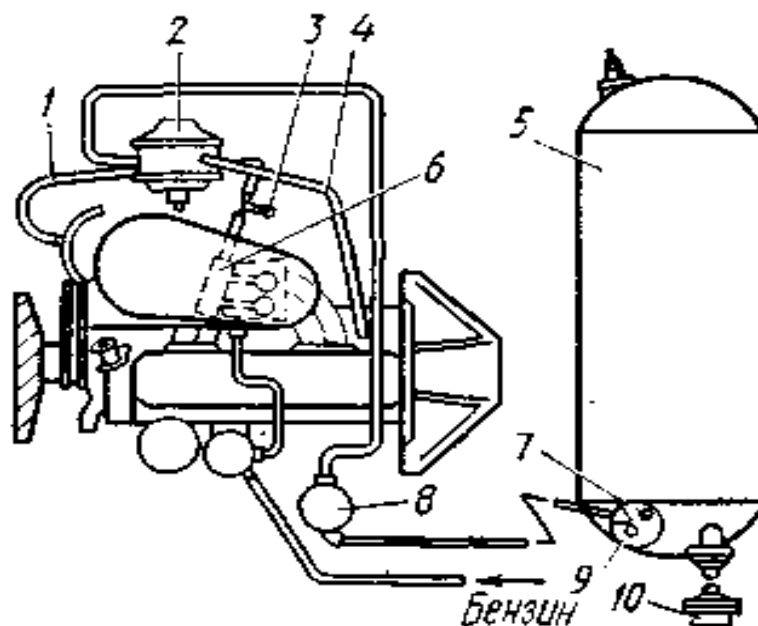


Рис. 5.4. Схема системы питания легкового автомобиля, работающего на сжиженном газе:

- 1 – шланг отвода воды из испарителя; 2 – двухступенчатый газовый редуктор-испаритель; 3 – регулировочный винт подачи газа; 4 – шланг подвода воды в испаритель; 5 – газовый баллон; 6 – смесительное устройство; 7; 9 – расходные вентили паровой и жидкой фаз газа; 8 – газовый фильтр с электромагнитным клапаном; 10 – заправочное устройство с контрольным и предохранительным клапанами

В газобаллонной установке автомобиля ЗИЛ-138А (рис. 5.5) природный газ хранится в сжатом до 20 МПа состоянии в баллонах 1. Запас природного газа в одном баллоне при давлении 20 МПа составляет около 10 м^3 , что эквивалентно примерно 10 л бензина. Для обеспечения запаса хода в 200 км на автомобиле ЗИЛ-138А установлены восемь баллонов, последовательно соединенных трубопроводами в две равноценные секции. Секции баллонов, в каждой из которых предусмотрен запорный вентиль, подключены к крестовине с заправочным и магистральным вентилями (указанные вентили позволяют осуществлять наполнение и расход газа из всех баллонов одновременно или по секциям.) От крестовины газ высокого давления через подогреватель 3, в котором теплоносителями являются отработавшие газы, поступает в одноступенчатый газовый редуктор высокого давления 4, где давление газа снижается до 1-1,6 МПа. Затем газ подается к фильтру 9 с войлочным элементом и электромагнитным клапаном, а из него – в двухступенчатый газовый редуктор 8, где происходит снижение его давления практически до атмосферного. После редуктора газ поступает в газосмесительное устройство 7, которое конструктивно выполнено в одном узле с карбюратором.

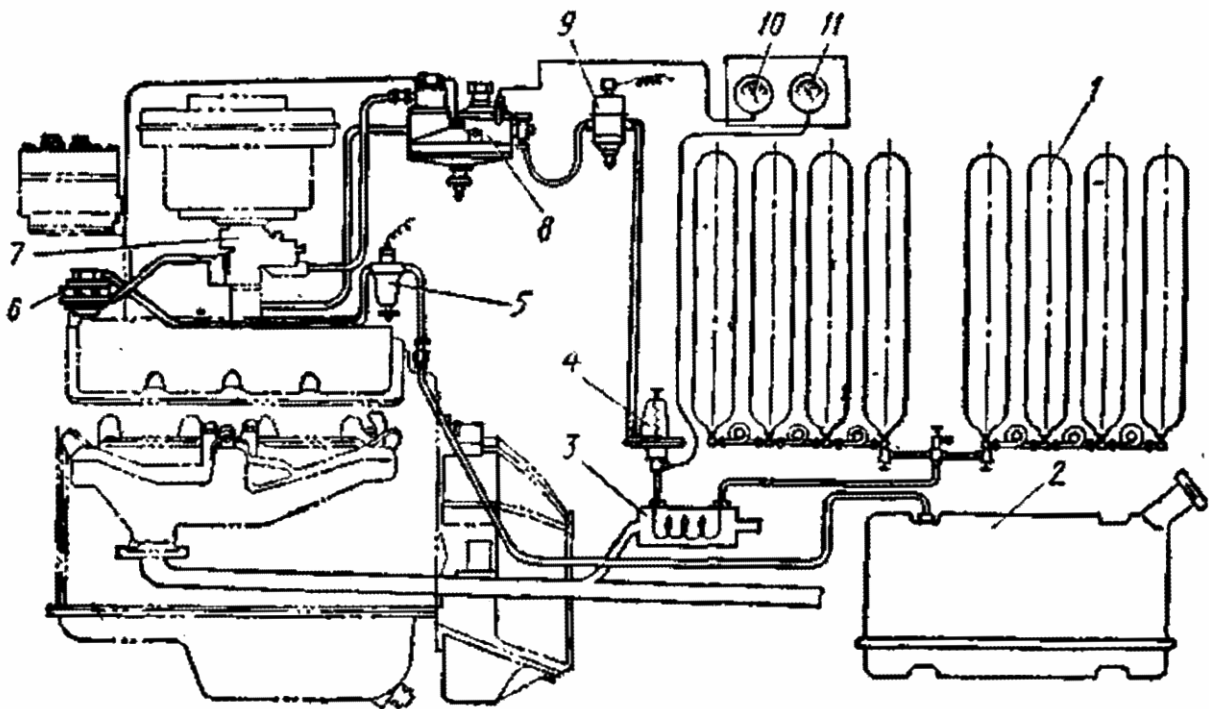


Рис. 5.5. Схема системы питания грузового автомобиля, работающего на сжатом газе:

- 1 – газовый баллон; 2 – бензиновый бак; 3 – подогреватель газа;
 4, 8 – редукторы высокого и низкого давления; 5, 9 – бензиновый и газовый
 фильтры с электромагнитными клапанами
 6 – бензиновый насос; 7 – карбюратор-смеситель;
 10, 11 – манометры редуктора и баллонов

Следует отметить, что двухступенчатый газовый редуктор, соединительные детали и трубопроводы унифицированы с аналогичными узлами, устанавливаемыми на автомобилях, работающих на сжиженном нефтяном газе. Кроме того, для возможности работы на бензине у этих автомобилей сохранена система питания двигателей базовых бензиновых автомобилей.

5.3. Схемы переоборудования инжекторных топливных систем на газовое топливо

Любой автомобиль, имеющий ДВС, может быть переоборудован для работы на СНГ. В большинстве случаев двигатели с искровым зажиганием переоборудуются для работы в двухтопливном режиме (возможно переключение системы питания на работу или на бензине, или на СНГ). Автомобили-такси и автобусы обычно переоборудуются для работы только на одном виде топлива, например на СНГ. Применение такой однотопливной системы регламентируется на промышленных автомобилях, используемых внутри помещений. При переоборудовании двигателей с впрыском топлива для работы на СНГ

следует помнить, что в этом случае они будут работать как двигатели без наддува.

Так как СНГ достаточно хорошо смешивается с воздухом, то выбросы СО и других неконтролируемых компонентов отработавших газов (например полициклических ароматических углеводородов) оказываются значительно ниже, чем подобные выбросы от бензиновых двигателей, даже когда последние оборудованы трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором с замкнутым контуром. СНГ не содержит молекулярных соединений со свинцом или серой. Это топливо характеризуется очень хорошими параметрами сгорания за счет отличного смесеобразования и распределения по цилиндрам двигателя. Подобные преимущества становятся все более заметными по мере понижения температуры окружающего воздуха.

Преимущества:

- чрезвычайно высокая топливная экономичность при поездках на большие расстояния;

- выбросы токсичных компонентов (включая и СО₂) при использовании СНГ значительно ниже, чем в случае работы двигателя на бензине или дизельном топливе.

Недостатки:

- меньший эксплуатационный диапазон и повышенный объемный расход топлива по сравнению с бензиновым двигателем;

- необходимы особые меры предосторожности, так как СНГ находится под давлением;

- баллоны с СНГ требуют достаточного пространства для размещения.

В Германии установка оборудования для работы двигателя на СНГ производится в специализированных мастерских. После выполнения таких работ необходимо получить разрешение на эксплуатацию этого оборудования в инспекционный орган Германии.

Системы питания с использованием СНГ содержат (рис. 5.6; 5.7):

- ресивер с СНГ;

- дополнительный клапан;

- клапан перекрытия подачи газа;

- регулятор давления в испарителе с устройством охлаждения;

- смеситель/форсунки;

- электронный блок управления (ECU);

- серводвигатель для регулирования расхода газа;

- переключатель типа используемого топлива (СНГ/бензин).

После ресивера СНГ поступает к регулятору давления, где происходит его испарение и понижение давления.

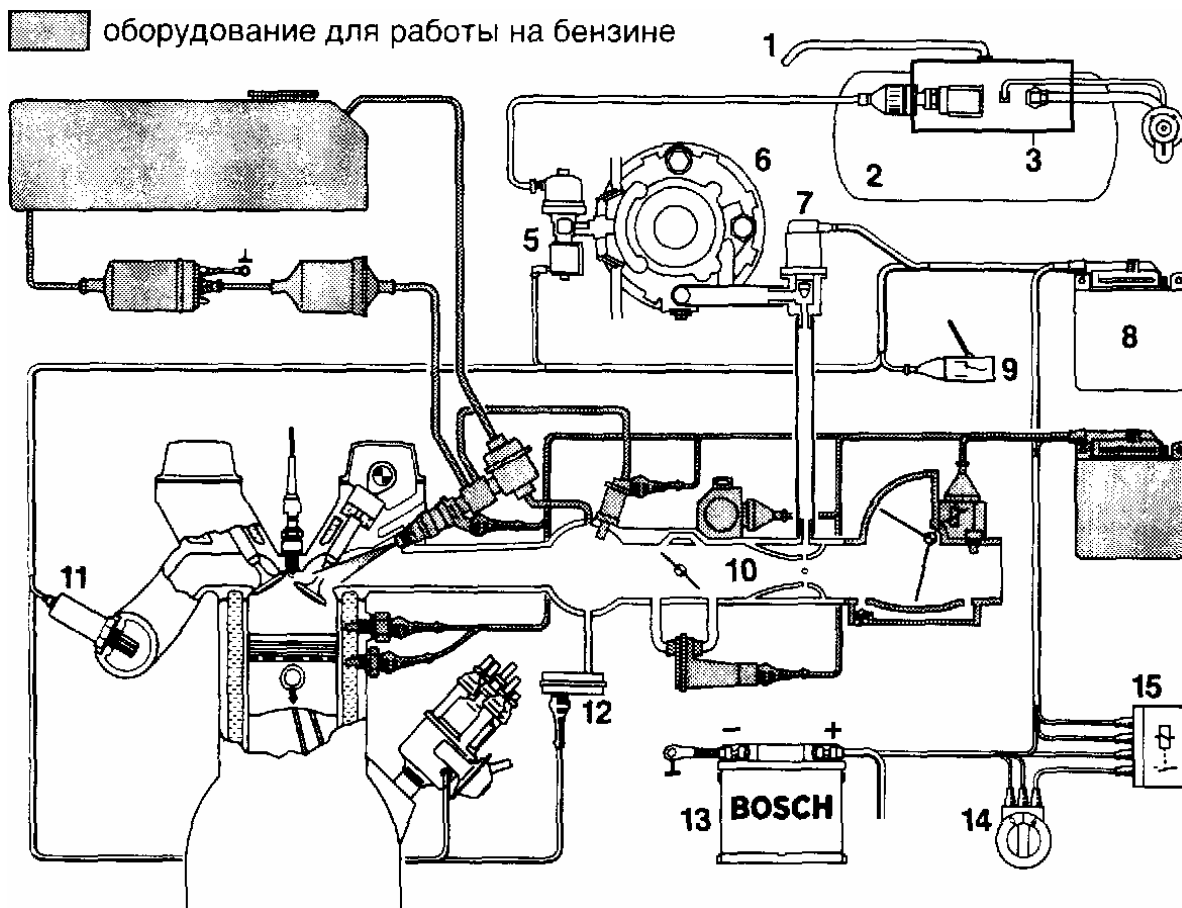


Рис. 5.6. Схема системы питания двигателя, работающего на СНГ (принцип карбюрации):
 1 – вентиляционная трубка для газового ресивера; 2 – ресивер с СНГ;
 3 – корпус с принадлежностями газового ресивера; 4 – наружный дополнительный клапан с 80 %-й отсечкой топлива; 5 – клапан перекрытия газа; 6 – регулятор давления в испарителе;
 7 – серводвигатель для управления расходом газа; 8 – ECU;
 9 – переключатель вида используемого топлива (СНГ или бензин);
 10 – смеситель, работающий по принципу трубки Вентури;
 11 – датчик кислорода (лямбда-зонд); 12 – датчик разрежения;
 13 – аккумуляторная батарея; 14 – выключатель зажигания; 15 – реле

В ECU осуществляется обработка поступивших от лямбда-зонда и датчика разрежения сигналов, которые являются исходными для управления работой серводвигателя, регулирующего расход газа, поступающего в смеситель.

Клапан перекрытия газа срабатывает сразу же после отключения зажигания. Переключатель (СНГ/бензин), установленный на панели приборов автомобиля, позволяет выбирать вид топлива.

Ресиверы должны соответствовать техническим нормам «TRG 380». На заводе-изготовителе каждый ресивер получает официальный сертификат – разрешение на эксплуатацию.

Ресиверы оборудуются наружным наполнительным (впускным) клапаном (с приспособлением, отсекающим подачу газа при заполнении ресивера на 80 % его объема) и соленоидным выпускным клапаном. Емкости ресиверов для легковых автомобилей составляют от 40 до 128 л.

В начале 90-х гг. ДВС потребляли ежегодно около 8,2 млн. т. СНГ (из которых 2,5 млн. т приходилось на страны Европы). Ожидается, что приведенные цифры будут увеличиваться экспоненциально.

Запасы природного газа огромны. Этот факт делает природный газ весьма перспективной альтернативой обычному автомобильному топливу. Конструкции системы питания и выбросы отработавших газов при использовании природного и сжиженного нефтяных газов аналогичны. Природный газ может храниться в автомобиле при высоком давлении (160-200 бар) или в сжиженной форме (при -160°C) в изолированном баке.

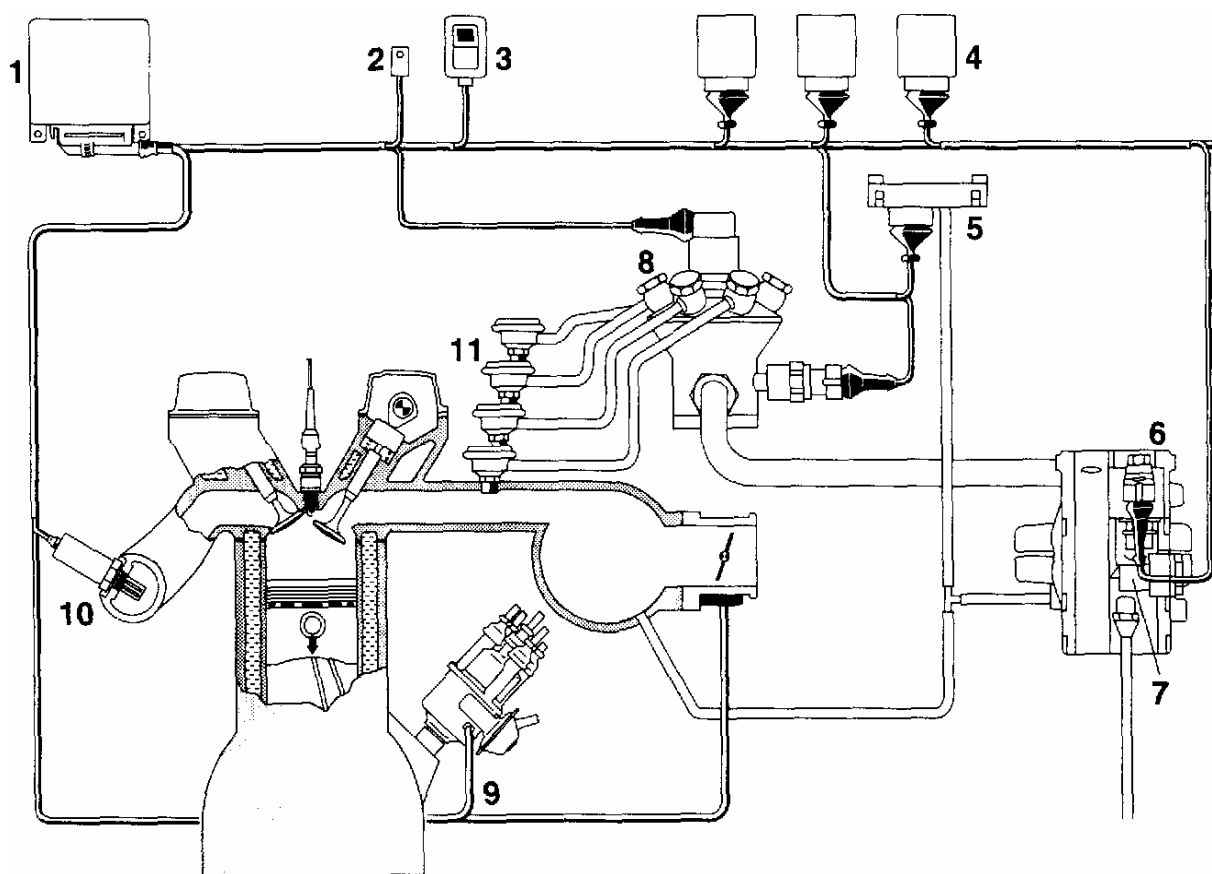


Рис. 5.7. Схема системы питания двигателя, работающего на СНГ (принцип впрыска):

- 1 – ECU; 2 – диагностический разъем; 3 – переключатель для выбора типа используемого топлива; 4 – реле; 5 – датчик давления воздуха; 6 – регулятор давления в испарителе; 7 – клапан перекрытия подачи газа; 8 – распределитель с шаговым электродвигателем; 9 – устройство для выработки сигнала, соответствующего частоте вращения коленчатого вала; 10 – лямбда-зонд; 11 – форсунки для впрыскивания газа

Единственным важным различием между концепциями, базирующимися на природном газе и СНГ, является способ подачи газа в автомобиле; действительные различия в принципах работы минимальны.

5.4. Автомобильные газодизельные системы

В России одним из ведущих заводов, который выпускает большими партиями автомобильные газодизели и устанавливает их на автомобили различных модификаций, является КамАЗ.

Разработкой газодизелей для работы на КПП занимается фирма «Тойота» (Япония). Переоборудованию на КПП были подвергнуты четырехцилиндровый дизель с вихревой камерой «Рикардо Комет» МК-5 и серийный дизель объемом 1470 см³ с турбокомпрессором, устанавливаемый на экспериментальный автомобиль «Викинг-4» фирмы «Фольксваген» (Германия).

Исследователи отмечали, что при переходе на газодизельный процесс мощность двигателя остается на прежнем уровне, но при этом снижается дымность ОГ.

Автомобильной промышленностью России разработаны и освоены в производстве газодизели КамАЗ моделей 744 и 749 для автомобилей-тягачей КамАЗ моделей 53208; 53218; ГАЗ-3309. В них предусмотрена установка на входном воздушном патрубке смесителя-дозатора, который подает газовое топливо в воздух и управляет количеством поступающей в дизель рабочей смеси, т.е. осуществляет количественное регулирование мощности.

Порция запального дизельного топлива на всех режимах газодизеля остается неизменной.

Холостой ход осуществляется на дизельном топливе.

Расход дизельного топлива при движении с контрольной скоростью (60 км/ч) составляет 20 % общего расхода топлива.

Основным недостатком этих газодизелей является примерное постоянство расхода запального дизельного топлива при изменении нагрузки. В результате на режимах малых нагрузок доля запального топлива в общем расходе топлива быстро возрастает и, как правило, на режиме холостого хода расходуется только дизельное топливо.

Поскольку автомобильные двигатели в течение подавляющей части времени работают на режиме частичных нагрузок, в эксплуатации нельзя ожидать более 40 % замены дизельного топлива газовым, что недостаточно эффективно решает задачу экономии дизельного топлива.

Газовая топливная система питания газодизеля КамАЗ (рис. 5.8) состоит из восьми или десяти газовых баллонов высокого давления, соединённых между собой толстостенными стальными бесшовными трубками.

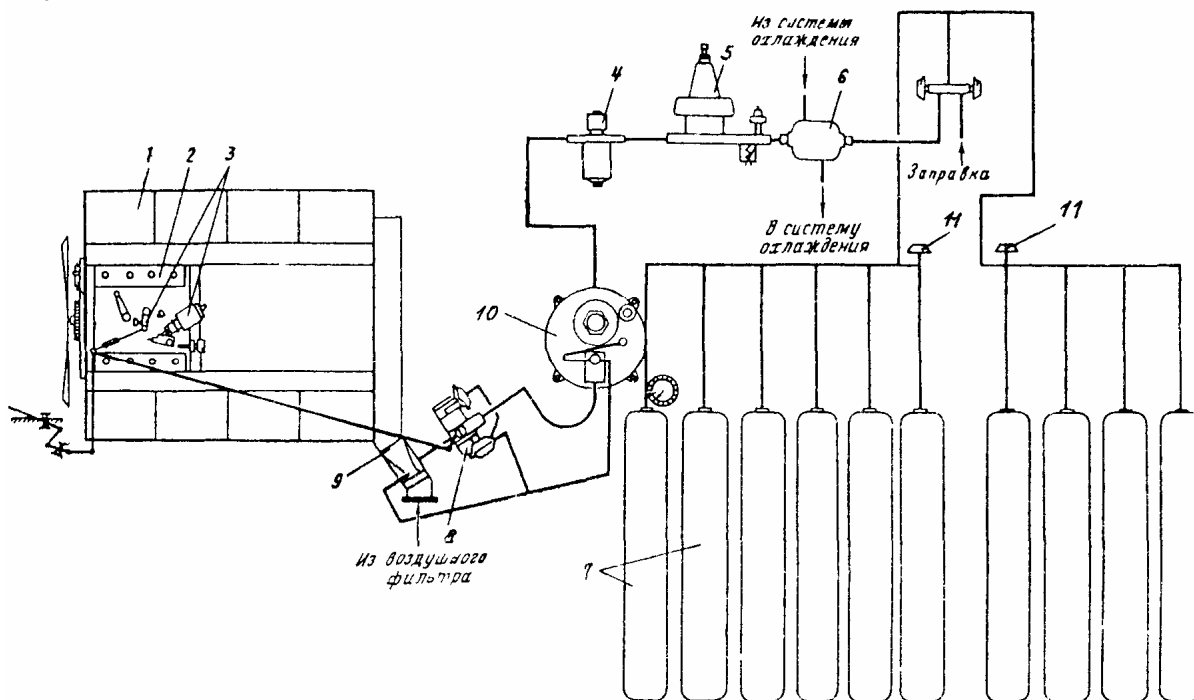


Рис. 5.8. Схема газовой топливной системы дизеля КамАЗ:
 1 – дизель; 2 – ГНВД; 3 – элементы системы регулирования; 4 – фильтр с электромагнитным клапаном; 5 – редуктор высокого давления;
 6 – подогреватель; 7 – газовые баллоны; 8 – дозатор; 9 – смеситель;
 10 – редуктор низкого давления; 11 – магистральный вентиль

Для повышения безопасности баллоны разделены на две секции. Каждая секция имеет свой расходный вентиль. Заполнение баллонов газом производится через наполнительный вентиль, рабочее давление в баллонах – 20 МПа, объем баллона – 50 л, объем заправленного газа, приведенного к нормальным условиям, в среднем составляет 10 м³ для каждого баллона. Сжатый газ из баллонов 7 через магистральный вентиль 11 поступает в подогреватель 6, где нагревается за счет теплоты охлаждающей жидкости двигателя.

Из подогревателя газ поступает в редуктор высокого давления 5, в котором его давление снижается до 0,95-1,1 МПа.

Далее газ через фильтр с электромагнитным клапаном 4 поступает в двухступенчатый редуктор низкого давления 10 и затем через дозатор газа 8 – в смеситель 9.

В смесителе газ смешивается с воздухом, поступающим из воздушного фильтра. Образовавшаяся газозвушная смесь направляется в цилиндры двигателя.

В системе питания газодизельного двигателя предусмотрены элементы системы регулирования 3, исключающие одновременную подачу газа и неограниченной (полной) дозы дизельного топлива.

Принципиальная конструктивная схема системы подачи ГСН дизеля ЯМЗ-238 приведена на рис. 5.9.

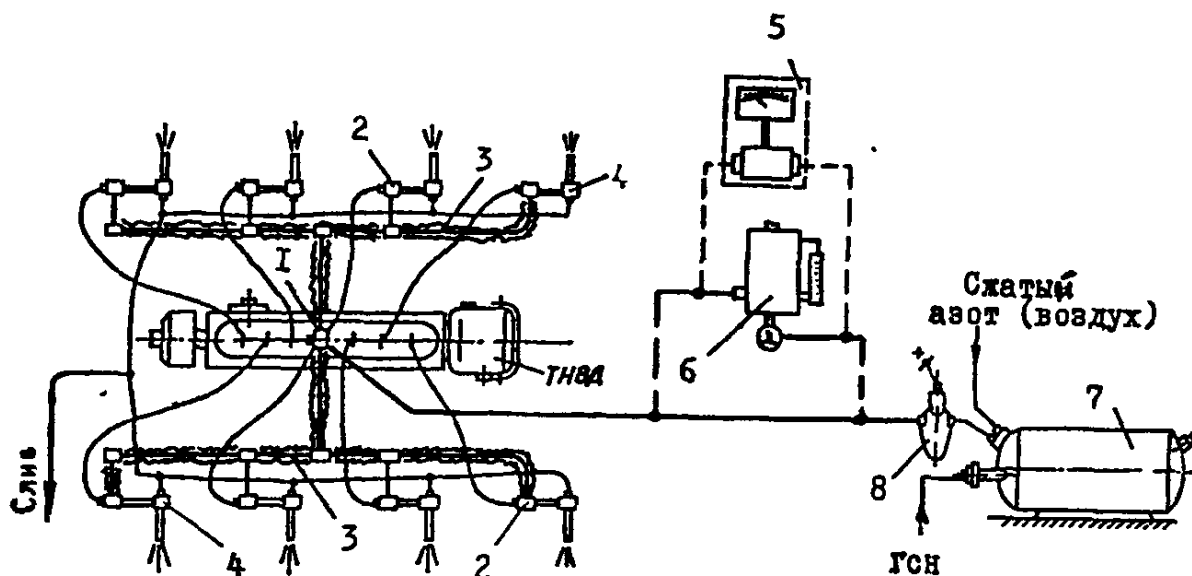


Рис. 5.9. Принципиальная схема системы подачи сжиженного газа к форсункам дизеля ЯМЗ-238

Из баллона 7 ГСН подается в ЛВД через запорный вентиль, фильтр 8 с электромагнитным клапаном, трубопроводы 3 и обратные клапаны 2 (клапаны РНД), установленные на стандартных форсунках 4.

При необходимости, система может быть дополнительно оборудована расходомером газа 5 или 6 с датчиками давления и температуры (на схеме не показаны), которые при испытании газодизеля на стенде позволяют определить расход ГСН.

Электромагнитный клапан 1 служит для отключения топливной аппаратуры дизеля от линии подачи газа, а также является средством аварийной защиты.

Чтобы исключить возможность образования паровой фазы ГСН в трубопроводах, повысить стабильность и надежность работы системы, трубки подвода ГСН снабжены теплоизоляцией 3, а в баллоне 7 следует поддерживать давление, превышающее давление насыщенных паров ГСН при температуре подкапотного пространства.

Требуемое давление в баллоне поддерживалось за счет подачи в него инертного газа. Вместо инертного газа возможно использование специального насоса для подачи жидкой фазы газа требуемого давления.

Расход ГСН (при использовании данной системы) зависит от конструктивных параметров топливной аппаратуры, а именно: длины и объема нагнетательного трубопровода, конструкции и разгружающей способности нагнетательного клапана ТНВД, массы длины хода обратного клапана (клапана РНД), жесткости его возвратной пружины и т.д.

Какие-либо специальные средства регулирования расхода ГСН в данной системе отсутствуют, хотя это регулирование принципиально возможно за счет изменения давления ГСН, регулируемого при дросселировании газа на входе в ЛВД и т.д.

Регулирование дизеля с данной топливной системой и всеми другими вариантами выполнения осуществляется обычным порядком с помощью стандартного автоматического регулятора частоты.

При работе газодизеля происходит снижение дымности в 1,5–2,0 раза на частотах вращения ниже 1900 мин⁻¹, при полных нагрузках. Одновременно происходит уменьшение концентрации оксидов азота в ОГ на 10–15 % и более. Это достигается за счет повышения качества распыливания топлива, приводящего к снижению неравномерности температур в цилиндре. В результате из-за нелинейности связи выброса NO_x с температурой выброс оксидов азота уменьшается. Положительное влияние в этом отношении может оказать и высокая теплота парообразования ГСН.

На частичных нагрузках концентрация ГСН в топливе возрастает до 30–40 %, на холостом ходу – до 20–30 %, что еще не приводит к нарушениям протекания рабочего процесса. На нагрузочных режимах ниже 40 % дымность ОГ уменьшается практически до нуля. Выброс на этих режимах легких составляющих углеводородов по сравнению с характеристиками выбросов дизеля возрастает на 50–100 ppm. Однако он остается в несколько раз или даже на порядок меньше выброса СН газодизеля с внешним смесеобразованием по газу.

Дополнительным эффектом работы предложенной системы является возможность снижения минимально устойчивой частоты вращения на 130–150 мин⁻¹, что связано со стабилизацией и повышением уровня начального давления топлива в ЛВД за счет ее «зарядки» порциями ГСН, вводимыми через обратный клапан.

Пересчет дымности из параметров в ед. Бош в объемные концентрации, а затем в удельные выбросы по тринадцатиступенчатому циклу показал, что последние уменьшаются от 0,32 г/(кВт·ч) при работе на дизельном топливе до 0,1 г/(кВт·ч) при работе на смеси дизельного топлива с ГСН.

Более существенно влияет газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием на показатели изношенного двигателя, особенно на показатели дымности.

Исследования показывают, что впрыск смесового топлива повышает показатели качества рабочего процесса двигателя тем выше, чем ниже они были в исходном состоянии и чем больше был изношен и разрегулирован двигатель. Иначе говоря, перевод дизеля на газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием как бы продлевает моторесурс двигателя.

5.5. Баллоны для газового топлива

Баллон служит для хранения сжиженного газа при рабочем давлении 1,58 МПа (15,8 кгс/см²). Газовые баллоны, применяемые на легковых автомобилях, одинаковы по конструкции, но различны по вместимости и массе. Для легковых автомобилей изготавливают отечественные газовые баллоны двух типов: АГ-50 общей вместимостью 50 л – для автомобилей ВАЗ, «Москвич» и АГ-76 общей вместимостью 76 л – для автомобилей «Волга». Однако заправочный объем составляет соответственно 40 и 64 л для того, чтобы в баллоне над жидкой фракцией газа имелась газовоздушная подушка.

Баллоны изготавливают из углеродистой, листовой стали сварной конструкции. Средняя часть – цилиндрическая, а днища – сферические. Баллон рассчитывают на избыточное давление 4,8 МПа (48 кгс/см²), он пригоден для хранения сжиженных газов при температурах до плюс 45°С. Баллоны при изготовлении подвергаются гидравлическому (при давлении 2,4 МПа) и пневматическому (при давлении 1,6 МПа) испытаниям и последующему клеймению. При клеймении указываются марка предприятия-изготовителя, порядковый номер, масса и объем баллона, рабочее давление, давление испытания, дата изготовления.

Баллон располагается в передней части багажного отсека автомобиля, что мало влияет на объем багажника и не мешает укладке багажа. Баллоны являются наиболее ответственными и дорогостоящими узлами газового оборудования автомобиля. От их надежности и герметичности зависит безопасность эксплуатации автомобиля, а объем и масса влияют на запас его хода на одной заправке, грузоподъемность, и вместимость. Увеличение запаса сжатого природного газа в единице объема достигается путем его сжатия до 20 МПа. Несмотря на это, объемно-массовые показатели систем хранения бензина и сжиженного газа позволяют создать на борту автомобиля запас этих топлив в 2 раза больший, чем сжатого природного газа (табл. 5.1).

Автомобильные баллоны для сжиженного газа рассчитаны на рабочее давление 1,6 МПа, что позволяет использовать их для различных смесей пропан бутанового газа при температурах от -40 до $+45$ °С. Для заполнения и расходования сжиженного газа баллоны снабжены расходно-наполнительной и контрольно-предохранительной арматурой.

Таблица 5.1

Объемно-массовые характеристики систем хранения топлива автомобилей

Показатель	Бензин(ЗИЛ-130)	Сжиженный газ (ЗИЛ-138)	Сжатый газ (ЗИЛ-138А)	
			баллон из углеродистой стали	баллон из легированной стали
Масса топливного бака (баллонов), кг	21,5	102,5	720	500
Масса топлива, кг	122,5	116,5	57	
Объем топливного бака (баллонов), дм ³	170	250	400	
Объем топлива, дм ³		225		
Запас топлива, МДж	5384	5342	2340	

Муфты расходных вентилей предохранительного клапана и вентиля максимального заполнения имеют трубки внутри баллона. Трубки расходно-парового вентиля и предохранительного клапана выведены вверх для соединения с паровой фазой газа. Расходно-жидкостный вентиль, позволяющий полностью вырабатывать жидкий газ, соединен трубкой с самой нижней точкой баллона.

В связи с тем, что баллон является герметизированным сосудом, тепловое расширение сжиженного газа в нем должно компенсироваться дополнительным объемом парового пространства. Для этого при наполнении баллона количество сжиженного газа ограничивается 85-90 % объема. Чтобы выдержать это условие, в конструкции баллона имеется вентиль максимального заполнения, трубка от которого внутри баллона выведена на уровень, соответствующий предельному наполнению.

Свернутую из листовой стали обечайку и штампованное днище сваривают. Все сварные швы подвергают контролю. Для определения

механической прочности баллона проводят гидравлические испытания водой под давлением 2,4 МПа. После испытаний на автомобильный газовый баллон ставят клеймо и прикладывают к нему паспорт, содержащий сведения о материале баллона, способе сварки и результатах проверки и испытаний. В клейме указываются: марка завода-изготовителя; порядковый номер баллона; его масса; число, месяц и год последующих испытаний; рабочее (Р) и пробное (П) давления; вместимость баллона; знак ОТК завода-изготовителя.

Арматура баллона в зависимости от конструкции автомобиля может быть размещена на днище (рис. 5.10, а) или на цилиндрической части (рис. 5.10, б). Герметичность соединений арматуры с баллоном, обеспечиваемую конической резьбой и прокладками при фланцевом соединении, проверяют воздухом на рабочее давление 1,6 МПа.

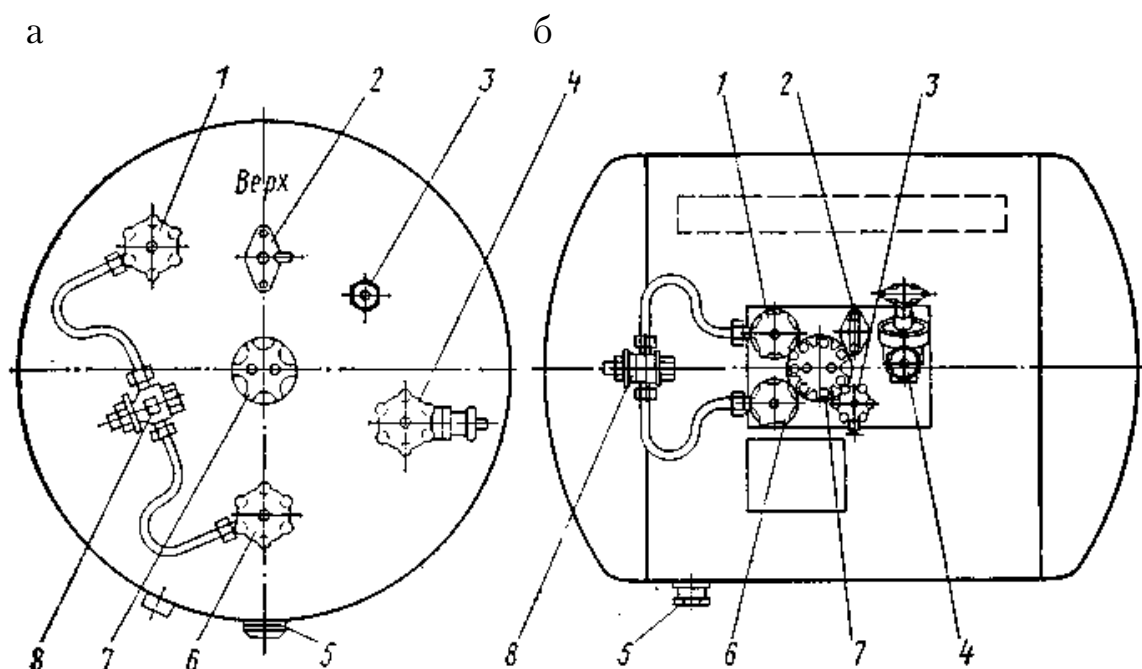


Рис. 5.10. Схемы расположения арматуры на днище газового баллона (а) и на его цилиндрической части (б):

- 1, 6 – расходные вентили паровой и жидкой фаз газа;
- 2 – предохранительный клапан; 3 – вентиль максимального заполнения;
- 4 – наполнительное устройство; 5 – пробка спускного устройства;
- 7 – датчик уровня сжиженного газа; 8 – крестовина

Технические характеристики газовых баллонов для автомобилей и автобусов приведены в табл. 5.2.

Автомобильные баллоны для сжатого газа (рис. 5.11) рассчитаны на рабочее давление 20 МПа. Их изготавливают из цельнотянутых труб методом закатки днищ и горловин. Для снятия внутренних напряжений баллон после изготовления подвергают термической обработке.

Таблица 5.2

Техническая характеристика газовых баллонов

Показатель	Модель автомобиля (автобуса)								
	ЗИЛ-138	ЗИЛ-138В1	ЗИЛ-ММЗ-45023	ГАЗ-53-07	ГАЗ-52-07	ЛиАЗ-677Г		ЛАЗ-695П	ГАЗ-24-07
						Тип I	Тип II		
Рабочее давление газа (максимальное), МПа	1,6								
Длина баллона, мм: – без арматуры – с арматурой	1120 1200	804 915	1130 1232	900 1140	1300	700	1200	– 1036	
Наружный диаметр баллона, мм	575		490				440	360	
Емкость баллона, л: – полная – полезная (90 %)	250 225	130,5 117,4	190 170	150 142	220 198	111 100	160 144	93,2 83,9	
Масса баллона, кг: – без газа – с газом	102,5 219,0	58,5 119,5	75 164	60,6 135	81,5 184,5	52,6 105,2	60,6 135,5	45 90,3	

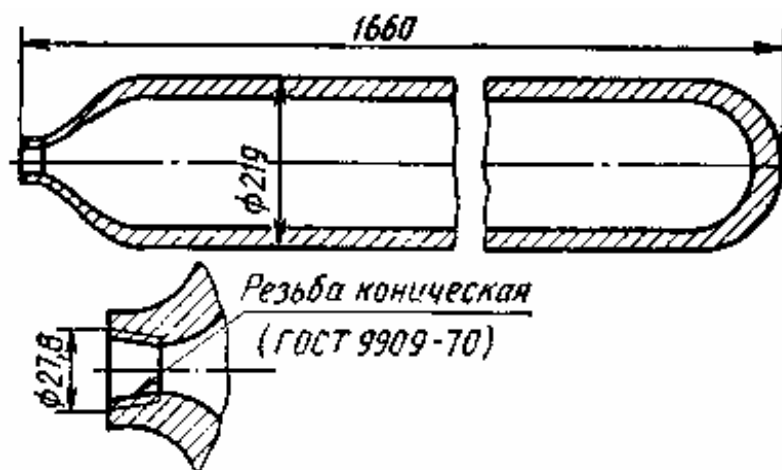


Рис. 5.11. Автомобильный баллон для сжатого природного газа

Готовые баллоны проходят испытания на прочность (гидравлическим давлением 30 МПа) и герметичность соединений с арматурой пневматическим давлением 20 МПа). Годные баллоны окрашивают в красный цвет и в верхней части наносят клеймением следующие

паспортные данные: товарный знак завода-изготовителя; номер баллона; массу баллона, кг (с точностью до 0,2 кг); дату изготовления и год следующего освидетельствования; рабочее давление, кгс/см²; пробное давление, емкость, л (с точностью до 0,3 л); клеймо ОТК завода-изготовителя. Место с нанесенными паспортными данными покрывается бесцветным лаком и обводится краской в виде рамки.

Горловина баллона имеет отверстие с конической резьбой (конусность 3°25', число ниток 14 на 1"), в которое вворачивается переходник для подсоединения трубопроводов, вентиляей или манометров высокого давления. Необходимым условием правильной установки переходника в горловине баллона является остаток на нем 3-5 запасных ниток резьбы.

В настоящее время для автомобилей применяют стандартный промышленный баллон, изготовленный из углеродистой стали, и специальный – из легированной стали облегченного типа; их характеристики приведены ниже.

Характеристики автомобильных баллонов для сжатого газа

	<i>Из углеродистой стали</i>	<i>Из легированной стали</i>
Рабочее давление, МПа	20	20
Масса, кг	9362,5	
Длина, мм	1755	1660
Наружный диаметр, мм	219	219
Толщина стенки, мм	8,9	6
Емкость, дм ³	50 ⁺⁵	50 ⁺⁵
Объем газа, м ³	10	10

5.6. Арматура газобаллонных установок

Блок арматуры (мультиклапан) предназначен для подключения заправочного трубопровода к заправочному устройству, расходного трубопровода к газовому электромагнитному клапану и редуктору, автоматического прекращения заправки баллона при достижении установленного предельного уровня и для отсечки газа при обрыве расходного трубопровода.

Блок арматуры (рис. 5.12) выполнен в едином корпусе и имеет штуцер 1 и вентиль 2 для заправки баллона газом, а также расходные штуцер 8 и вентиль 7. В линии заправки установлен обратный клапан 3, который после заправки предотвращает выброс газа через заправочный

штуцер при открытом заправочном вентиле. Поскольку обратный клапан может не обеспечить полной герметичности, то после окончания заправки следует закрыть заправочный вентиль.

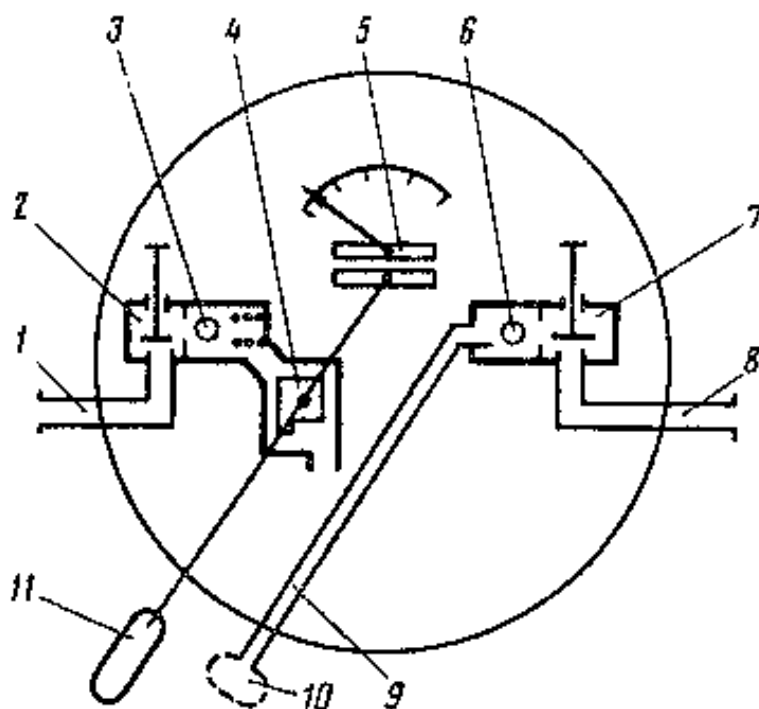


Рис. 5.12. Принципиальная схема блока арматуры баллона:
 1 – штуцер заправки баллона; 2 – вентиль заправки; 3 – обратный клапан;
 4 – ограничительный механизм уровня заправки; 5 – указатель уровня
 топлива в баллоне; 6 – скоростной клапан; 7 – расходный вентиль;
 8 – расходный штуцер; 9 – топливозаборная трубка;
 10 – фильтр; 11 – поплавок с поводком

Когда уровень заправляемого газа в баллоне достигает примерно 80 % объема, его поступление в баллон перекрывается специальным ограничительным механизмом 4, который срабатывает от магнитного привода поплавка 11 при уровне полной заправки. Уровень заправляемого в баллон топлива можно отрегулировать в специализированной мастерской газовой аппаратуры.

В линии расхода в блоке арматуры установлен скоростной клапан 6, который перекрывает расходную магистраль в случае обрыва трубопровода, т.е. предотвращает выброс газа из баллона с большой скоростью.

Таким образом, блок арматуры (мультиклапан) имеет три автоматически срабатываемых предохранительных устройства.

На блоке арматуры установлен стрелочный указатель уровня топлива в баллоне, имеющий магнитный привод от поплавка 11. Некоторые зарубежные модели блока арматуры имеют электрический датчик уровня жидкой фракции газа, работающий с указателем по принципу указателя уровня топлива. Указатель установлен в кабине водителя.

Заправочное устройство (рис. 5.13) предназначено для подключения заправочного штуцера (раздаточный пистолет) газонаполнительной станции при заправке баллона автомобиля сжиженным газом. Оно имеет встроенный обратный клапан 3 для предотвращения утечки после окончания заправки и отключения шланга раздаточного пистолета. Штуцер заправочного устройства стандартный, поэтому можно заправиться на любой заправочной станции России и ближнего зарубежья. Однако для заправки газобаллонного комплекта зарубежного производства на автомобиле необходимо иметь переходный штуцер.

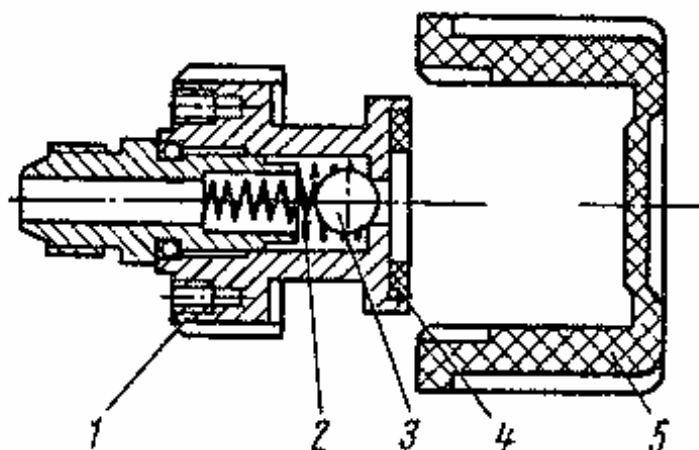


Рис. 5.13. Заправочное устройство:
1 – корпус; 2 – пружина обратного клапана; 3 – обратный клапан;
4 – уплотнительное резиновое кольцо; 5 – колпачок

После окончания заправки и отсоединения раздаточного пистолета заправочное устройство следует закрыть колпачком 5.

Система вентиляции состоит из вентиляционной камеры, в которой размещен блок арматуры, и двух гофрошлангов, выводящих возможные утечки газа из блока арматуры за пределы кузова автомобиля. Вентиляционная камера представляет собой герметизированный цилиндрический короб, установленный на баллоне, с прозрачной, легко открываемой крышкой. Гофрированные шланги, чрез которые вводятся трубопроводы от заправочного устройства и трубопровод в систему питания, служат для притока и оттока воздуха, для чего концы гофрошлангов выводятся за борт кузова автомобиля.

Арматура газобаллонной установки автомобиля выполняет запорно-предохранительные функции и обеспечивает подачу газа от баллона к двигателю. К автомобильной газовой арматуре предъявляют повышенные требования по герметичности узлов и соединений. Из-за утечки газа в результате негерметичности вентиляей и газовых коммуникаций, кроме потери исходного топлива, возникают пожаро- и взрывоопасные ситуации.

Степень герметизации арматуры обеспечивается уровнем конструктивного исполнения. Герметичность автомобильные вентилей должна соответствовать нормам I класса (ГОСТ 9544–75). При испытании воздухом на рабочее давление утечка из вентилей, применяемых в установках для сжиженного газа, не должна превышать $0,2 \text{ см}^3/\text{мин}$, а для сжатого – $2 \text{ см}^3/\text{мин}$. В конструкции трубопроводов подвижность соединяемых узлов обеспечивается компенсационными витками и гибкими шлангами, а герметичность стыков – беспрокладочным ниппельным соединением. Классифицируют арматуру по значению рабочего давления и виду газа.

Арматура баллона для сжиженного газа. В комплект арматуры, устанавливаемой на автомобильном баллоне для сжиженного газа, входят два расходных вентиля, наполнительное устройство, вентиль максимального заполнения баллона, датчик указателя уровня газа и предохранительный клапан. Кроме того, в комплект газобаллонной установки входят магистральные вентиль и скоростные клапаны. Наполнительное устройство (рис. 5.14) состоит из наполнительного вентиля и обратного клапана. Выходное отверстие для газа перекрывается клапаном 3 при вращении штока вентиля 5 по часовой стрелке. Внешняя герметичность вентиля обеспечивается разделительной диафрагмой 4. В аварийных случаях (отрыв заправочного шланга, неисправность вентиля и т. п.) выход газа из баллона прекращается с помощью обратного клапана 7, который выполнен совместно с вентиляем в корпусе 1. Герметичное закрытие клапана достигается под действием давления газа в баллоне и усилия пружины 6.

Заправочное отверстие в корпусе вентиля закрывается пробкой 8, которая служит для предотвращения попадания в баллон влаги и грязи и выпуска газа из внутренней полости вентиля после заправки баллона. При ввертывании пробки обратный клапан отжимается штоком 10 и газ через дренажное отверстие 9 выпускается в атмосферу.

Расходный вентиль (рис. 5.15) служит для отбора газа из баллона. Конструктивно он не отличается от наполнительного и по основным деталям (клапан, седло, диафрагма, шток и др.) унифицирован с ним.

Расходный и наполнительный вентили (см. рис. 5.14, 5.15) газобаллонной установки имеют одинаковое конструктивное исполнение. Они состоят из корпуса 10, клапана 8, шпинделя 4, мембраны 5, пружины 7, зажимной 2 и упорной 6 гаек и маховика 3. Для присоединения трубопроводов с ниппельным уплотнением на вентили устанавливают переходный штуцер. На штуцер наполнительного вентиля устанавливают заглушку, предохраняющую от попадания грязи и влаги и обеспечивающую дополнительную герметичность

запорного устройства во время эксплуатации автомобиля. Вентили обеспечивают герметичность клапана и резьбового соединения переходника.

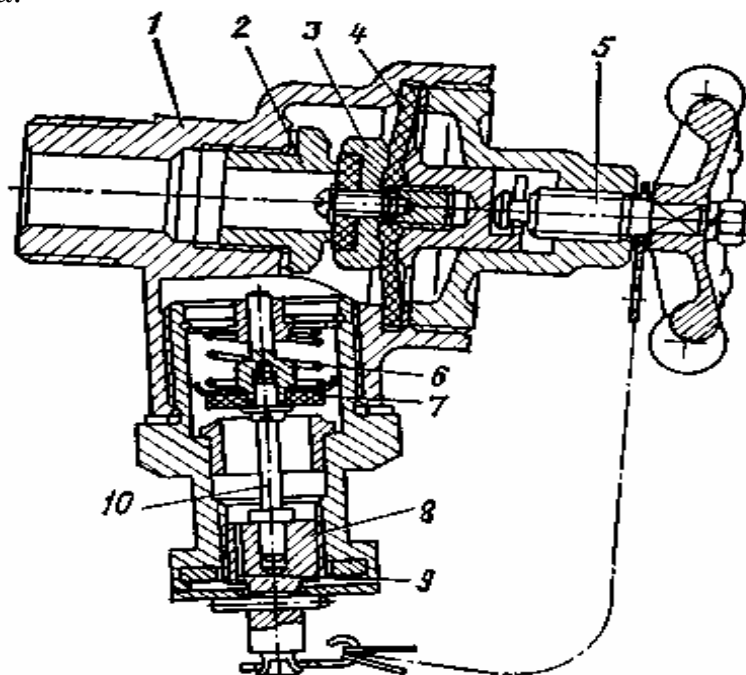


Рис. 5.14. Наполнительное устройство:
 1 – корпус; 2 – седло; 3 – клапан; 4 – разделительная диафрагма;
 5 – шток вентиля; 6 – пружина обратного клапана; 7 – обратный клапан; 8 – пробка; 9 – дренажное отверстие; 10 – отжимный шток

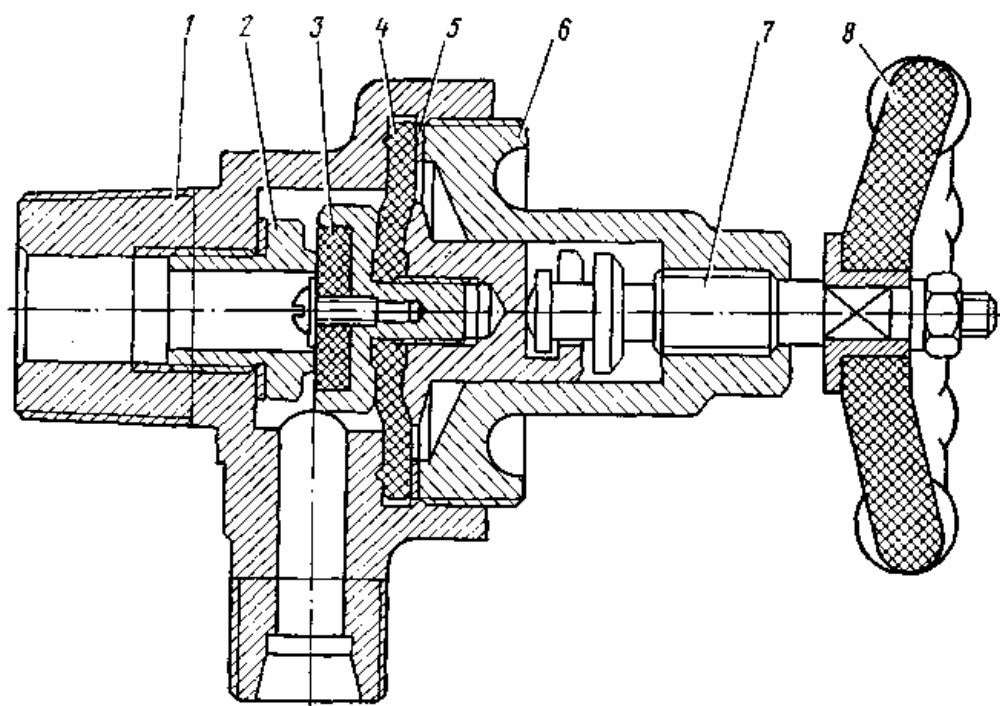


Рис. 5.15. Расходный вентиль:
 1 – корпус; 2 – седло; 3 – клапан; 4 – разделительная диафрагма;
 5 – шайба; 6 – крышка; 7 – шток; 8 – маховик

Вентиль максимального заполнения баллона (рис. 5.16) служит для определения момента окончания заправки. Отверстие для выхода газа перекрывается клапаном 3 при вращении штока 2 по часовой стрелке. Герметичность штока вентили обеспечивается сальником 1.

Предохранительный клапан (рис. 5.17) предназначен для предотвращения повышения давления газа в баллоне выше допустимого. Открытие клапана происходит при давлении 1,68 МПа. Под давлением газа, находящегося в баллоне, клапан 5 отходит от седла, преодолевая усилие пружины 4, и через дренажные отверстия обеспечивает выход паровой фазы газа в атмосферу. Усилие пружины регулируют регулировочными шайбами 2. На отрегулированный предохранительный клапан устанавливают пломбу 1. Конструкция клапана позволяет принудительно проверять его работоспособность вытягиванием штока 3.

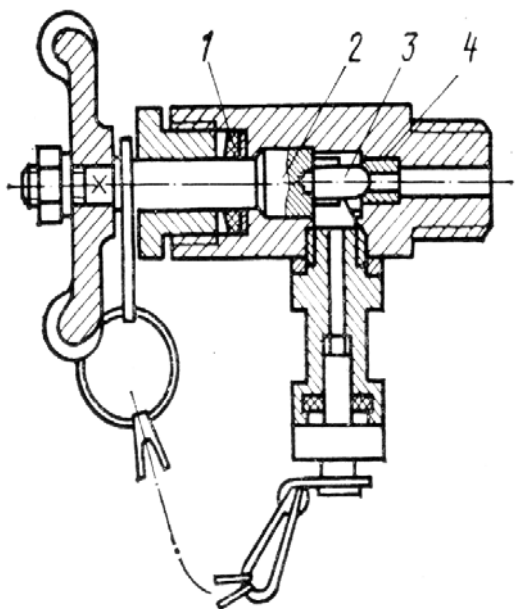


Рис. 5.16. Вентиль максимального заполнения баллона:
1 – сальник; 2 – шток вентили;
3 – клапан; 4 – седло

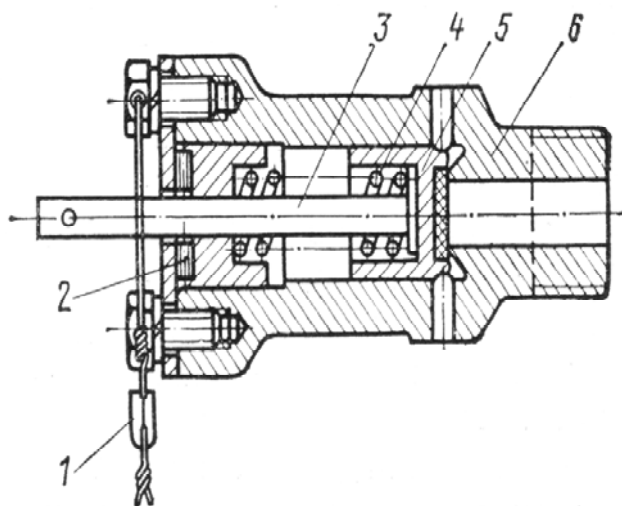


Рис. 5.17. Предохранительный клапан:
1 – пломба; 2 – регулировочные шайбы; 3 – шток;
4 – пружина; 5 – клапан; 6 – корпус

Указатель уровня газа (дистанционного типа) состоит из датчика и собственно указателя. Датчик (рис. 5.18), устанавливаемый на баллоне, представляет собой устройство, которое работает на принципе изменения тока в цепи указателя вследствие изменения сопротивления реостата при перемещении поплавка 2. Электрическая часть датчика унифицирована с электрической частью датчика уровня бензина, что позволяет использовать бензиновый указатель, установленный в кабине автомобиля.

Магистральный вентиль (рис. 5.19) предназначен для прекращения подачи газа из баллона к двигателю. Маховик 5 управления вентилем расположен в кабине водителя. При вращении маховика шток 4 перемещается вдоль оси и закрывает или открывает клапан 2. Герметичность штока обеспечивается двумя резиновыми кольцевыми уплотнениями 3.

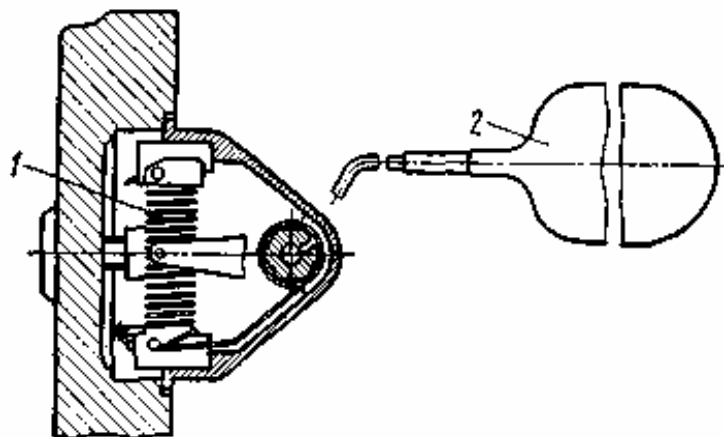


Рис.5.18. Датчик уровня сжиженного газа:
1 – реостат; 2 – поплавков

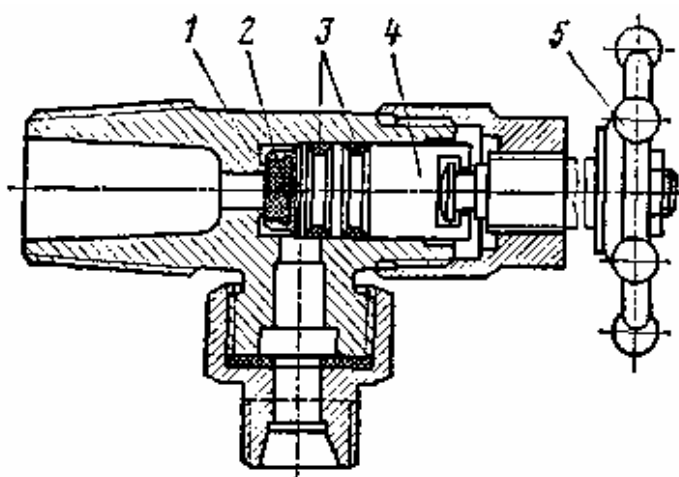


Рис. 5.19. Магистральный вентиль:
1 – седло; 2 – клапан; 3 – кольцевые уплотнения; 4 – шток; 5 – маховик

Скоростные клапаны (рис. 5.20), устанавливаемые на выходных штуцерах паровых и жидкостных вентилей газового баллона, служат для перекрытия газовой магистрали в аварийных случаях (обрыв шланга, негерметичность газового редуктора и т.п.). При расходе газа, соответствующем нормальной работе двигателя, клапан 3 под действием пружины 4 находится в открытом положении и прижат к стопорному кольцу 2. При увеличении расхода газа скоростной поток преодолевает усилие пружины и клапан закрывает газовую магистраль.

Арматура баллона для сжатого газа. К арматуре, устанавливаемой на баллонах для сжатого газа, относятся переходники, которые ввертываются в горловину баллона, два баллонных (расходных) вентиля, служащих для подключения секций баллонов к общей магистрали, наполнительный и магистральный вентили и соединительные трубопроводы.

Переходники (рис. 5.21) позволяют соединять газовые баллоны в секции, присоединять манометр и одновременно устанавливать вентиль, тем самым сокращая число резьбовых соединений. Переходники баллонов выполнены из стали и имеют внутреннюю и наружную коническую резьбу, такую же, как в горловине баллона и на вентилях.

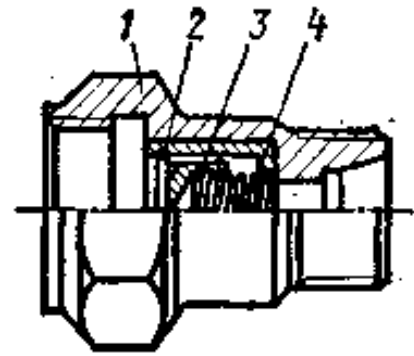


Рис. 5.20. Скоростной клапан:

- 1 – корпус;
- 2 – стопорное кольцо;
- 3 – клапан;
- 4 – пружина

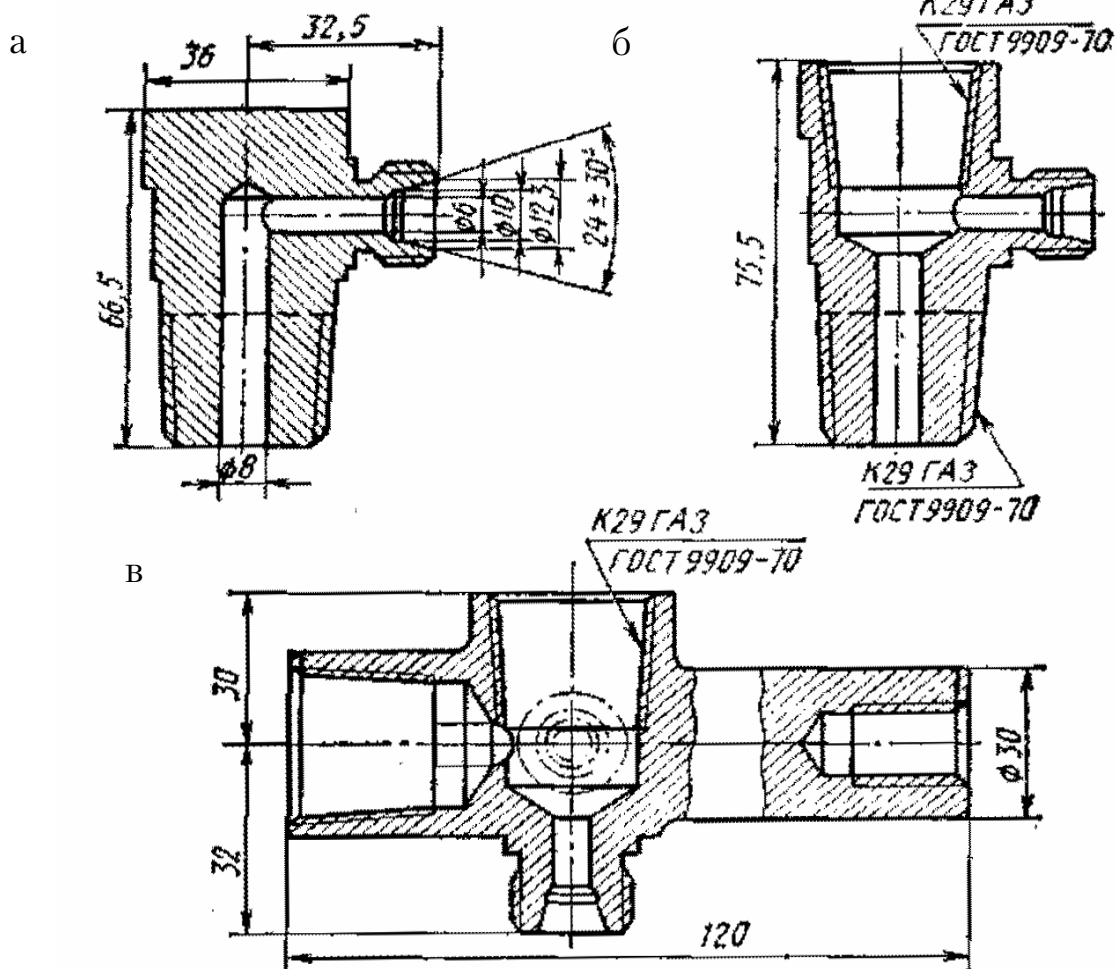


Рис. 5.21. Переходники:
а – угольник баллона; б – вентильный тройник баллона;
в – крестовина наполнительного вентиля

Устанавливают переходник и вентили (рис. 5.22), применяя свинцовый глет, разведенный на натуральной олифе, или свинцовый сурик, разведенный на олифе оксоль.

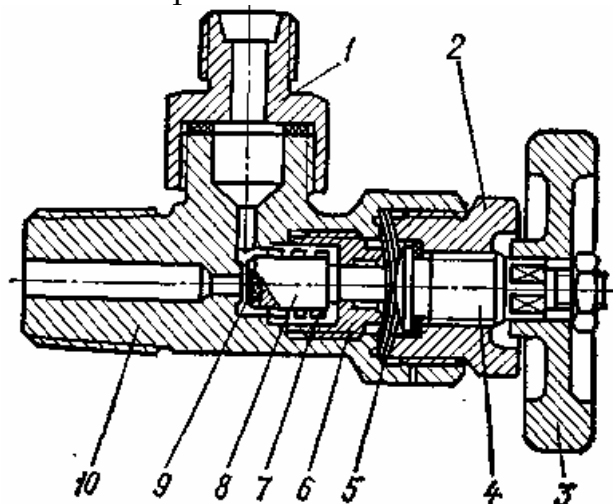


Рис. 5.22. Вентиль для сжатого газа:
1 – переходный штуцер; 2, 6 – зажимная и упорная гайки; 3 – маховик;
4 – шпindel; 5 – мембрана; 7 – пружина; 8 – клапан;
9 – вставка клапана; 10 – корпус

Соединительные трубопроводы в соответствии с рабочим давлением могут быть разделены на три группы.

К *первой группе* относятся трубопроводы, работающие под давлением до 20 МПа. Их изготавливают из стальных бесшовных трубок с наружным диаметром 10 мм и толщиной стенок 2 мм; подвижность соединений узлов обеспечивается в этом случае компенсационным кольцом трубки.

Ко *второй группе* относятся трубопроводы, работающие под давлением до 1,6 МПа. Материалом для их изготовления служат стальные трубки диаметром 10 мм и толщиной стенок 1 мм. В тех местах, где трубопроводы подвергаются постоянной вибрации, вместо стальных трубок применяют гибкие шланги высокого давления со специальной заделкой наконечников (рис. 5.23).

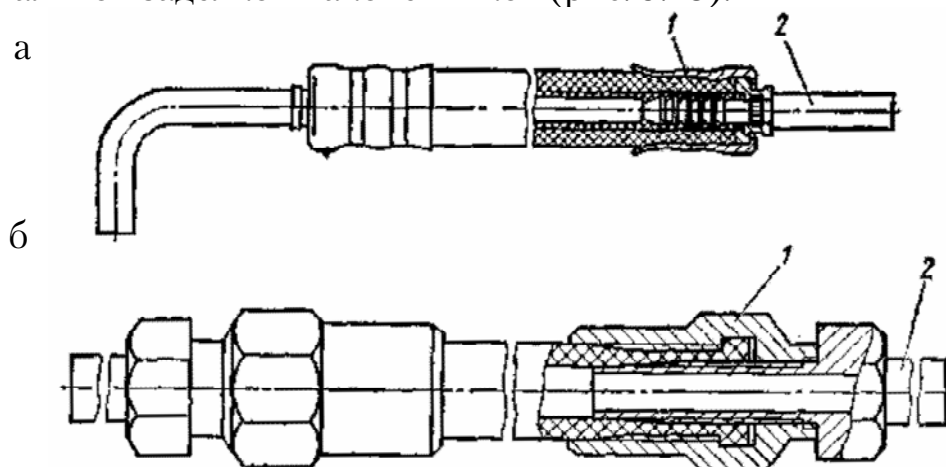


Рис. 5.23. Шланги высокого давления:
а – с обшивной муфтой; б – с резьбовым ниппелем; 1 – муфта; 2 – ниппель

Герметичность соединений в трубопроводах высокого давления первой и второй групп обеспечивается ниппельным соединением (рис. 5.24). При затягивании гайки 2 ниппель 3 деформируется и, врезаясь в тело трубки 4 и упираясь в коническую поверхность штуцера 1, герметизирует соединение.

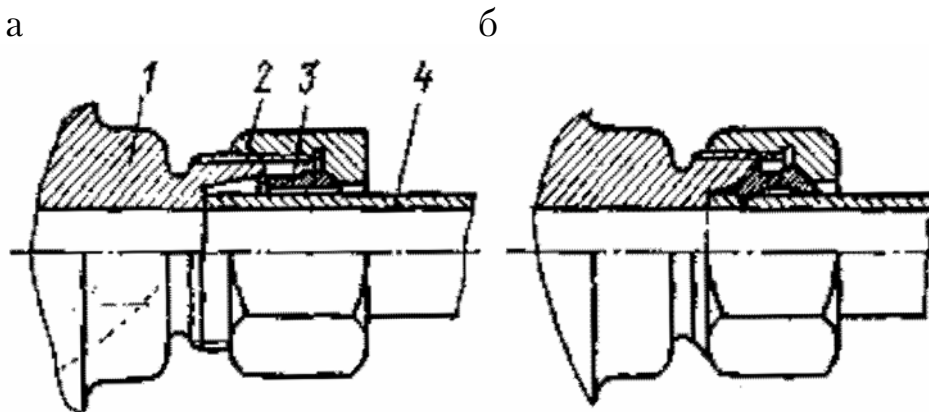


Рис. 5.24. Ниппельное соединение:
а – до затяжки; б – после затяжки;
1 – штуцер; 2 – гайка 3 – ниппель; 4 – трубка

К *третьей группе* относятся трубопроводы, работающие под низким давлением (до 0,01 МПа). Их выполняют из дюритовых шлангов и тонкостенных стальных трубок. Места соединений уплотняют проволочными или ленточными хомутами. Трубопроводы, изготовленные из стали, для предохранения от коррозии окрашивают краской; стальные детали соединений защищают металлическим покрытием.

5.7. Испаритель, подогреватель и фильтры газа

Для двигателя с внешним смесеобразованием давление сжиженного газа на входе в газосмесительное устройство должно быть снижено до атмосферного. Поскольку снижение давления газа может происходить только при парообразном состоянии последнего, перед редуктором устанавливают *испаритель* газа. Для испарения может быть использована теплота жидкости системы охлаждения двигателя или отработавших газов, а также электрический подогрев.

Испарительная способность устройства в первую очередь зависит от температуры и состава газа, коэффициента удельной теплопроводности и величины поверхности испарения. Количество теплоты, которую необходимо подвести в испарительное устройство, включает теплоту, идущую на превращение газа из жидкости в насыщенный пар, и теплоту, идущую на перегрев паров газа и необходимую для

компенсации тепловых потерь в процессе снижения давления (редуцирования) газа (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Теплота, необходимая для парообразования r
и перегрева паров ΔJ этана и пропана

Температура сжиженного газа в баллоне, °С	C ₂ H ₄		C ₃ H ₈	
	r , кДж/кг	ΔJ при $t = 30$ °С, кДж/кг	r , кДж/кг	ΔJ при $t = 30$ °С, кДж/кг
-40	407,19	145,58	423,52	107,52
-30	386,38	138,76	412,13	95,80
-20	362,72	133,69	400,70	85,12
-10	335,63	129,67	388,34	74,65
0	304,44	128,29	375,03	64,19
+10	265,62	131,09	360,88	54,60
+20	213,58	140,39	345,59	45,76
+30	121,34	168,11	328,55	39,06
+40	-	-	308,83	35,09
+50	-	-	264,91	28,39

Из табл. 5.3 следует, что при повышении температуры газа в баллоне требуется меньше теплоты для его полного испарения в аппаратуре и перегрева паров до заданной температуры. Однако при снижении первоначальной температуры газа и при постоянной температуре теплоносителя (охлаждающая жидкость двигателя) увеличивается перепад температур в испарительном устройстве и возрастает общий подвод теплоты к газу, что улучшает теплопередачу и испарение газа.

Редуктор-испаритель – наиболее важный агрегат в процессе образования необходимого состава газозоудшной смеси, заданного режимом работы двигателя (рис. 5.25).

Разработаны и производятся несколько вариантов отечественных редукторов-испарителей. Кроме того, на автомобилях установлено и эксплуатируется множество типов зарубежных редукторов-испарителей различных фирм. Принципиальная схема редуктора-испарителя (рис. 5.25,а) разработана в 1988 г. НАМИ и Новогрудским заводом газовой аппаратуры.

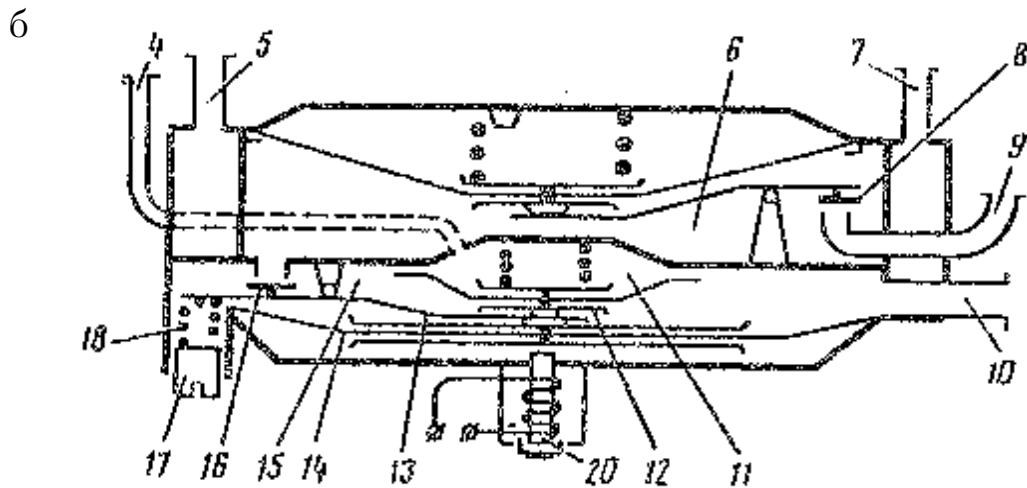
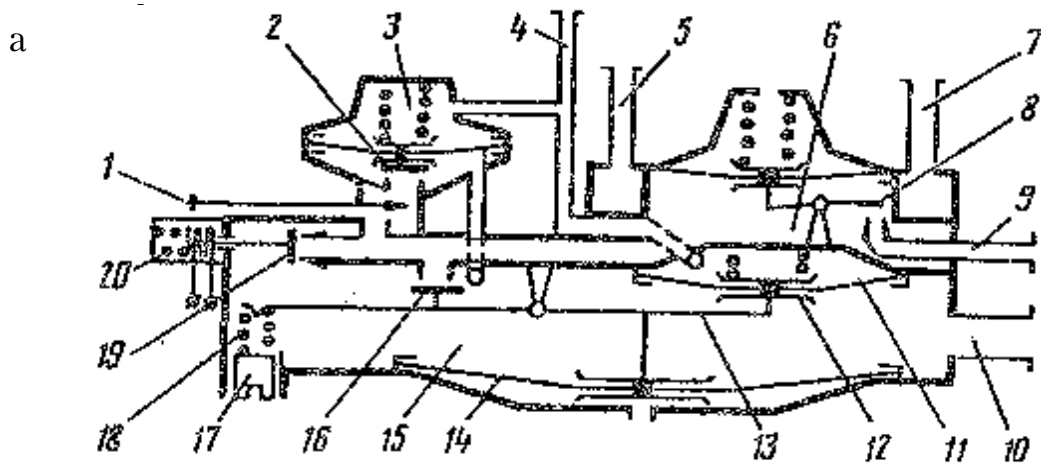


Рис. 5.25. Принципиальные схемы редуктора-испарителя отечественного (а) и фирмы Бедини (Италия) (б):

- 1 – винт регулировки холостого хода; 2 – клапан системы холостого хода; 3 – вакуумная полость; 4 – штуцер подвода разрежения;
 5, 7 – штуцеры для подвода и отвода охлаждающей жидкости;
 6 – полость; 8 – клапан 1-й ступени; 9, 10 – входной и выходной штуцеры газа; 11 – полость разгрузочного устройства; 12 – мембрана разгрузочного устройства; 13 – рычаг клапана 2-й ступени;
 14 – мембрана 2-й ступени; 15 – полость 2-й ступени; 16 – клапан 2-й ступени; 17 – регулировочный винт давления во 2-й ступени;
 18 – пружина клапана 2-й ступени;
 19 – пусковой клапан; 20 – пусковое устройство

Редуктор-испаритель представляет собой двухступенчатый автоматический регулятор давления диафрагменного типа. В единый корпус регулятора встроен испаритель жидкой фракции газа, это полость 6 1-й ступени регулятора, омываемая горячей водой охлаждающей жидкости через штуцеры 5 и 7. Редуктор-испаритель содержит:

- 1-ю ступень редукции 6 (испаритель);

- 2-ю ступень (полость 15), понижающую давление до значения, близкого к атмосферному и, поддерживающую его в пределах от минус 10 до плюс 5 мм водяного столба;
- разгрузочное устройство (полость 11), принудительно закрывающее клапан 2-й ступени 16 при остановке двигателя и предотвращающее этим утечку при неработающем двигателе.

Разгрузочное устройство срабатывает от разрежения, создаваемого во впусковом коллекторе.

Редуктор-испаритель также содержит систему холостого хода, регулирующую подачу газа в двигатель на холостом ходу в зависимости от создаваемого разрежения во впускном коллекторе, и пусковое устройство, работающее с помощью электромагнитного устройства по «команде» водителя.

В более поздних моделях редуктора – испарителя система холостого хода отсутствует.

Редуктор-испаритель имеет регулировочный винт 17, влияющий на количество газа, поступающего в двигатель в режиме малой частоты вращения коленчатого вала. В моделях редуктора с системой холостого хода есть регулировочный винт 1, влияющий на подачу газа в режиме холостого хода.

Работа редуктора-испарителя

Газ в жидкой фазе поступает ко входному штуцеру 9. При открытом клапане 8 давление в 1-й ступени повышается до 0,07-0,09 МПа, при котором мембрана, преодолевая усилие пружины, прогибается и закрывает клапан 8.

Перед пуском двигателя для заполнения газом системы низкого давления от редуктора до смесителя водитель 2–3 секунды нажимает на ручку – кнопку переключателя рода топлива 15. Пусковой клапан 19 (см. рис. 5.25) под действием электромагнита пускового устройства 20 открывается и газ в газообразной фазе поступает в полость 15 2-й ступени и через выходной штуцер 10 направляется в газовый смеситель, что дает возможность произвести запуск двигателя.

После запуска двигателя разрежение, создаваемое во впускном коллекторе, распространяется через штуцер 4 в полость 3. Мембрана прогибается, преодолевая усилие пружины, и открывает клапан 2 системы холостого хода. Газ поступает в полость 15 2-й ступени, что обеспечивает работу двигателя на холостом ходу (это относится только к редукторам с системой холостого хода).

Одновременно в полость разгрузочного устройства 11 также передается разрежение через штуцер 4, вследствие чего через клапан 16 начинает слабо поступать газ в полость 15 2-й ступени редуктора, где устанавливается избыточное давление.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличиваются расход воздуха через впускной коллектор, а соответственно и разрежение, которое передается на мембрану 14. Диафрагма прогибается, и открывает клапан 16, увеличивая расход газа.

Таким образом, мембрана 14 автоматически регулирует подачу газа в соответствии с разрежением в диффузоре смесителя. Из редуктора-испарителя через штуцер 10 газ попадает в газовый смеситель, установленный в карбюраторе.

На автомобилях ГАЗ-53-07 и ЗИЛ-138 установлен испаритель (рис. 5.26) разборной конструкции, состоящий из двух литых алюминиевых частей, в месте разъема которых проходят газовые каналы. Разборная конструкция позволяет очищать газовые каналы от отложений. Источником теплоты в этом испарителе служит жидкость из системы охлаждения двигателя.

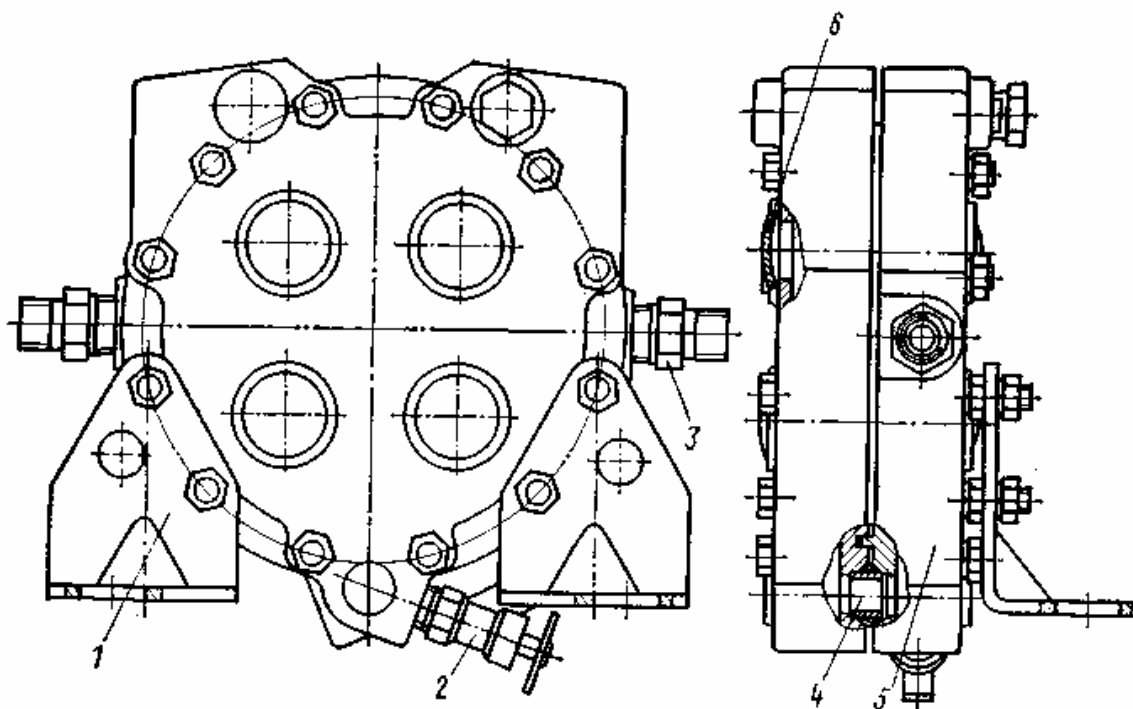


Рис. 5.26. Испаритель газа:

- 1 – кронштейн; 2 – спускной кран для воды; 3 – штуцер входа (выхода) газа; 4 – канал водяной полости; 5 – корпус; 6 – заглушка водяной полости

Испаритель обеспечивает перевод газа из жидкого состояния в парообразное при температуре охлаждающей жидкости 80 °С и выше в любое время года и на всех режимах работы двигателя. В газобаллон-

ной установке автомобиля, работающего на сжатом газе, происходит снижение давления газа от 20 МПа до атмосферного, что сопровождается его охлаждением. Это, в свою очередь, вызывает образование пробок из содержащихся в газе влаги и углекислоты. Для предотвращения этого явления перед редуцированием применяют подогрев газа, осуществляемый за счет теплоты отработавших газов или жидкости из системы охлаждения двигателя.

Подогреватель, применяемый на автомобилях ЗИЛ-138А (рис. 5.27), состоит из корпуса 2 и трубки-змеевика 5 для подогрева газа с входным 3 и выходным 4 патрубками. Подогрев газа осуществляется отработавшими газами двигателя. Входной патрубок 1 подогревателя соединен с приемной трубой глушителя. Отработавшие газы выбрасываются в атмосферу через выходной патрубок 6. От механических примесей газ может очищаться как в жидкой, так и в паровой фазе, но улавливание смолистых веществ и сернистых соединений возможно только в паровой фазе. Для этих целей в газобаллонной установке автомобиля применяют *фильтры* (с войлочными кольцами и сетчатый), которые устанавливают в магистрали после испарителя.

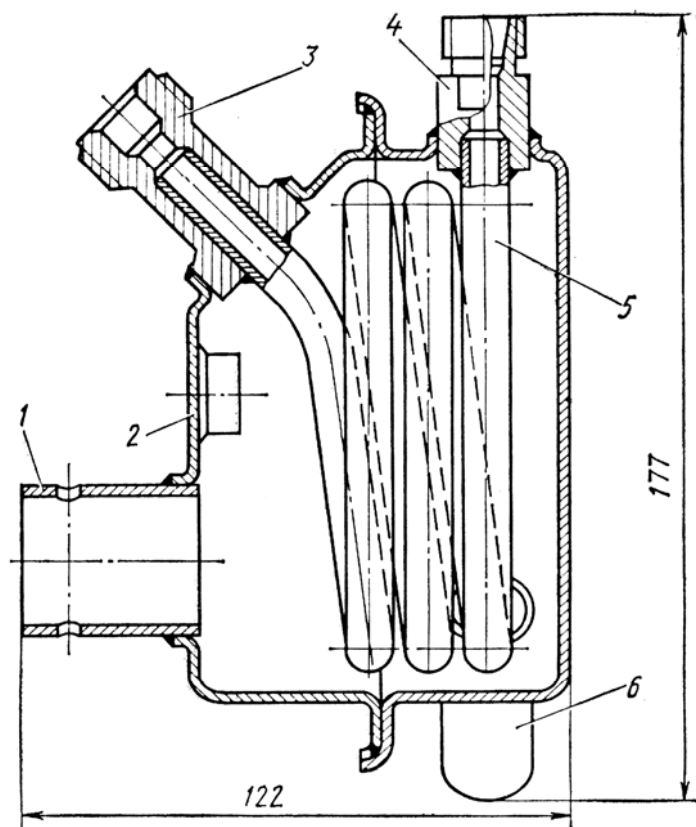


Рис. 5.27. Подогреватель газа:
1, 6 – входной и выходной патрубки отработавших газов; 2 – корпус;
3, 4 – входной и выходной патрубки газа; 5 – змеевик

Фильтр газа с войлочными кольцами (рис. 5.28) имеет разборную конструкцию.

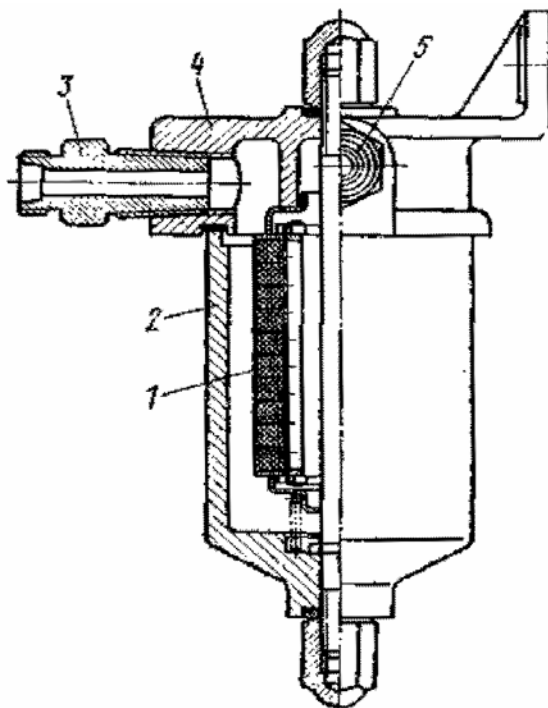


Рис. 5.28. Фильтр газа с войлочными кольцами:
1 – фильтрующий элемент; 2 – отстойник;
3, 5 – штуцера входа и выхода газа; 4 – корпус

Фильтрующий элемент 1 состоит из сетки и пакета войлочных колец. Сетчатый фильтр газа (рис. 5.29) устанавливают в газовом редукторе.

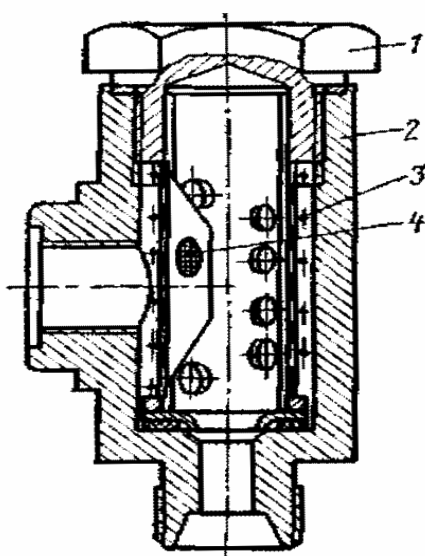


Рис. 5.29. Сетчатый фильтр газа:
1 – фильтрующий патрон; 2 – корпус; 3 – каркас патрона; 4 – сетка

На автомобиле ГАЗ-24-07 фильтр газа (рис. 5.30) объединен в одном корпусе с электромагнитным клапаном и устанавливается на трубопроводе жидкой фазы газа. Фильтрующим элементом служат чередующиеся сетчатые и войлочные шайбы.

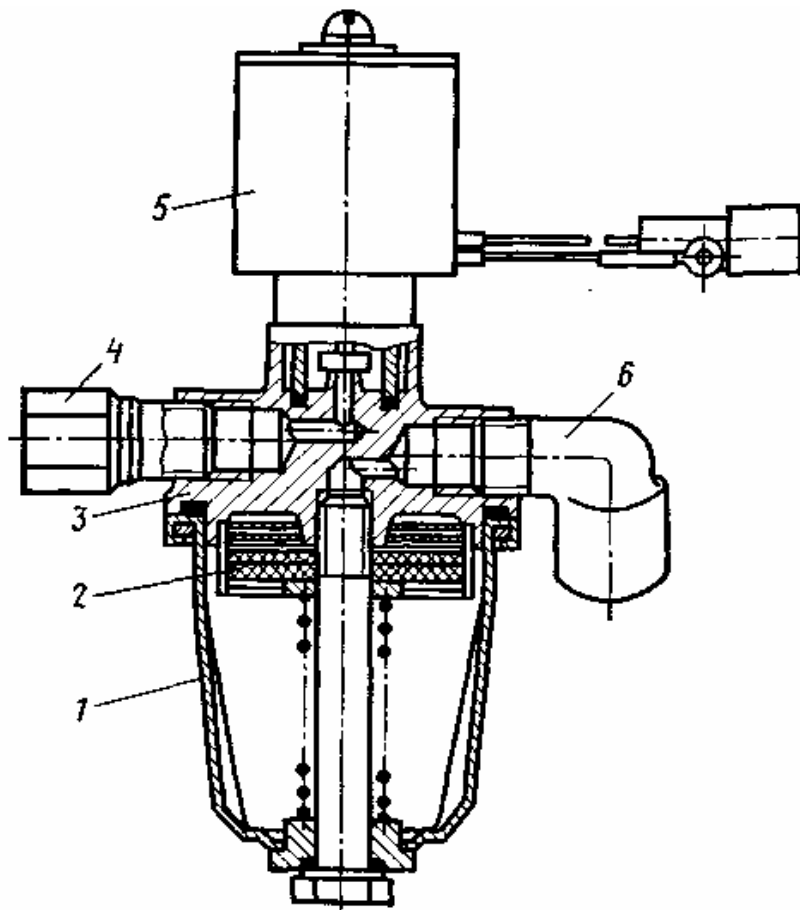


Рис. 5.30. Фильтр газа с электромагнитным клапаном автомобиля ГАЗ-24-07:

1 – отстойник; 2 – фильтрующий элемент; 3 – корпус; 4, 6 – штуцера входа и выхода газа; 5 – электромагнитный клапан

В газовой системе питания автомобиля, работающего на сжатом газе, устанавливают два фильтра: один, предназначенный для улавливания механических частиц размером более 50 мкм, – на входе в редуктор высокого давления (см. рис. 5.30); другой (рис. 5.31) – на линии низкого давления (1-1,2 МПа) перед двухступенчатым редуктором. Последний фильтр состоит из латунного корпуса 5, алюминиевого колпака 2, войлочного фильтрующего элемента 4 и стяжного болта 1. Конструктивно фильтр объединен в одном корпусе с электромагнитным клапаном 8.

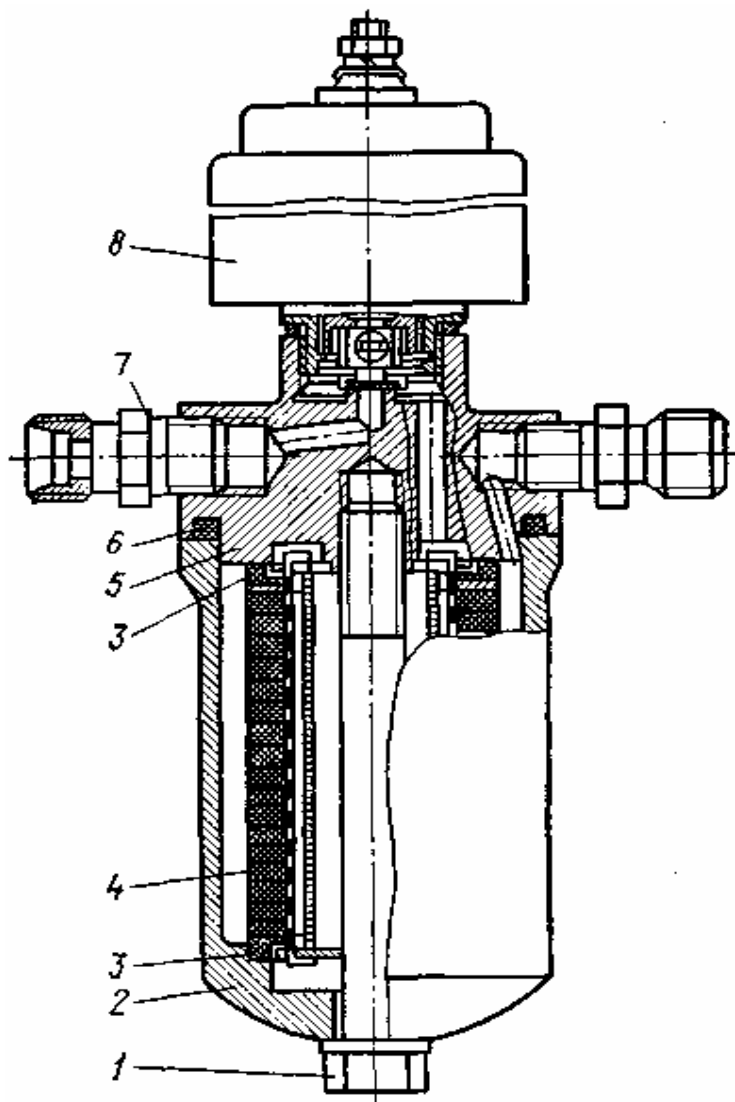


Рис. 5.31. Фильтр с электромагнитным клапаном:
 1 – болт; 2 – колпак; 3 – прокладки фильтрующего элемента;
 4 – фильтрующий элемент; 5 – корпус; 6 – уплотнительное кольцо;
 7 – штуцер; 8 – электромагнитный клапан

Периодичность очистки и промывки фильтров зависит от качества и расхода газа. Необходимость очистки фильтров определяют по значению давления в первой ступени редуктора. Падение давления при переходе от холостого хода к нагрузочным режимам работы двигателя указывает на засоренность фильтров.

5.8. Газовый редуктор

Для снижения давления газа в газовой установке до близкого к атмосферному применяют редуктор мембранно-рычажного типа (рис. 5.32). Газовые редукторы могут иметь одну, две и три ступени снижения давления. Увеличение количества ступеней улучшает стабильность регулируемого давления, но одновременно усложняет

конструкцию. Для газобаллонных автомобилей наиболее широко применяют двухступенчатые газовые редукторы. Они снабжены дополнительными устройствами, которые обеспечивают автоматическое перекрытие поступления газа к двигателю при его остановке, надежную герметичность при неработающем двигателе, возможность регулирования второй ступени редуктора на избыточное давление и дозирования подачи газа в соответствии с нагрузочным режимом работы двигателя.

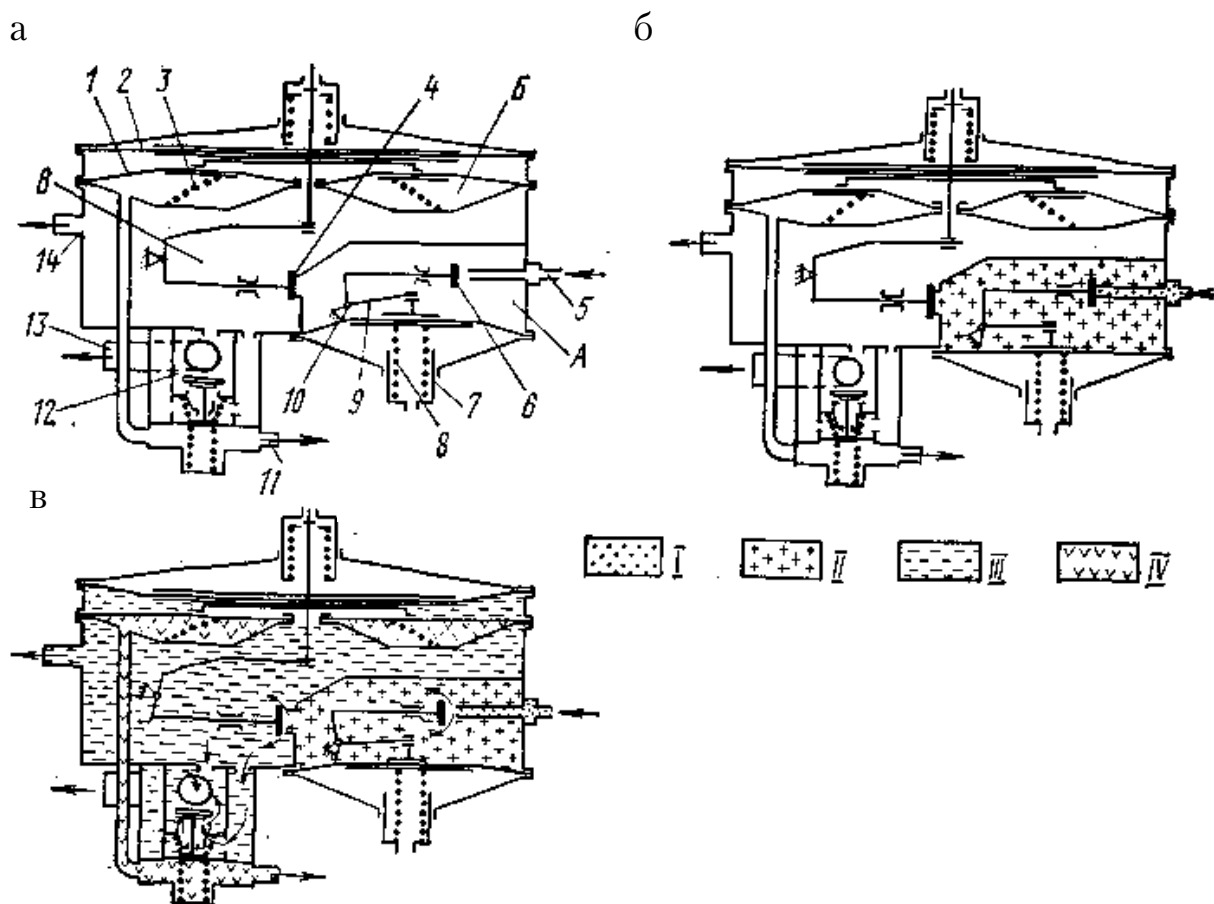


Рис. 5.32. Схема газового редуктора

с дозирующе-экономайзерным устройством:

а – при закрытой газовой магистрали; б – при открытой газовой магистрали; в – при работе двигателя; 1, 2, 10 – мембраны разгрузочного устройства второй и первой ступеней; 3, 8 – пружины разгрузочного устройства и первой ступени; 4, 6 – клапаны второй и первой ступеней;

5, 13 – штуцера входа и выхода газа; 7 – регулировочная гайка пружины первой ступени; 9 – рычаг клапана первой ступени; 11 – штуцер выхода газа к впускному газопроводу; 12 – дозирующе-экономайзерное устройство; 14 – штуцер системы холостого хода;

А – полость первой ступени; Б – полость разгрузочного устройства;

В – полость второй ступени; I – давление 100–1600 кПа; II – давление 150–200 кПа; III – давление 100–200 Па или разрежение от 0 до 200 Па;

IV – разрежение; передаваемое от впускного трубопровода двигателя

Редуктор может работать только при условии поступления в него газа, находящегося в парообразном состоянии. Принципы действия первой и второй ступеней редуктора одинаковы. Каждая ступень имеет клапан, мембрану и рычаг, который шарнирно связывает клапан с мембраной, а пружину – с регулировочной гайкой.

При неработающем двигателе и закрытой газовой магистрали давление в полости А первой ступени газового двухступенчатого редуктора (рис. 5.32,а) равно атмосферному и клапан 6 первой ступени под действием пружины 8 находится в открытом состоянии. При поступлении газа в полость А первой ступени редуктора (рис. 5.32,б) сила давления газа воздействует на мембрану 10, которая, преодолевая усилие пружины 8, прогибается и по достижении заданного давления через рычаг 9 закрывает клапан 6. Давление газа в полости регулируют, изменяя усилие пружины 8 на мембрану 10 с помощью регулировочной гайки 7.

Особенностью конструкции второй ступени является наличие разгрузочного устройства. Пружина 3 этого устройства при неработающем двигателе создает дополнительное усилие на мембрану 2 второй ступени, которая через систему рычагов закрывает клапан 4 2-й ступени. При пуске двигателя (рис. 5.32, в) во впускном трубопроводе создается разрежение, которое передается в полость Б разгрузочного устройства. Мембрана 1 (см. рис. 5.32,а) прогибается и сжимает пружину 3 разгрузочного устройства, тем самым разгружая мембрану 2 второй ступени редуктора. Клапан 4 при этом открывается, и газ сначала заполняет полость В второй ступени редуктора, а затем через штуцер системы холостого хода 14 и дозирующе-экономайзерное устройство 12 поступает к двигателю (этот режим редуктора соответствует холостому ходу и работе двигателя под нагрузкой). По мере открытия дроссельных заслонок и повышения разрежения в диффузорах смесителя подача газа в цилиндры двигателя увеличивается.

Дозирующее устройство газа (рис. 5.33) предназначено для ограничения количества газа, подаваемого в двигатель во всех режимах работы двигателя, кроме холостого хода, обеспечивая возможность использовать оптимально насыщенные газоздушные смеси в соответствии с режимом работы двигателя.

Приведенная схема дозирующего устройства газа применяется на некоторых моделях отечественных газобаллонных установок.

Дозатор газа позволяет регулировать количество газа (качество смеси) при отборе мощности двигателя, т.е. при движении автомобиля.

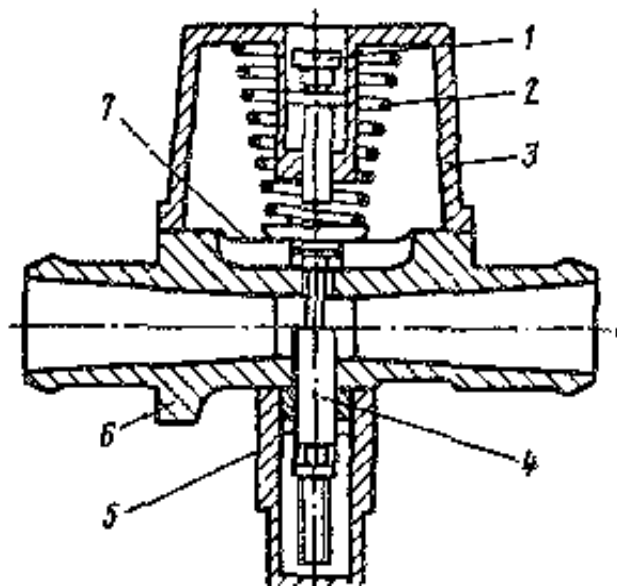


Рис. 5.33. Дозирующее устройство:
 1 – регулировочный винт; 2 – нагрузочная пружина; 3 – крышка;
 4 – дозирующий шток; 5 – колпачок; 6 – корпус; 7 – мембрана

Дозирование газа осуществляется в дозирующе-экономайзерном устройстве (рис. 5.34), которое позволяет регулировать качество газозвушной смеси в соответствии с физико-химическими свойствами газообразного топлива и режимами работы двигателя.

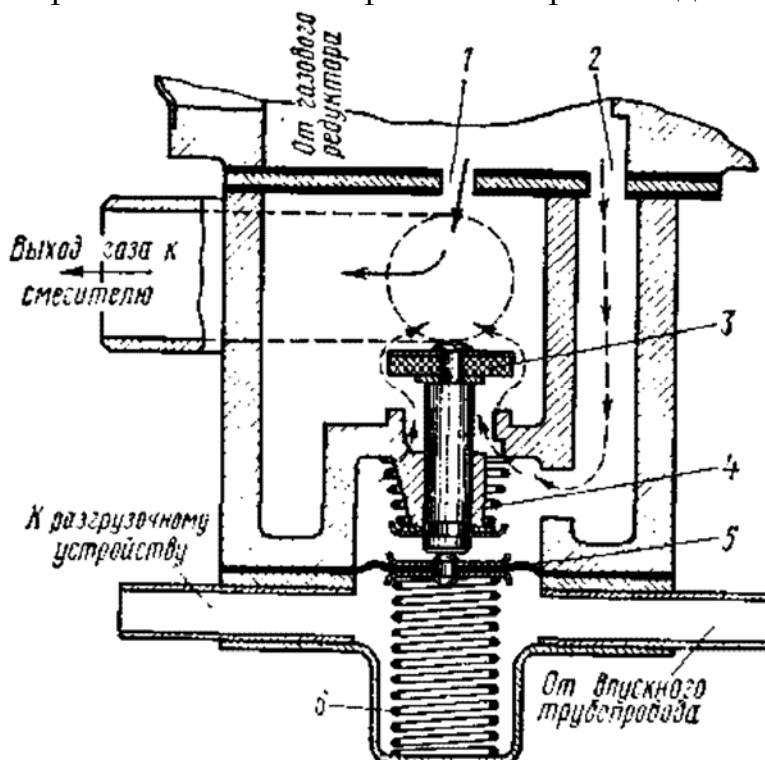


Рис. 5.34. Дозирующе-экономайзерное устройство пневматического типа:
 1, 2 – жиклеры экономичной и мощной регулировок; 3 – клапан экономайзера; 4, 6 – пружины клапана и экономайзера; 5 – мембрана;
 сплошная стрелка указывает постоянную подачу газа,
 штриховая – дополнительную

Подачу газа регулируют таким образом, чтобы на частичных нагрузках двигатель работал на обедненных смесях, позволяющих получить наилучшую экономичность и минимальную токсичность отработавших газов. При полном открытии дроссельных заслонок для получения максимальной мощности двигателя горючая смесь с помощью экономайзерного устройства обогащается.

В дозирующе-экономайзерное устройство пневматического типа (см. рис. 5.34) входят жиклеры экономичной и мощностной регулировок, клапан, мембрана и пружина экономайзера. Управление экономайзером осуществляется разрежением, создаваемым во впускном трубопроводе. При высоких значениях разрежения (16,5-66,5 кПа) во впускном трубопроводе, что соответствует работе двигателя на холостом ходу, и частичных нагрузках мембрана 5, преодолевая усилие пружины 6 экономайзера, прогибается, и клапан 3 экономайзера под действием пружины 4 находится в закрытом положении. В этом случае газ в двигатель поступает только через жиклер 1 экономичной регулировки.

При более низких значениях разрежения во впускном трубопроводе (полные нагрузки двигателя) пружина 6 экономайзера открывает клапан 3 и дополнительная порция газа через жиклер 2 мощностной регулировки поступает в двигатель. На момент включения пневматического экономайзера влияет разрежение перед клапаном, которое, в свою очередь, зависит от расхода газа.

По характеристике экономайзера (рис. 5.35) видно, что с уменьшением расхода газа V_r с 5 м³/ч при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 2000$ об/мин (точка А на кривой 1) до 2,5 м³/ч; при $n = 1000$ об/мин (точка В на кривой 2) для открытия клапана экономайзера требуется меньшее (на 650 Па) разрежение. Включение пневматического экономайзера при более низких разрежениях на малых частотах вращения коленчатого вала вызывает обогащение горючей смеси и сокращает время разгона автомобиля.

На отечественных автомобилях устанавливают унифицированный газовый редуктор МКЗ-НАМИ (рис. 5.36), техническая характеристика которого дана ниже.

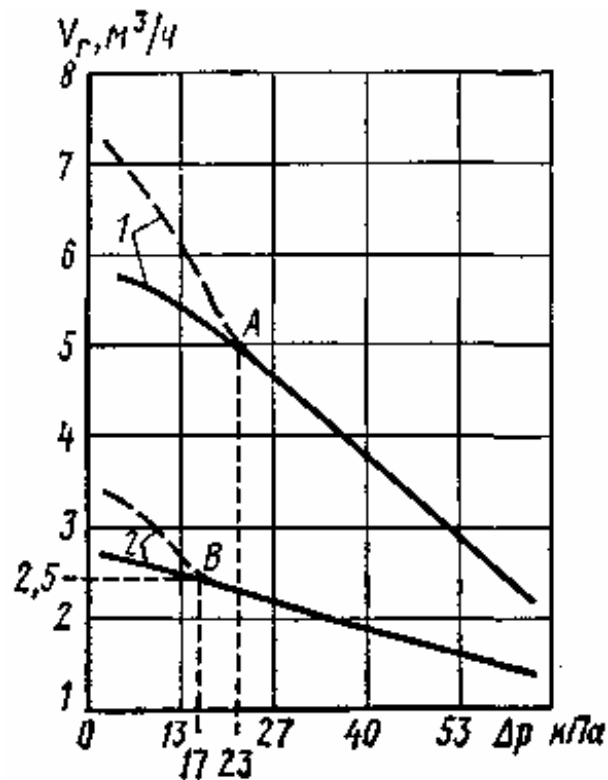


Рис. 5.35. График характеристик экономайзера при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 2000$ об/мин (1) и 1000 об/мин (2); сплошные линии – при выключенном экономайзере, штриховые – при включенном

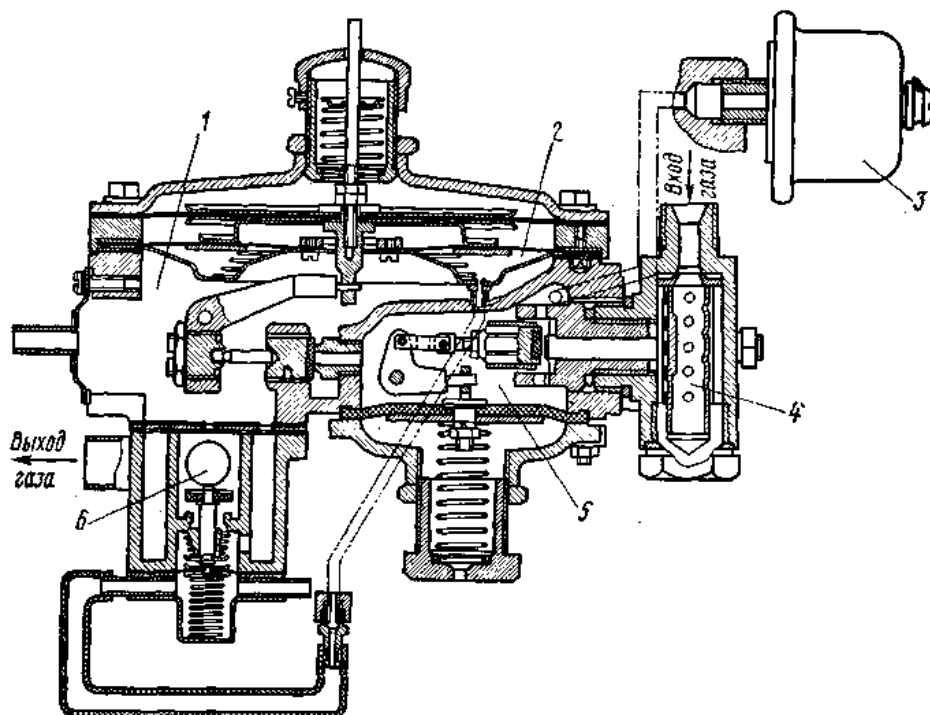


Рис. 5.36. Газовый редуктор МКЗ-НАМИ:
 1, 5 – вторая и первая ступени; 2 – разгрузочное устройство;
 3 – датчик манометра; 4 – сетчатый фильтр;
 6 – дозирующе-экономайзерное устройство

Техническая характеристика газового редуктора МКЗ-НАМИ

	<i>Первая ступень</i>	<i>Вторая ступень</i>
Тип клапанов	плоские	
Диаметр отверстия седла клапана, мм	8,5	
Материал уплотнения клапана	маслобензостойкая резина	
Материал диафрагмы	прорезиненная	
маслобензостойкая ткань		
Толщина диафрагмы, мм	2	0,35
Рабочий диаметр диафрагмы, мм	75	150
Передаточное число рычажной передачи	1	3,47
Габаритные размеры, мм:		
диаметр	185	
высота	225	
Масса, кг	5,15	

Редуктор объединяет в одной сборочной единице (узле) первую и вторую ступени редуцирования, разгрузочное устройство, сетчатый газовый фильтр, дозирующе-экономайзерное устройство и датчик манометра давления газа. Сетчатый газовый фильтр 4 устанавливается на входе газа в первую ступень редуктора 5, где давление газа снижается до 0,15-0,20МПа. Давление газа в первой ступени контролируют дистанционным электрическим манометром, который состоит из датчика 3 и указателя в кабине водителя.

Во второй ступени редуктора давление газа снижается до близкого к атмосферному (от +100 до -250 Па). Внутри полости второй ступени размещено разгрузочное устройство 2 пневматического типа, соединенное с впускным трубопроводом двигателя. Усилие конической пружины устройства, действующее на мембрану второй ступени редуктора, нейтрализуется при создании в нем разрежения 0,8–1 кПа. Из второй ступени редуктора газ поступает в дозирующе-экономайзерное устройство 6, откуда через дозирующие шайбы и выходной патрубок направляется в смеситель. Дозирующие шайбы подобраны для каждого типа двигателя исходя из получения максимальной мощности при полном открытии дроссельных заслонок (мощностная регулировка) и наилучшей топливной экономичности при работе двигателя на частичных нагрузках (экономичная регулировка). Проходные сечения дозирующих шайб зависят также от вида применяемого топлива. Основным требованием, предъявляемым к работе автомобильного газового редуктора, являются малые колебания выходного давления газа при работе двигателя в различных режимах. Значение

выходного давления или разрежения в первую очередь зависит от изменения давления газа в баллоне.

При уменьшении давления газа резко возрастает разрежение во второй ступени редуктора и падает мощность двигателя (рис. 5.37).

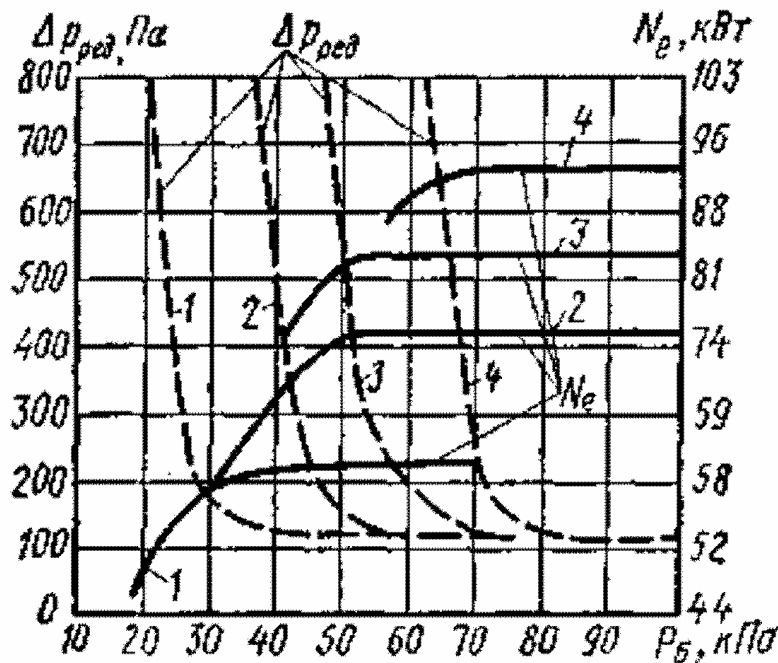


Рис. 5.37. График зависимости разрежения $P_{ред}$ в редукторе (штриховые линии) от давления $P_б$, газа в баллоне и получаемой при этом действующей мощности двигателя N_e (сплошные линии) при частоте вращения коленчатого вала двигателя n , об/мин: 1 – 2000; 2 – 2500; 3 – 2800; 4 – 3200

Полную мощность двигателя во всех режимах можно получить лишь при давлении газа в баллоне 0,08 МПа и выше.

Одноступенчатый газовый редуктор (рис. 5.38) устанавливают на автомобилях, работающих на сжатом газе. Редуктор имеет предохранительный клапан 10, сигнализатор падения давления 7 и датчик манометра высокого давления 1. Понижение давления происходит путем одноступенчатого расширения газа. Сжатый газ из баллонов подводится к клапану 13, который представляет собой втулку с пазами для прохода газа.

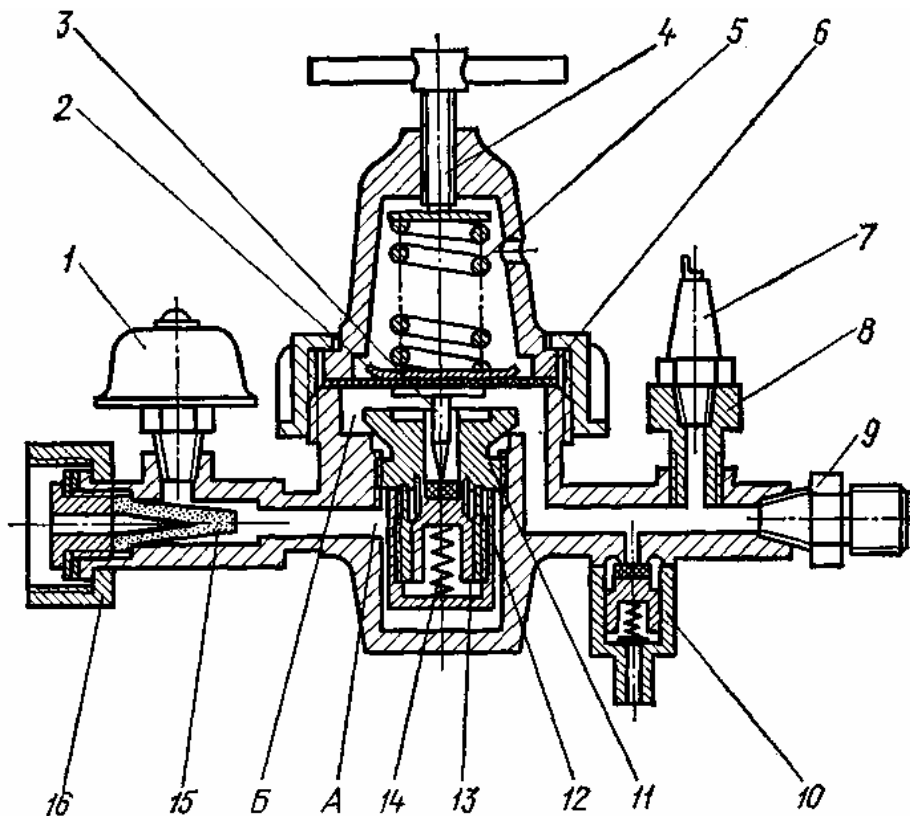


Рис. 5.38. Одноступенчатый газовый редуктор: 1 – датчик манометра высокого давления; 2 – нажимной диск; 3 – толкатель; 4 – регулировочный винт; 5, 14 – пружины; 6 – мембрана; 7 – сигнализатор падения давления газа; 8 – переходник; 9 – выходной штуцер; 10, 13 – предохранительный и редуцирующий клапаны; 11 – седло; 12, 15 – фильтры; 16 – гайка; А, Б – камеры высокого и низкого давления

Герметичность пары клапан – седло обеспечивается дифлоновым уплотнителем клапана. Клапан находится под давлением двух пружин – 14, действующей непосредственно на клапан, и 5, усилие которой передается на клапан через диск 2 мембраны 6 и толкатель 3. Благодаря тому, что усилие пружины 5 больше усилия пружины 14, клапан 13 открыт, и газ через седло 11 попадает в камеру Б низкого давления. Когда давление в этой камере достигнет значения 1,2 МПа, действие пружины 5 на толкатель 3 прекратится и клапан 13 под действием пружины 14 закроется. При расходе газа из камеры низкого давления процесс редуцирования возобновится. Техническая характеристика одноступенчатого газового редуктора высокого давления приведена ниже.

Техническая характеристика одноступенчатого газового редуктора высокого давления

Пропускная способность при давлении 20 МПа, м ³ /ч	55
Давление на входе, МПа:	
максимальное	20
минимальное	1,2
Рабочее давление на выходе, МПа	1,2
Неравномерность рабочего давления, МПа	0,13
Количество фильтров	2
Материал уплотнителя клапана	дифлон
Марка	3 или 5

5.9. Газовый смеситель

Газовые смесители служат для приготовления горючей смеси и регулирования ее подачи, обеспечивая тем самым получение заданной частоты вращения коленчатого вала двигателя. К смесителям предъявляют те же требования, что и к карбюраторам: они должны обеспечивать надежный пуск двигателя, устойчивую работу его на холостом ходу, плавный переход с малой частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу к нагрузочным режимам, приемистость двигателя при резком изменении нагрузки. Для повышения коэффициента наполнения и мощности двигателя смесители должны обладать минимальным сопротивлением потоку газозоудной смеси.

Газовый смеситель предназначен для подачи газа в воздушный поток, всасываемый в двигатель.

Газовый смеситель имеет несколько вариантов исполнения (одно-, двухкамерный) и устанавливается различными методами (под карбюратором вместо теплоизоляционной проставки или над карбюратором, после воздушного фильтра). Наличие газового смесителя никак не влияет на работу карбюратора при работе двигателя на бензине.

Газовый смеситель представляет собой корпус с кольцевым внутренним каналом, из которого газ по радиальным каналам (перфорация) поступает в воздушный поток, всасываемый в двигатель.

В некоторых случаях газ подводят в карбюратор и без использования смесителя. В корпусе карбюратора над блоком дроссельных заслонок в каналах первичной и вторичной камер сверлят отверстия и через штуцеры, монтируемые в этих отверстиях, подается газ.

Редуктор-испаритель соединяется со смесителем через тройник-дозатор с регулировочными винтами, которыми регулируется расход газа (качество рабочей смеси) на рабочих режимах работы двигателя

посредством воздействия на величину разрежения в полости 2-й ступени редуктора. Как правило, смеситель в этом случае имеет двухштуцерный ввод и установлен между воздушным фильтром и карбюратором, т.е. перед разделением воздушного потока на первичный и вторичный. В некоторых случаях применяется ввод газа в одноштуцерный смеситель, при этом регулировочный винт тоже один и газ должен подводиться перед карбюратором до разделения потока в первичную и вторичную камеры (например в воздушный фильтр).

Существенным отличием работы газового смесителя от карбюратора является то, что топливо в нем не испаряется, так как подается в него уже в парообразном состоянии. Подача газа в смеситель в одинаковом с воздухом агрегатном состоянии позволяет вынести дозирующие элементы в отдельный блок или объединить их с газовым редуктором, упростив конструкцию смесителя.

Кроме того, смесители газа не требуют ускорительных устройств, так как при резком открытии дроссельных заслонок для увеличения отбора мощности двигателя расход газа растет пропорционально расходу воздуха. Подвод газа в смеситель может производиться через газовые форсунки или периферийно (через отверстия в узком сечении диффузора). Газовые форсунки могут быть расположены либо в узкой части диффузора, либо между диффузором и дроссельной заслонкой. Подвод газа через форсунки увеличивает гидравлические потери по сравнению с периферийным вводом, но позволяет получить удовлетворительные динамические качества двигателя. Периферийный ввод газа обеспечивает высокую экономичность двигателя и уменьшение токсичности отработавших газов.

Для газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном газе, применяют двухкамерный, вертикальный, с падающим потоком горючей смеси и параллельным открытием дроссельных заслонок газовый смеситель СГ-250, имеющий различные модификации (табл. 5.4). Модификации различаются приводом дроссельных заслонок и диаметром диффузоров. Основные топливодозирующие элементы смесителей одинаковы и конструктивно объединены с газовым редуктором.

В корпусе 11 газового смесителя (рис. 5.39) расположены две дроссельные заслонки 10, два съемных диффузора 6 и две горизонтальные газовые форсунки 5. Для обогащения смеси при пуске двигателя в смесителе имеются воздушные заслонки 4 с автоматическими клапанами, которые исключают возможность переобогащения горючей смеси.

Таблица 5.4

Основные данные модификаций газового смесителя СГ-250

Модель автомобиля (автобуса)	Диаметр смесительных камер, мм	Размер овала воздушной горловины, мм	Диаметр диффузоров, мм	Частота вращения коленчатого вала двигателя по ограничителю, об/мин
ЗИЛ-138	36	65×58	31	3100 ⁺¹⁰⁰
ГАЗ-53-07			29	3200–3400
ЛАЗ-695Н			31	3100 ⁺¹⁵⁰
ЛиАЗ-667Г			33	

Примечание. Включение дроссельных заслонок для всех модификаций – параллельное.

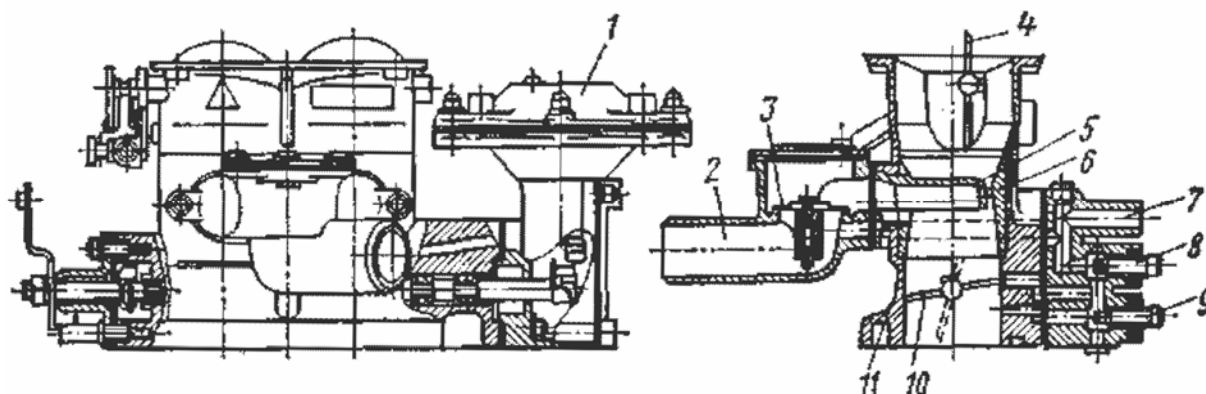


Рис. 5.39. Газовый смеситель СГ-250:
 1 – ограничитель; 2 – входной патрубок; 3 – обратный клапан;
 4 – воздушная заслонка; 5 – газовая форсунка; 6 – диффузор;
 7 – штуцер входа газа в систему холостого хода; 8 – регулировочный винт общей подачи газа в систему холостого хода; 9 – регулировочный винт подачи газа в систему холостого хода на минимальных оборотах двигателя;
 10 – дроссельная заслонка; 11 – корпус

Во входном патрубке 2 расположен обратный клапан 3, который перекрывает подачу газа в основную систему при работе двигателя на холостом ходу и предохраняет редуцирующее устройство от противодавления при обратных вспышках в двигателе. Подачу газа в систему холостого хода регулируют винтами 8 и 9, которые расположены в крышке каналов системы холостого хода.

Кроме того, на смесителе расположен исполнительный механизм ограничителя 1 частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Газовый смеситель СГ-250 предназначен для совместной работы с редуктором МКЗ-НАМИ (рис. 5.40). Основная подача газа осуществ-

ляется дозирующе-экономайзерным устройством 8 через газопровод 7, обратный клапан 2 и газовые форсунки 1, которые расположены в узком сечении диффузоров 14. Для устойчивой работы двигателя на холостом ходу и плавного перехода на нагрузочный режим в смесителе имеется специальная система с двумя выходами газа в каждую смесительную камеру.

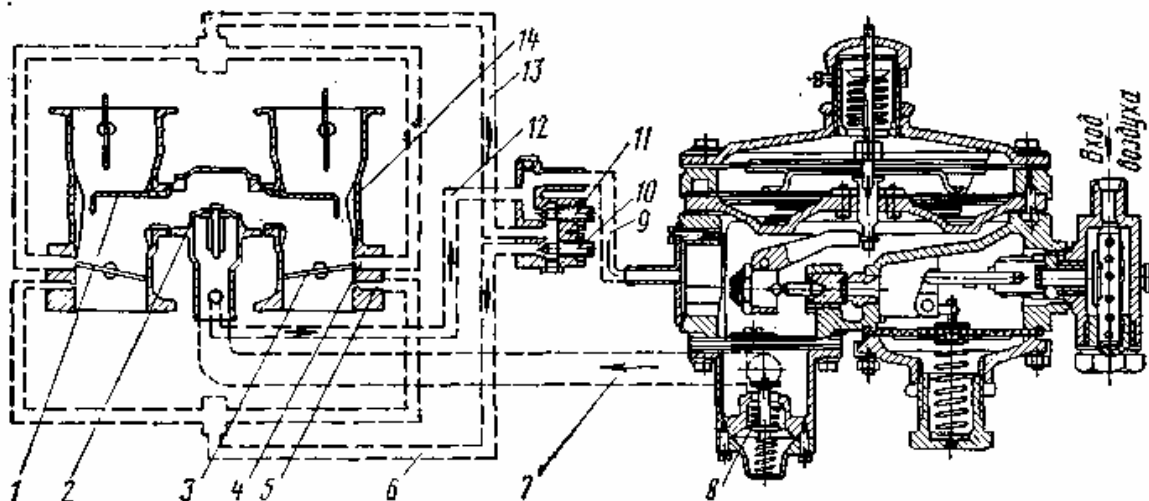


Рис. 5.40. Схема соединения газовых каналов смесителя и редуктора: 1 – газовая форсунка; 2 – обратный клапан; 3 – дроссельная заслонка; 4 – отверстия прямоугольного сечения; 5 – круглые отверстия; 6, 9, 12, 13 – газовые каналы системы холостого хода; 7 – газопровод; 8 – дозирующе-экономайзерное устройство; 10; 11 – регулировочные винты подачи газа в систему холостого хода; 14 – диффузор

При работе двигателя на холостом ходу с минимальной частотой вращения коленчатого вала обратный клапан закрыт, отверстия прямоугольного сечения 4 находятся в зоне низкого разрежения и газ вводится только в задрессельную полость смесительных камер через круглые отверстия 5. Количество газа регулируют винтом 10. Воздух в этом случае поступает через щели между дроссельными заслонками и стенками смесительных камер. При открытии дроссельных заслонок прямоугольные отверстия 4 переходят в зону высокого разрежения, через них начинает поступать газ и частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается. Общую подачу газа в систему холостого хода регулируют винтом 11.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала разрежение в диффузорах увеличивается и открывается обратный клапан 2, обеспечивая основную подачу газа. Наиболее плавный переход от холостого хода к нагрузочным режимам может быть достигнут при отборе газа в систему холостого хода из полости редуктора, расположенной до дозирующего устройства, т.е. непосредственно из второй ступени редуктора. Однако такое питание приводит к переобогащению горючей смеси при работе двигателя в режиме холостого хода. Если

осуществлять отбор газа из полости за дозирующим устройством, то ухудшается качество работы двигателя на переходных режимах. В связи с этим газ в систему холостого хода смесителя подается по каналу 9 из полости, расположенной до дозирующего устройства, и по каналам 7 и 12 – из полости, расположенной после него.

Для улучшения пусковых качеств газобаллонных автомобилей при отрицательных температурах предназначена пусковая топливная система с электромагнитным клапаном (рис. 5.41). Особенность ее работы заключается в обогащении газозоудшной смеси при пуске двигателя за счет подачи газа в смеситель под давлением 0,1-0,15 МПа. Подача газа осуществляется из первой ступени газового редуктора 1 по трубопроводам 2 и 4 в клапанную коробку 5 смесителя. Управление подачей газа производится с помощью электромагнитного клапана 3. Клапан включают при прокручивании двигателя и выключают через 10-15 с после начала его работы. Система обеспечивает надежный пуск двигателя на паровой фазе газа при температурах до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

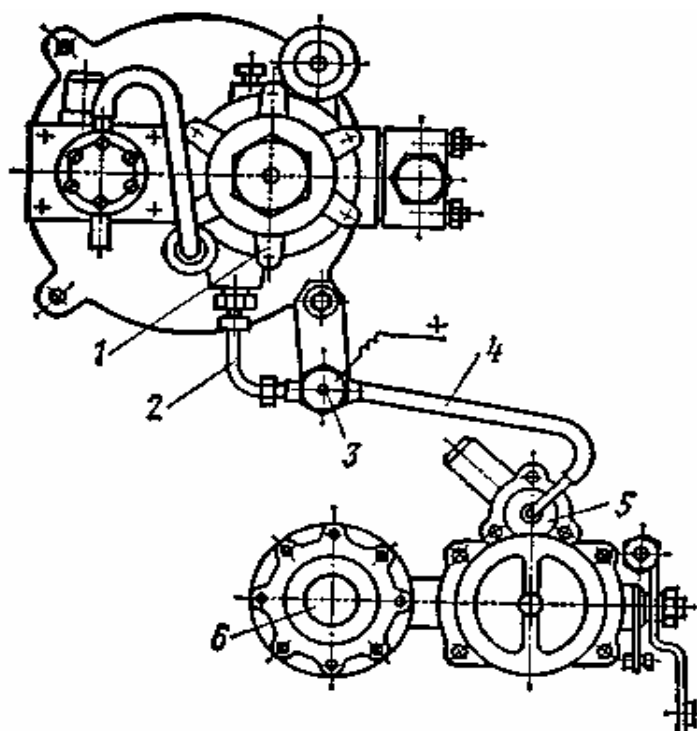


Рис. 5.41. Пусковая топливная система с электромагнитным клапаном:
1 – первая ступень газового редуктора; 2, 4- трубопроводы;
3 – электромагнитный клапан; 5 – клапанная коробка; 6 – газовый смеситель

5.10. Карбюраторы-смесители

Конструктивно газовые смесители могут быть объединены с карбюратором в карбюратор-смеситель (рис. 5.42), что дает возможность быстро переводить унифицированный двигатель, работающий на газе и бензине, с одного вида топлива на другой.

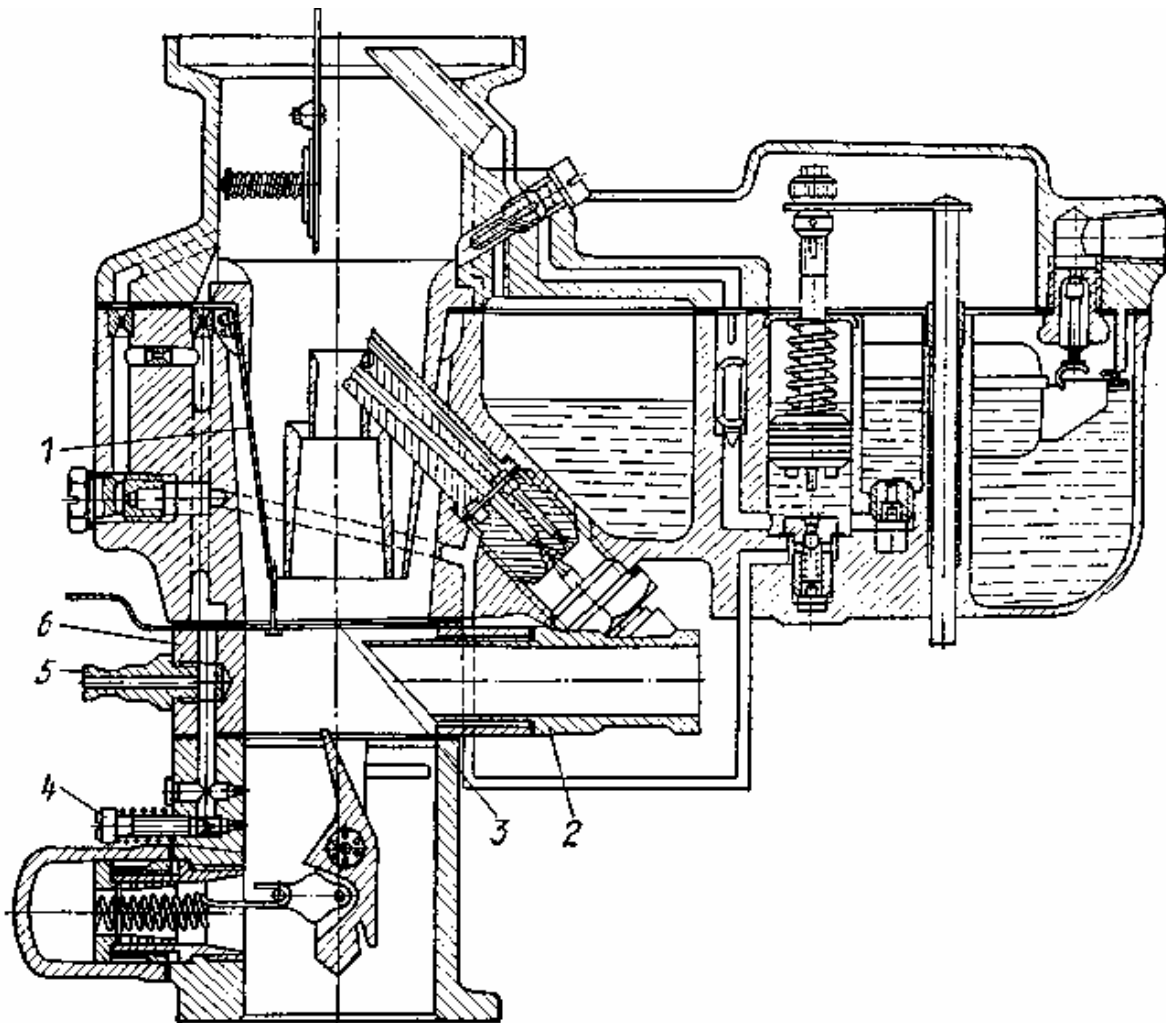


Рис. 5.42. Карбюратор-смеситель К-22К:

- 1 – пластина диффузора; 2 – патрубок для ввода газа с форсункой;
 3 – приспособление для выключения пластин диффузора;
 4 – регулировочный винт; 5 – штуцер для подачи газа в систему холостого хода; 6 – газовая проставка

Следует отметить, что у карбюраторов-смесителей диффузоры подобраны для работы двигателя на бензине. Это снижает коэффициент наполнения и мощность двигателя при работе на газе по сравнению с их значениями при использовании газового смесителя.

Карбюратор-смеситель К-22К (см. рис. 5.42), устанавливаемый на газобаллонных автомобилях семейства ГАЗ-52, выполнен на базе карбюратора К-22 и состоит из поплавковой камеры, газовой проставки и смесительной камеры. Газовая проставка 6 имеет патрубок 2 с форсункой для ввода газа, штуцер для подачи газа в систему холостого хода 5 и приспособление 3 для раздвижения (выключения) упругих пластин диффузора 1 при работе двигателя на газе.

При раздвижении упругих пластин диффузора исключается возможность переобогащения газовой смеси на нагрузочных режимах работы двигателя. Подачу газа в систему холостого хода регули-

руют винтом 4. Карбюратор-смеситель обеспечивает получение высоких мощностных и экономических показателей двигателя при работе на газе или бензине.

Карбюратор-смеситель К-91 (рис. 5.43), устанавливаемый на автомобиле ЗИЛ-138А, работающем на сжатом газе, – двухкамерный, с падающим потоком смеси, выполнен на базе карбюратора К-88. Он состоит из газосмесительной проставки, поплавковой камеры карбюратора и смесительной камеры, которая имеет бензиновую и газовую системы холостого хода. Газосмесительная проставка крепится к верхнему фланцу поплавковой камеры; газ в нее поступает через корпус обратного клапана 3. Истечение газа в проставке происходит через кольцевую щель.

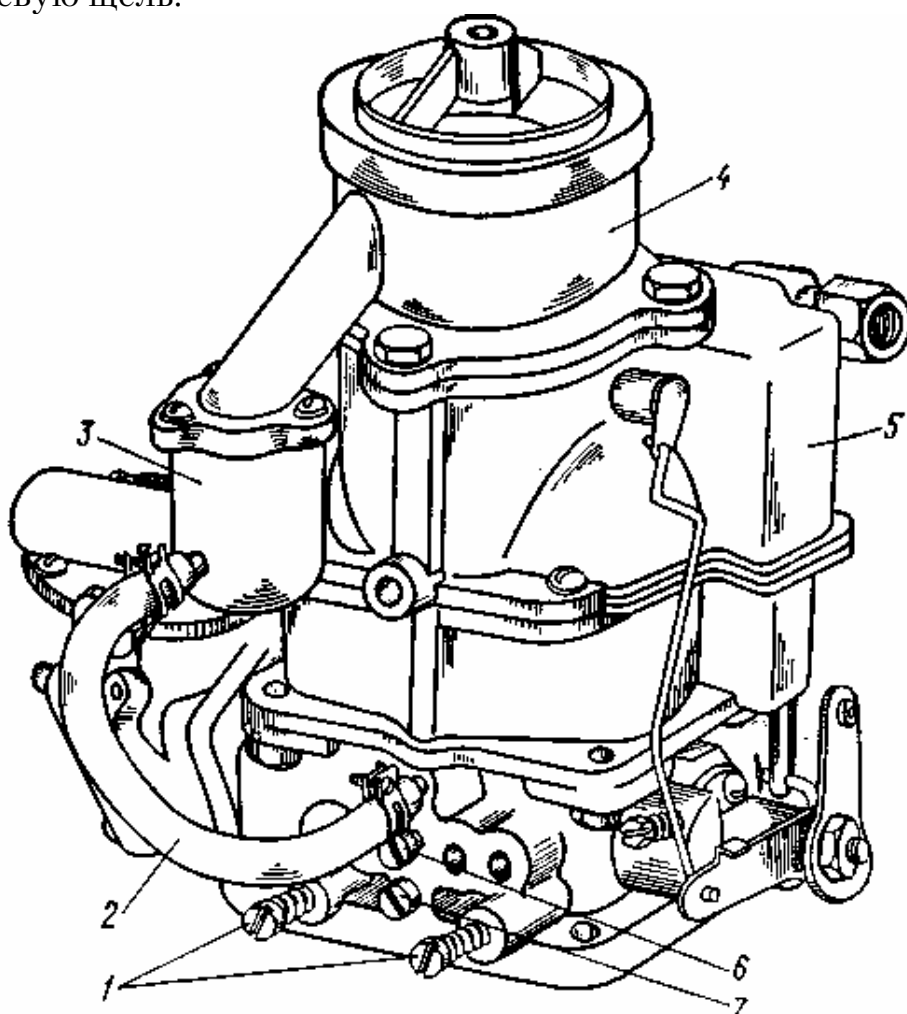


Рис. 5.43. Карбюратор-смеситель К-91:
1 – винты качественной регулировки системы холостого хода на бензине; 2 – трубка холостого хода; 3 – корпус обратного клапана;
4 – переходник-смеситель; 5 – карбюратор; 6 – винт общей подачи газа в систему холостого хода; 7 – регулировочный винт подачи газа в систему холостого хода на минимальных оборотах двигателя

В систему холостого хода газ попадает из корпуса обратного клапана через трубку холостого хода 2 и клапан смесительной камеры. Регулирование системы холостого хода при работе двигателя на газе производится винтом общей подачи газа 6 (регулируется количество газа, при котором двигатель развивает частоту вращения 1300–1400 об/мин) и винтом подачи газа 7 при минимальной частоте вращения коленчатого вала. Регулирование минимальной устойчивой частоты вращения коленчатого вала рекомендуется совмещать с замером токсичности отработавших газов.

Карбюратор-смеситель К-126Д устанавливают на автомобиле ГАЗ-52-57, работающем на сжатом газе. От карбюратора-смесителя К-91 он отличается тем, что в целях рациональной компоновки его газосмесительная проставка расположена между поплавковой и смесительной камерами.

5.11. Резервная система питания двигателя бензином

На газобаллонных автомобилях с газовыми двигателями допускается кратковременная работа двигателя на бензине. Для этой цели имеется резервная система питания (рис. 5.44). Бензин содержится в топливном баке 5, который по конструкции может быть стандартным или специально изготовленным для газовой модификации автомобиля. В конструкцию системы питания входят обычные для автомобиля узлы и детали: кран топливного бака 6, фильтр-отстойник 4, топливный насос 1, трубопроводы, а также специальные узлы – проставка 3 и карбюратор 2 мод. 11.1107.

Проставка, устанавливаемая между газовым смесителем и впускным трубопроводом, является переходным элементом для присоединения карбюратора к двигателю.

Карбюратор мод. 11.1107 (рис. 5.45) представляет собой однокамерную конструкцию диафрагменного типа с горизонтальным расположением диффузора. В цельнолитом корпусе 15 карбюратора имеются горловина, диффузор 3 и смесительная камера. В горловине расположена воздушная заслонка 1 с автоматическим клапаном 2, а в смесительной камере – дроссельная заслонка 4. В карбюраторе также имеются основное топливно-дозировочное устройство и система холостого хода.

При работе карбюратора бензин, подаваемый насосом, подводится через входной штуцер 12, сетчатый фильтр 5 и впускной клапан 11 в полость над диафрагмой 9. Под действием разрежения в диффузоре 3 обратный клапан 10, расположенный над диафрагмой, открывается и топливо через главный жиклер 6 поступает в смесительную камеру.

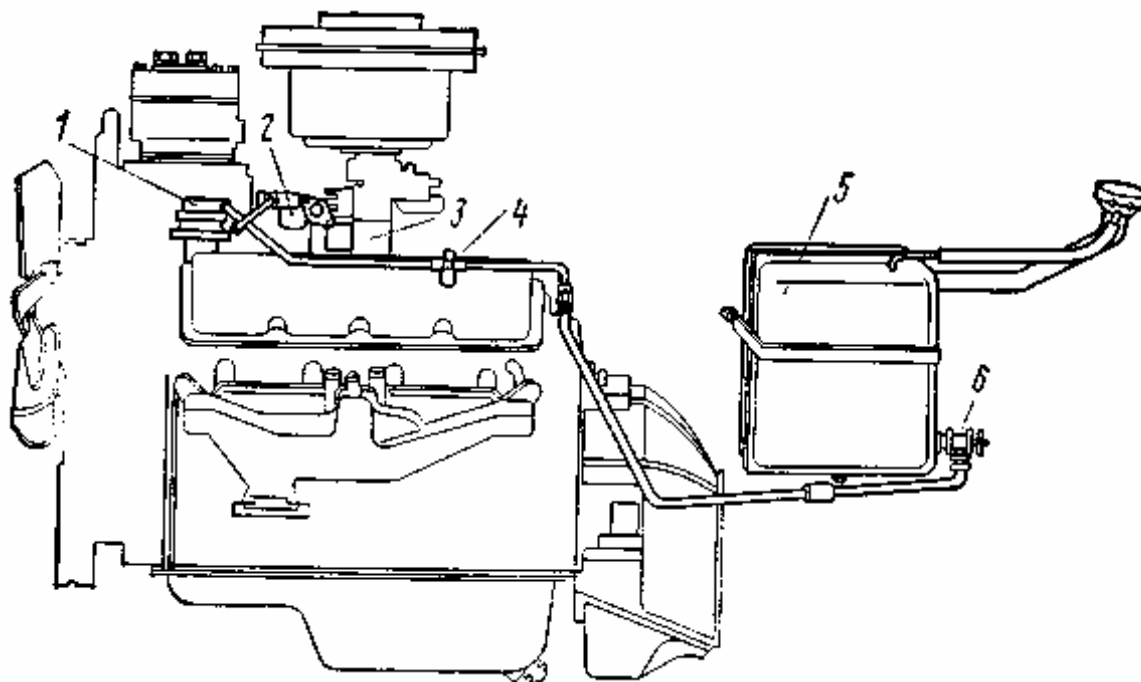


Рис. 5.44. Резервная система питания двигателя бензином:
 1 – топливный насос; 2 – карбюратор мод. 11.1107; 3 – проставка;
 4 – фильтр-отстойник; 5 – топливный бак; 6 – кран топливного бака

Система холостого хода включает в себя топливный жиклер 8, регулируемый винтом 7, воздушный жиклер 16 и канал 14 для обеспечения плавных переходов от холостого хода к нагрузочным режимам.

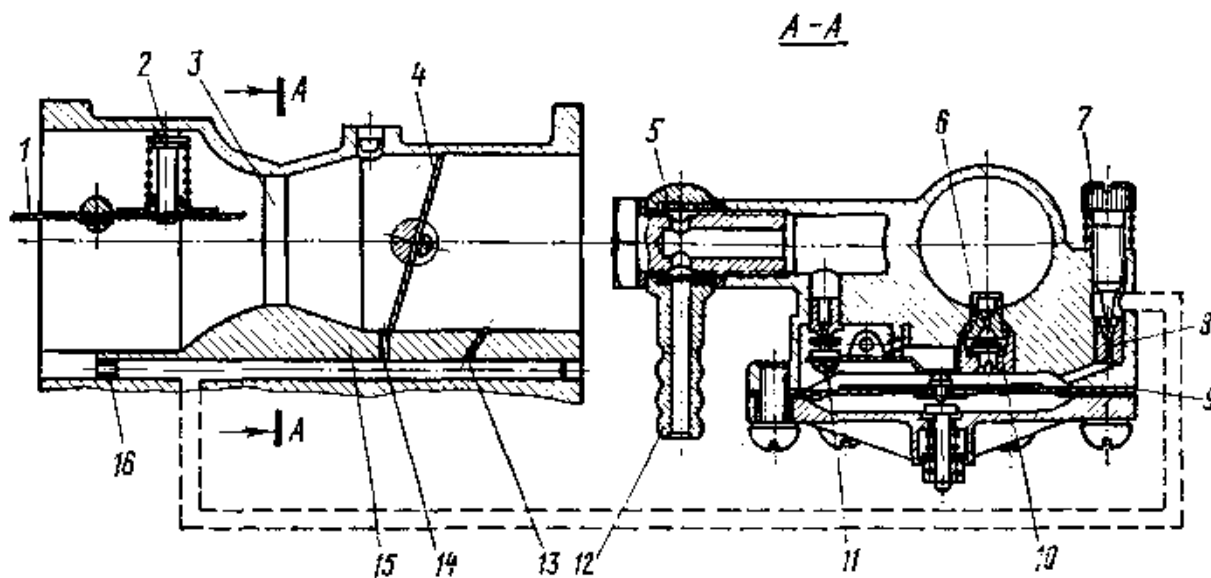


Рис. 5.45. Карбюратор мод. 11.1107:
 1, 4 – воздушная и дроссельная заслонки; 2, 10, 11 – автоматический;
 обратный и впускной клапаны; 3 – диффузор; 5 – фильтр;
 6, 8, 16 – главный; топливный и воздушный жиклеры;
 7 – регулировочный винт; 9 – диафрагма; 12 – штуцер;
 13 – эмульсионное отверстие; 14 – топливный канал; 15 – корпус

В зоне высокого давления имеется эмульсионное отверстие 13.

Двигатели грузовых автомобилей ЗИЛ-138 и ГАЗ-53-07 при работе на резервной бензиновой системе питания развивают не более 40-50 % номинальной мощности.

Бензиновая система автомобиля, оборудованного газобаллонной системой, отличается от обычной наличием электромагнитного бензинового клапана 19 (рис. 5.46), который предотвращает поступление бензина в поплавковую камеру карбюратора при работе двигателя на газовом топливе. Электромагнитный клапан управляется с рабочего места водителя переключателем рода топлива 15.

При закрытом электромагнитном клапане рабочий узел бензонасоса находится под большой нагрузкой. Для предотвращения преждевременного изнашивания деталей насоса и разрыва мембраны рекомендуется применение трубопровода 18 частичного возврата бензина из линии давления (после бензонасоса) в линию всасывания.

Линия возврата должна быть, по возможности, длиннее для охлаждения бензина, проходящего через насос. В линии возврата необходимо установить жиклер диаметром 0,6–0,8 мм. Подобная линия возврата бензина традиционно выполнена на автомобиле ГАЗ-24.

Однако, в случае установки электромагнитного клапана, линия возврата топлива соединяется с линией давления до электромагнитного клапана. Давление, создаваемое бензонасосом при закрытом электромагнитном клапане, будет частично снижаться благодаря наличию жиклера.

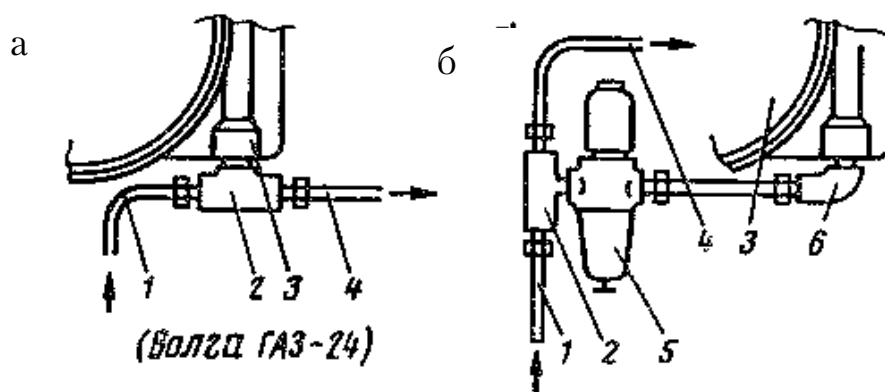


Рис. 5.46. Принципиальные схемы традиционного монтажа бензопровода на автомобиле ГАЗ-24 «Волга» (а) и монтажа бензопровода на двигателе, работающем на бензиновом и газовом топливе (б):

- 1 – бензопровод от насоса к бензопроводу; 2 – штуцер-тройник с жиклером; 3 – карбюратор; 4 – трубопровод слива;
5 – электромагнитный клапан с фильтром; 6 – штуцер-угольник

В случае невозможности монтажа линии возврата бензина рекомендуется для разгрузки элементов бензонасоса выключить его при постоянной работе двигателя на газовом топливе, фиксируя рычаг ручного привода насоса в нажатом положении.

Электромагнитные клапаны предназначены для предотвращения одновременной работы двигателя на газе и бензине.

Электромагнитный клапан газа (рис. 5.47,а) открывает подачу газа при положении ручки переключателя рода топлива «Газ». В нижнем стакане электромагнита клапана располагается фильтр из технической замши или гофрированного фильтровального картона и постоянный магнит для очистки газа от механических и металлических примесей.

Электромагнитный клапан бензина (рис. 5.47,б) открывает подачу бензина в положении ручки переключателя рода топлива «Бензин». Клапан снабжен приспособлением для ручного открытия в случае обесточивания электросхемы автомобиля (пуск двигателя на буксире при разряженном аккумуляторе).

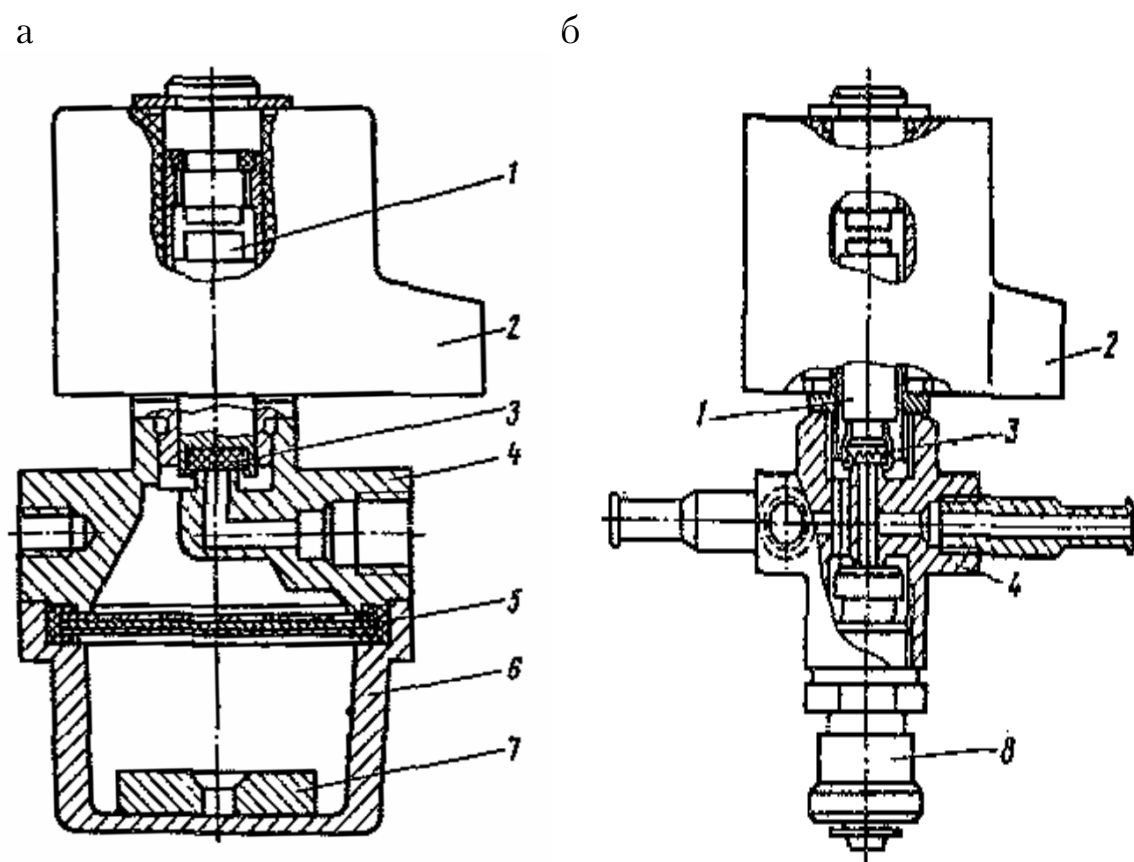


Рис. 5.47. Электромагнитный клапан газа (а) и бензина (б):
 1 – якорь; 2 – электромагнит; 3 – клапан; 4 – корпус;
 5 – сетка-фильтр; 6 – стакан – отстойник; 7 – постоянный магнит;
 8 – устройство отключения клапана

Клапаны газа и бензина срабатывают при подаче напряжения от переключателя рода топлива.

На редукторе-испарителе также установлен электромагнитный клапан пускового устройства. Он предназначен для подачи газа в систему низкого давления до смесителя перед пуском холодного двигателя. Для

этого необходимо нажать на ручку-кнопку переключателя рода топлива.

Переключатель рода топлива (рис. 5.48) предназначен для включения в работу электромагнитного клапана нужного вида топлива.

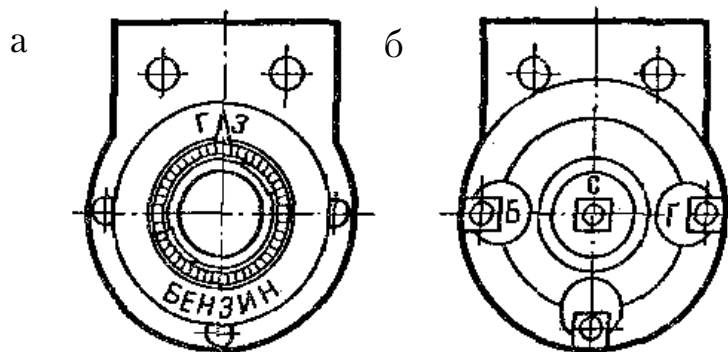


Рис. 5.48. Переключатель рода топлива (а) и его контактная часть (б)

Переключатель имеет четыре положения ручки: «Бензин», «Газ» и два промежуточных положения. При положении «Газ» напряжение поступает от клеммного входа «+» через вывод «Г» на электромагнитный клапан газа. В случае необходимости перевода работы двигателя на бензин ручку переключателя следует повернуть на один щелчок по часовой стрелке в промежуточное положение. Напряжение поступает от клеммного входа «+» через вывод «Г» и «Б» одновременно на электромагнитные клапаны газа и бензина. Через 5–8 секунд поплавковая камера карбюратора наполняется бензином и ручку переключателя следует перевести в положение «Бензин».

В случае перевода питания двигателя с бензина на газовое топливо ручку переключателя нужно перевести в промежуточное положение (один щелчок). Тогда оба электромагнитных клапана будут обесточены, т.е. закрыты. Двигатель продолжает работу на бензине, вырабатывая его из поплавковой камеры. При первых сбоях в работе двигателя переключатель необходимо перевести в положение «Газ». Кроме того, ручка переключателя имеет пятое перемещение – осевое. При нажатии на нее ток подается на электромагнитный клапан пускового устройства редуктора-испарителя.

Электропроводка (рис. 5.49) предназначена для питания электроагрегатов постоянным током напряжением 12 В. Монтаж электропроводки – однопроводный, с заземлением на корпус автомобиля, выполняется изолированным проводом, разрешенным для монтажа на автомобиле. Электропроводка должна иметь надежные контакты, полностью исключающие искрение. Не допускается соединение проводов вручную методом «скрутки».

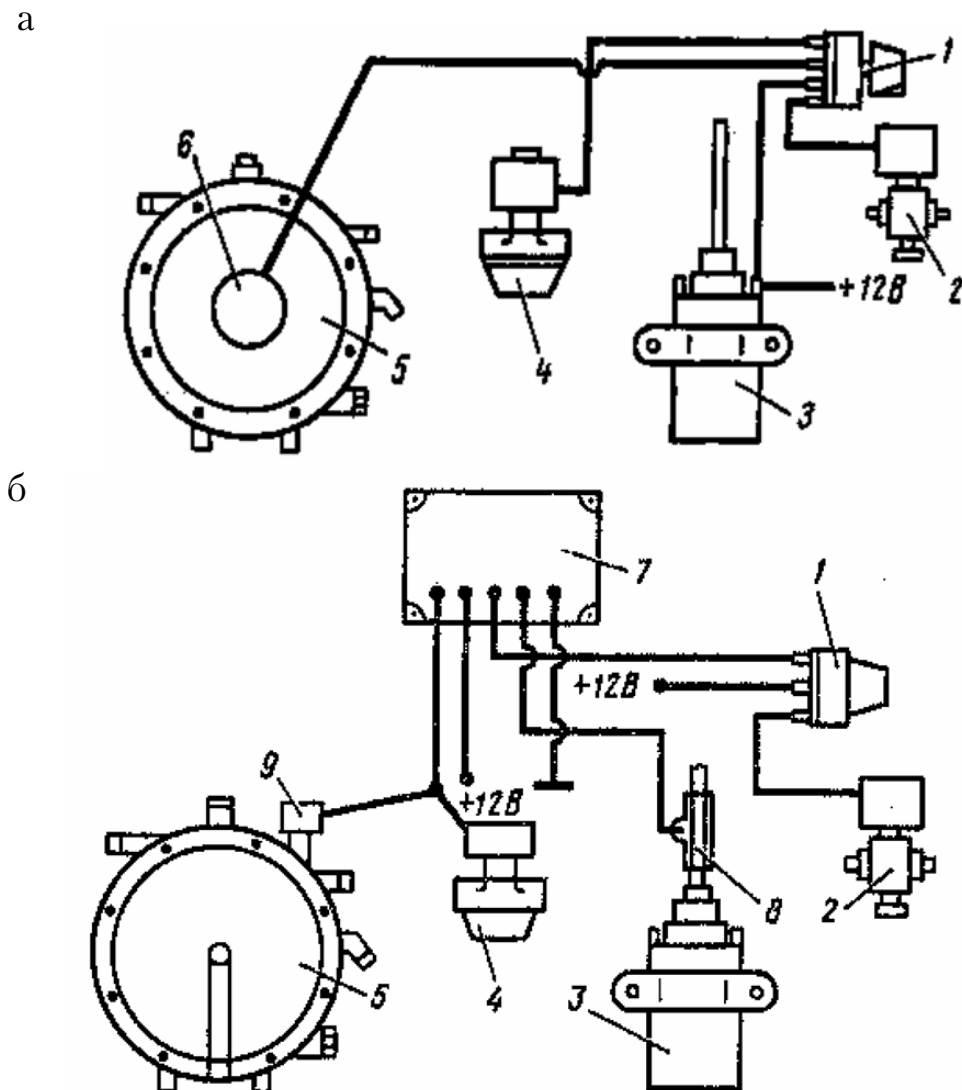


Рис. 4.49. Электрические схемы системы питания с пусковым устройством (а) и электронным блоком (б):

- 1 – переключатель рода топлива; 2, 4, 6, 9 – электромагнитные клапаны соответственно бензина, газа, пускового устройства и отсечки газа; 3 – катушка зажигания; 5 – редуктор-испаритель; 7 – электронный блок управления; 8 – датчик частоты вращения

Электронный блок управления обеспечивает следующие операции:

- автоматическое открытие электромагнитного клапана газа и пускового клапана редуктора;
- закрытие этих клапанов через 2 секунды после выключения зажигания, если двигатель не запустился;
- поддержание в открытом положении необходимых клапанов при работающем двигателе.

Трубопроводы, шланги и другие элементы служат для монтажа газовой аппаратуры в газобаллонной системе питания двигателя сжиженным нефтяным газом.

Трубопроводы, применяемые для монтажа систем, медные. Они должны быть уложены и надежно прикреплены к кузову автомобиля. В местах резких изгибов, перехода из отсека в отсек трубопровод должен быть защищен пружинной стальной оплеткой либо резиновым или пластмассовым рукавом. В местах соединения с агрегатами трубопровод должен иметь однооборотную спираль, которая выполняет роль температурного и вибрационного компенсаторов.

Шланги и рукава, применяемые на линии высокого давления, должны быть испытаны на давление не менее 4,8 МПа (48 кгс/см²) и иметь металлическую оплетку. На линии низкого давления шланги и рукава должны быть испытаны на давление до 0,2 МПа (20 кгс/см²) и быть также в металлической оплетке. Они не должны иметь порезов и трещин.

Дозатор-смеситель газа, устанавливаемый на газодизельных автомобилях семейства КамАЗ, объединяет в одном блоке смеситель и дозатор газа.

Дозатор газа (рис. 5.50) объединен в одном корпусе с диафрагменным механизмом ограничения подачи газа.

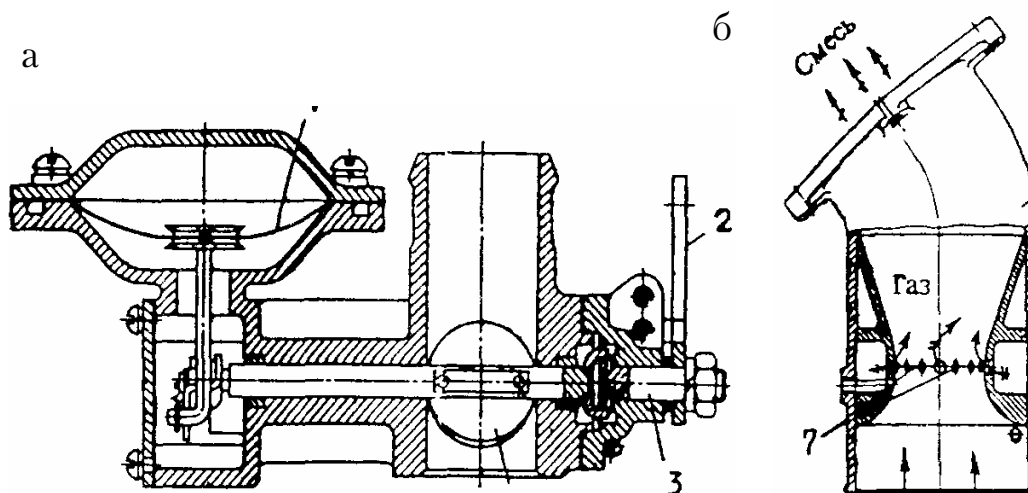


Рис. 5.50. Дозатор газа (а) и смесительное устройство (б) дозатора-смесителя двигателя КамАЗ:

- 1 – мембрана; 2 – рычаг привода дроссельной заслонки;
3 – валик ведущий; 4 – заслонка дроссельная; 5 – диффузор; 6 – корпус смесителя; 7 – отверстия для подачи газа

Управление приводом дроссельной заслонки осуществляется с помощью акселератора.

Дозатор обеспечивает регулирование количества газа, подаваемого в смеситель из редуктора низкого давления, в зависимости от нагрузки двигателя и автоматически уменьшает подачу газа при достижении двигателем максимальной частоты вращения вала.

Управление работой диафрагменного механизма осуществляется с помощью электропневмоклапана.

Корпус смесителя представляет собой цилиндр с диффузором типа сопла Вентури. Внутри диффузор имеет кольцевой коллектор подвода газа через радиальные отверстия.

В газодизельных автомобилях КамАЗ подогрев КПП осуществляется за счет теплоты охлаждающей жидкости, циркулирующей в системе охлаждения двигателя (рис. 5.51)

При циркуляции жидкости в корпусе подогревателя происходит подогревание газа. Жидкость из системы охлаждения отбирается из водяной трубы и сливается в коробку термостатов.

В случае применения в качестве охлаждающей жидкости воды подогреватель газа подключается только после прогрева двигателя.

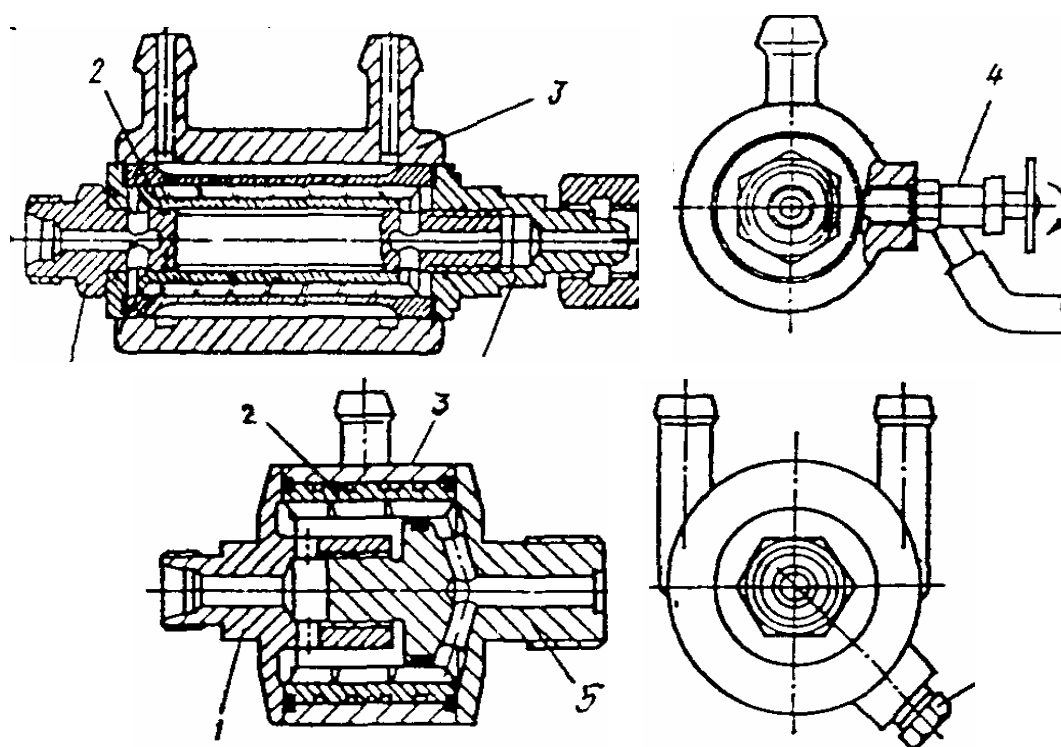


Рис. 5.51. Подогреватель газа газодизельных автомобилей КамАЗ:
1, 5 – входной и выходной штуцеры; 2 – теплообменный элемент;
3 – корпус нагревателя; 4 – краник слива охлаждающей жидкости

На автомобилях, работающих на ГСН, для преобразования газового топлива из жидкой фазы в газовую устанавливают испаритель ГСН.

Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство и принцип работы систем питания газобаллонных ДВС.
2. Назначение, устройство и принцип работы систем питания газодизелей.
3. Назначение, устройство и принцип работы редукторов низкого давления газобаллонных автомобилей.
4. Назначение, устройство и принцип работы редукторов высокого давления газобаллонных автомобилей.
5. Назначение, состав и устройство топливной газовой аппаратуры.
6. Назначение и устройство редуктора-испарителя.
7. Назначение, устройство и принцип работы редукторов низкого давления газобаллонных автомобилей.
8. Назначение, устройство и принцип работы редукторов высокого давления газобаллонных автомобилей.
9. Назначение, устройство и принцип работы резервной системы питания двигателя бензином.
10. Назначение, устройство и принцип работы подогревателей газа.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ СИНТЕЗА ГАЗА И ДРУГИХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА

Одним из путей ускорения решения проблемы использования природного газа может стать метод синтеза жидких углеводородов из газа вблизи месторождения, транспортировки жидких продуктов автомобильным транспортом, хранения и распределения продуктов в обычных системах хранения и на бензозаправочных станциях и использования газа в качестве добавки к дизельным топливам (в том числе утяжеленного фракционного состава).

Применение легких синтетических парафиновых углеводородов

Применение синтетических парафиновых углеводородов (СПУ) в смеси с дизельным топливом. Природный газ может служить не только топливом для газового двигателя, но и сырьем для производства синтетических дизельных топлив, получаемых синтезом из CO и H_2 на катализаторах (процесс Фишера-Тропша, рис. 6.1).

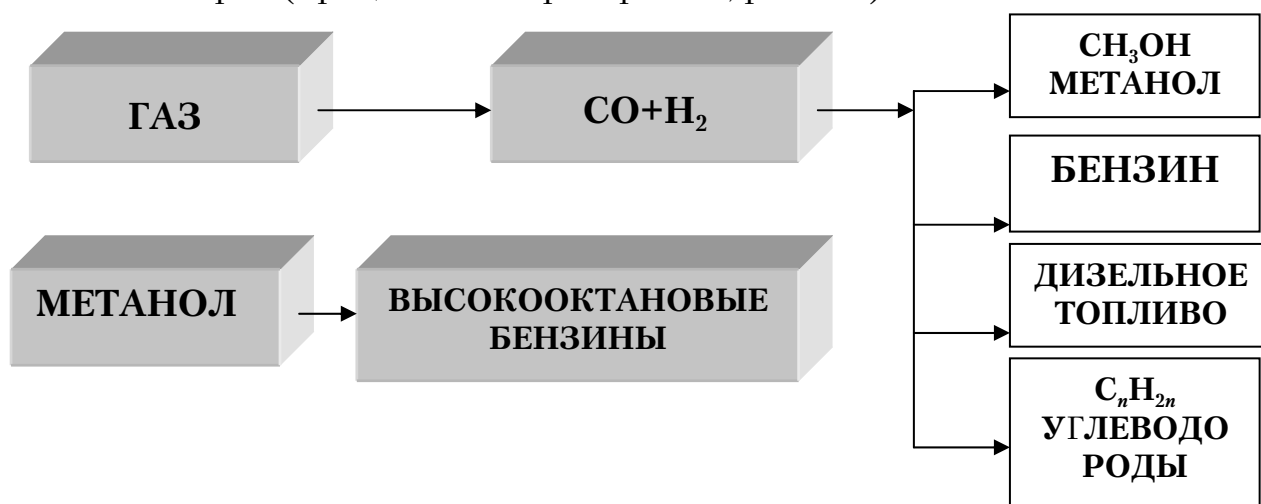


Рис. 6.1. Синтетические топлива, получаемые из природного газа

Этот процесс позволяет получить дизельное топливо с заданными показателями качества, но сам процесс весьма энергоемок и дорог.

В результате этого процесса легко получают бензины, но низкооктановые. Превращение их в высокооктановые (процесс Мобил) резко повышает стоимость топлива. Промежуточным продуктом синтеза может быть сравнительно дешевый спирт – метанол.

Это вещество также может использоваться в качестве топлива для ДВС и причем это уже имеет экономическую целесообразность.

В результате такого процесса можно получить с меньшими энергетическими затратами СПУ, стоимость которых примерно равна стоимости нефтяного дизельного топлива.

Применение СПУ в смеси с топливом УФС. Еще больший интерес может представлять использование СПУ в смеси с утяжеленными видами нефтяных топлив, к которым (применительно к автотракторным двигателям) можно отнести топлива утяжеленного фракционного состава и легкий газойль каталитического крекинга.

Если не ограничиваться классом автотракторных двигателей, то к таким топливам можно также отнести тяжелые топлива, флотские мазуты и т.д. Такое решение может быть особо актуальным для стран, обладающих большими ресурсами этих топлив.

Применение метанола в качестве топлива

Метанол как продукт синтеза газа давно применяется в разных странах в качестве добавки к основному топливу для ДВС в целях экономии нефтяных топлив и снижения токсичности и дымности выбросов.

В двигателях с воспламенением от искры спирт заранее вводится в топливо (готовится бензоспиртовая эмульсия, так как спирты ограниченно смешиваются с углеводородными топливами). Известен значительный опыт Бразилии по использованию спирта как добавки к нефтяному топливу в количестве 15 или 30 %.

Токсичность паров метанола в воздухе в три раза выше токсичности бензина. Спирт в масле вызывает коагуляцию присадок. Метанол агрессивен к тефлону, лакокрасочным покрытиям и металлам, особенно цветным, так как сам является кислородсодержащим.

Известно большое число работ, посвященных решению проблемы использования метанола в дизелях.

При этом имеются трудности, которые заключаются в следующем:

- метанол не образует стабильных смесей с дизельным топливом;
- спирты имеют низкие цетановые числа, у них низкая воспламеняемость, что особенно проявляется при пуске и на холостом ходу.

Предпочтительно иметь двойную подачу топлив – для спирта и для дизельного топлива (две форсунки и два насоса или один насос, но с гидравлическим регулированием второго импульса). При такой системе возможна подача до 90 % спирта.

Фирма «КХД» (Германия) создала спиртодизель для автобуса. В нем воспламенение метанола происходит за счет факела запального дизельного топлива, подаваемого через форсунку 2 (рис. 6.2) в количестве до 5 % от подачи метанола через форсунку 1 на полной нагрузке. При таком процессе эмиссия NO_x снизилась вдвое. Недостатки процесса – его сложность, невозможность его применения в существующих двигателях при их модернизации.

Однако такие системы начали применять в России на дизеле Д-21П1 воздушного охлаждения малоразмерного трактора Т-25 (рис. 6.3).

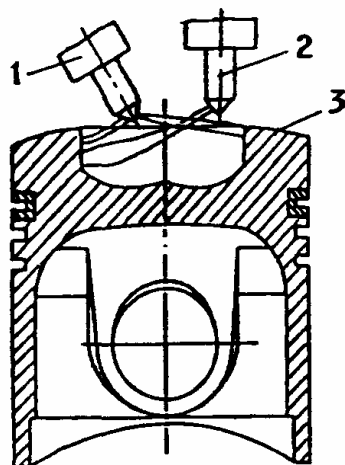


Рис. 6.2. Схема раздельной подачи двух топлив:
1 – форсунка для подачи спиртового топлива; 2 – форсунка для подачи запального дизельного топлива; 3 – поршень

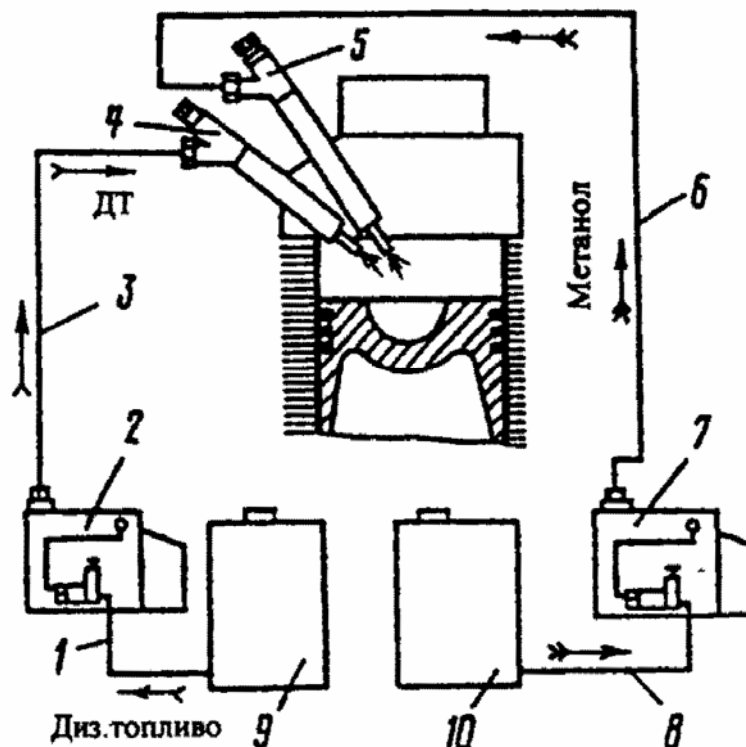


Рис. 6.3. Принципиальная схема двойной системы топливоподачи метанола в цилиндры дизеля:
1, 3 – топливопроводы низкого и высокого давления для подачи ДТ;
2, 7 – ТНВД для подачи ДТ и метанола; 4, 5 – форсунки для подачи ДТ и метанола; 6, 8 – топливопроводы высокого и низкого давления ДТ и подачи метанола; 9, 10 – топливные баки для ДТ и метанола

Другим способом применения метанола может быть подача его в дизель (до 60 %) на всасывании (карбюрация, фумигация, впрыскивание) и воспламенение его запальным топливом.

Показатели работы дизеля с таким рабочим процессом приведены на рис. 6.3, где видно, что на режимах высоких нагрузок индикаторный КПД слегка возрастает с ростом содержания спирта, независимо от его крепости. На малых нагрузках КПД уменьшался с ростом доли спирта в смеси.

При добавлении спирта во впускную систему дизеля задержка воспламенения, максимальное давление, жесткость сгорания растут с ростом нагрузки. При малых нагрузках этого не происходит, так как воспламенение начинается за ВМТ. С добавкой спирта до 55 % не наблюдается детонационного сгорания. Дымность ОГ и выбросы NO_x при этом снижаются, а выбросы CO и CH растут, особенно при малых нагрузках и холостых ходах.

Другим методом организации такого процесса является подача на такте впуска продуктов термохимического разложения метанола.

Вследствие почти вдвое меньшей теплоты сгорания метанола (по сравнению с теплотой сгорания ДТ) при его добавлении в пределах 10-50 % (масс.) и сохранения эффективных показателей расход рабочей смеси увеличился на 2,7-25 % при одновременном снижении расхода ДТ на 18-26 %. Характер нагрузочных токсических характеристик по саже, CO, CH и NO_x по сравнению с характеристиками дизельного процесса не изменился. Вместе с тем концентрация сажи в ОГ снизилась в 3 раза во всем диапазоне нагрузок при добавлении 50 % метанола. Несколько увеличилось содержание CO. Концентрация NO_x осталась без изменений, CH – уменьшилась в 4-5 раз в области средних нагрузок, оставаясь в первом приближении без изменений на нагрузках, близких к холостому ходу, и на номинальной.

Анализ индикаторных диаграмм показал, что присадка продуктов разложения метанола повышает термодинамический и индикаторный КПД за счет увеличения доли топлива, сгорающего при $V = \text{const}$. Работа двигателя при добавлении метанола в виде продуктов его разложения в количестве до 50 % по массе устойчива на постоянных и переменных нагрузках. Изменения пусковых характеристик не замечено.

Одним из методов использования метанола является впрыск в дизель метанола-топливной эмульсии (МТЭ). Наиболее эффективно приготовление эмульсии при низком давлении с использованием электрических, электромагнитных, ультразвуковых эмульгаторов, а также эмульгирование при высоких давлениях с помощью гидродинамических завихрителей и т.д.

Система для приготовления и подачи МТЭ (рис.6.4) содержит бак для ДТ 1, установленный в П-образном канале головки ТНВД 7. Это позволяет сократить время между приготовлением МТЭ и ее использованием. Вращение электродвигателем 10 вала смесителя 9 установленными на нем лопастями (попарно с левой и правой навивкой) улучшает однородность МТЭ. Система позволяет приготовить МТЭ в диапазоне изменения концентрации метанола 0-100 % и ДТ – 100-0 % в количестве, необходимом для работы дизеля на любом требуемом режиме. Погрешность дозирования компонентов МТЭ не превышает 5 % во всех случаях.

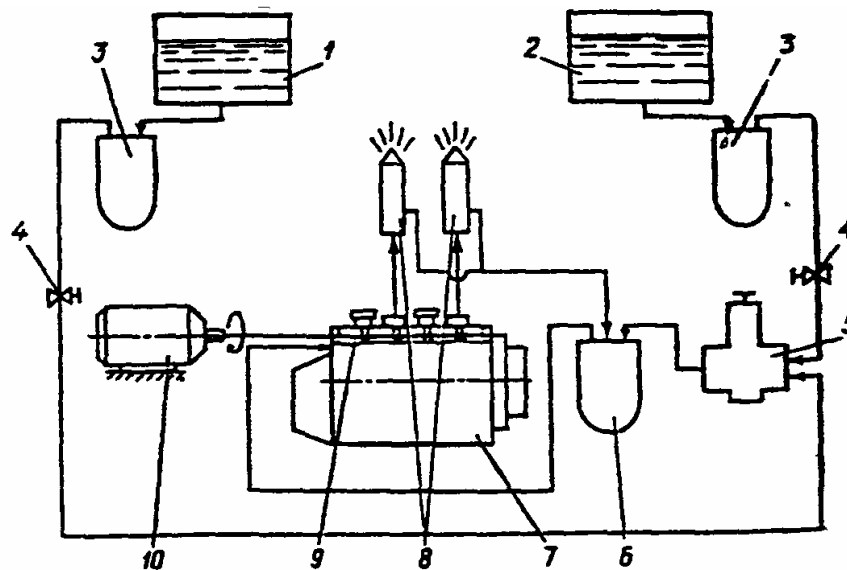


Рис. 6.4. Схема системы для приготовления и подачи МТЭ:
 1 – бак для ДТ; 2 – бак для метанола; 3 – фильтры грубой очистки;
 4 – регулирующие устройства; 5 – топливоподкачивающий насос;
 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – ТНВД; 8 – форсунки; 9 – смеситель;
 10 – электродвигатель

При работе дизеля на МТЭ содержание NO_x в ОГ снижается в два раза. Так, на номинальном режиме при $p_e = 0,6$ МПа концентрация NO_x в ОГ для дизельного процесса составила 0,036 %, а при работе дизеля на МТЭ с содержанием 30 % метанола – 0,017 %, причем с ростом нагрузки эта тенденция увеличивается.

Содержание сажи в ОГ также снижается при работе на МТЭ. Так, увеличение нагрузки от $p_e = 0,24$ МПа до $p_e = 0,72$ МПа приводит к росту выброса сажи от 2,3 до 7,3 ед. по шкале Бош. При работе на МТЭ выброс сажи уменьшается во всем диапазоне нагрузок. Так, уменьшение выбросов сажи в ОГ составляет соответственно 17, 37 и 48 % для случаев работы дизеля с содержанием метанола 10, 20 и 30 %.

Уровень содержания СО в ОГ дизеля практически не отличается от его значений при работе на ДТ или МТЭ. Концентрация CO_2 в ОГ дизеля Д-21А1 при работе на МТЭ меняется незначительно. Так, при увеличении p_e от 0,24 до 0,72 МПа содержание CO_2 увеличивается с 3,77 до 9,13 % для дизельного процесса и с 4,31 до 9,81 % при работе на МТЭ с 30 % метанола.

Содержание СН в ОГ дизеля несколько возрастает при работе на МТЭ.

Фирма «Изуцу» создала дизель для легкового автомобиля с подачей дизельного топлива и спирта в неразделенную камеру. В этой системе (рис. 6.5) дизельное топливо подается к форсунке 9 обычным способом от насоса высокого давления 1 через нагнетательный клапан 2, трубопровод 12, поднимая запорную иглу 10 форсунки. Между циклами впрыска дополнительный насос 5 подает спирт из емкости 3 по трубопроводу 4 через фильтр 7 и клапан 8 в канал 11 форсунки или

нагнетательную магистраль 12 вблизи форсунки. Спиртовое топливо находится под некоторым избыточным давлением в магистрали до клапана 8 благодаря перепускному клапану 6. Таким образом, смешивание топлив происходит в периоды между циклами в канале 11 форсунки 9, в результате чего насос 1 защищен от работы на маловязком и коррозионно-активном спирте.

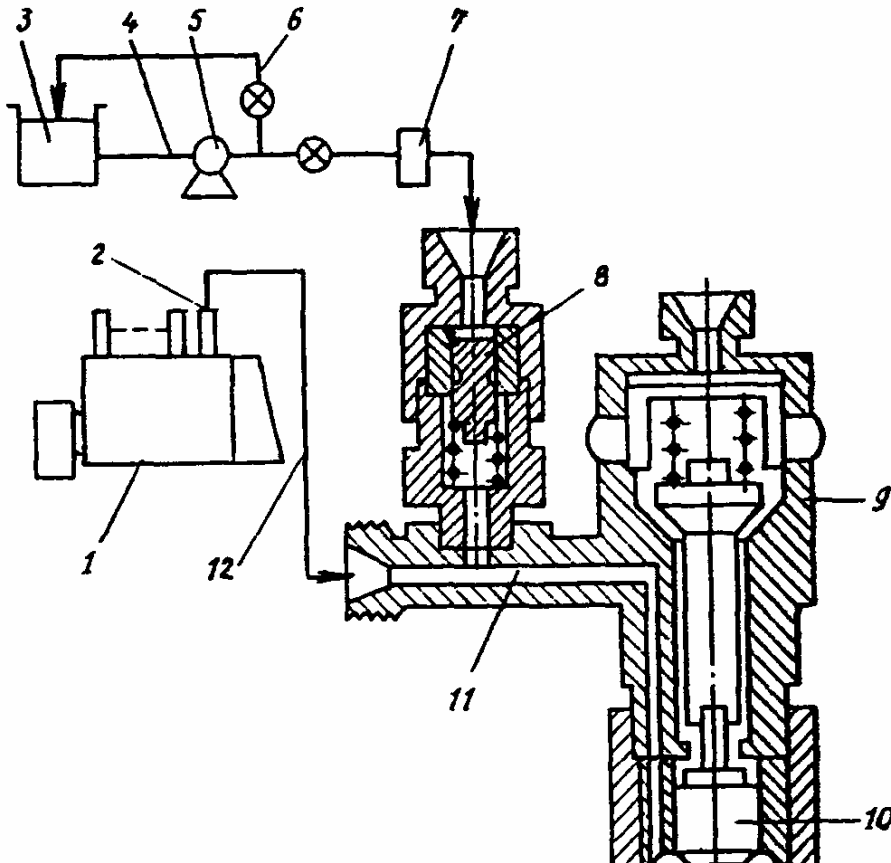


Рис. 6.5. Схема подачи дизельного топлива и спирта в дизель легкового автомобиля фирмы «Изуцу»

Недостатком системы является то, что в ней требуются элементы управления расходом спирта через клапан 8 в функции от частоты и/или нагрузки, так как с их снижением расход спирта возрастает, а для качественного протекания процесса этот расход целесообразно снизить.

Способ подачи спирта, близкий по принципу работы к указанному, разработан с участием авторов (рис. 6.6). Основное (дизельное) топливо подается плунжером 12 насоса высокого давления 1 через нагнетательный клапан 10, имеющий разгрузочный поясок 11, по ЛВД 8 к форсунке 9.

Спиртовое топливо из емкости 4 по трубопроводу 5 поступает в полость подкачивающего мембранного насоса 3, а оттуда по трубке 6 – к клапану 7 (названному выше клапаном регулирования начального давления – РНД).

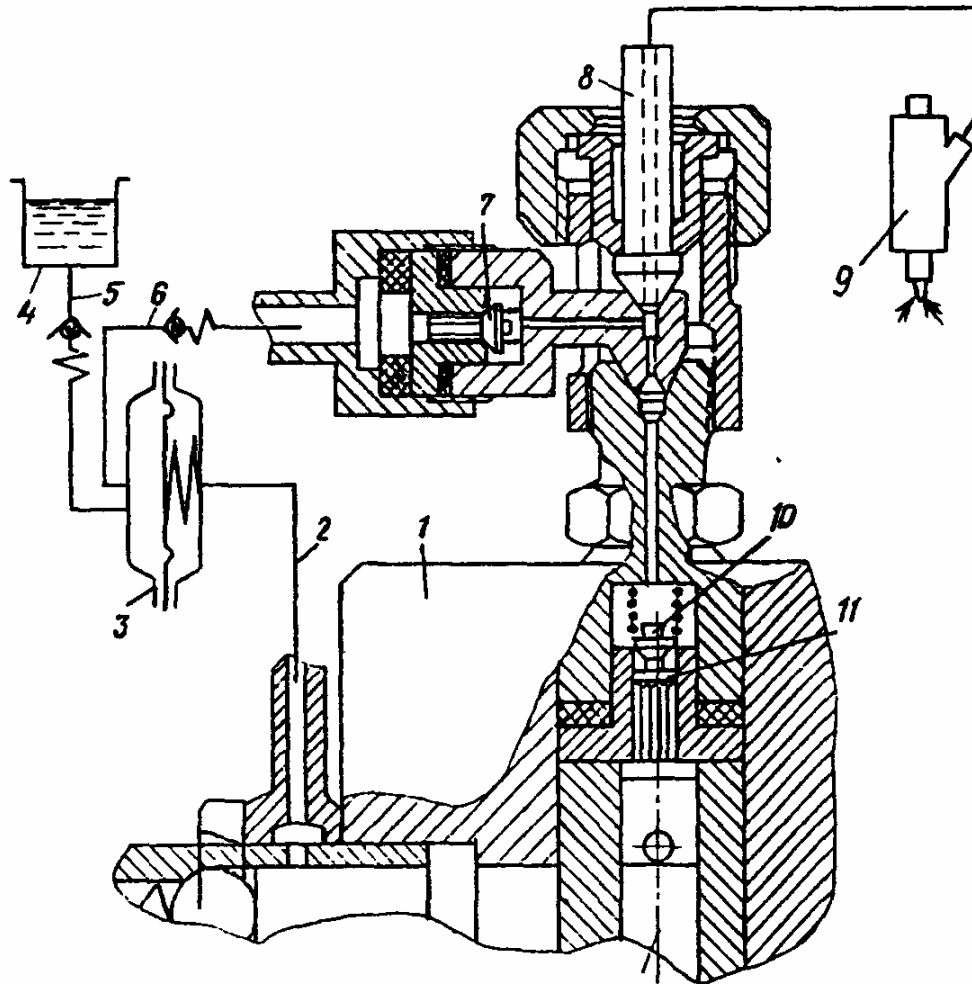


Рис. 6.6. Схема системы подачи в дизель смеси дизельного топлива и метанола или легких синтетических углеводородов

Подкачивающий мембранный насос 3 своей управляющей приводной полостью связан трубопроводом 2 с линией отсечки подачи топлива ТНВД 1.

Таким образом, производительность насоса 3 увеличивается с ростом частоты вращения и ростом нагрузки вследствие увеличения энергии импульсов отсечки подачи топлива насосом 1.

При отсечке подачи, когда нагнетательный клапан 10 при посадке в седло своим разгрузочным пояском 11 формирует в ЛВД волну разрежения, клапан 7 под действием перепада давления между линиями 6 и 8 открывается и спиртовое топливо поступает в ЛВД 8, смешиваясь там с дизельным топливом. В очередном цикле впрыскивания эмульсия дизельного топлива со спиртом впрыскивается насосом 1 через форсунку 9 в цилиндр двигателя. В этой системе уже имеется определенное автоматическое управление расходом спирта в функции от частоты и нагрузки. Задача управления расходом спирта может быть упрощена, если спирт подается насосом высокого давления (для этого он должен иметь соответствующее выполнение – со смазкой, с антикоррозионным покрытием, уплотнением и т.д. или в

спирт должны быть добавлены загустители, например касторовое масло). При этом дизельное топливо подается через клапан 7.

Вследствие такого выполнения на режимах малых частот и малых нагрузок, когда расход спирта снижается, расход (доля) дизельного топлива возрастает.

При определенных размерах разгрузочного пояса нагнетательного клапана 10 появляются режимы, когда спирт нагнетается насосом 1, при этом клапан 10 поднимается, но не выходит пояском 11 из седла, а значит, спирт в ЛВД 8 не поступает. Зато дизельное топливо вводится в ЛВД через клапан РНД 7 и форсунку 9. В этом случае впрыскивается чисто дизельное топливо.

В большинстве исследований было показано, что без применения специальных присадок, активизирующих рабочий процесс дизеля, возможно замещение спиртом до 50-55 % дизельного топлива на режимах полных нагрузок, со снижением этой доли до нуля на режимах малых нагрузок и холостых ходов.

Фирма MAN при создании дизеля для работы на чистом спирте вынуждена была увеличить степень сжатия до 25, в результате чего произошло значительное нагружение кривошипно-шатунного механизма.

Для степени сжатия 16-18 фирма применила принудительное зажигание (рис. 6.7).

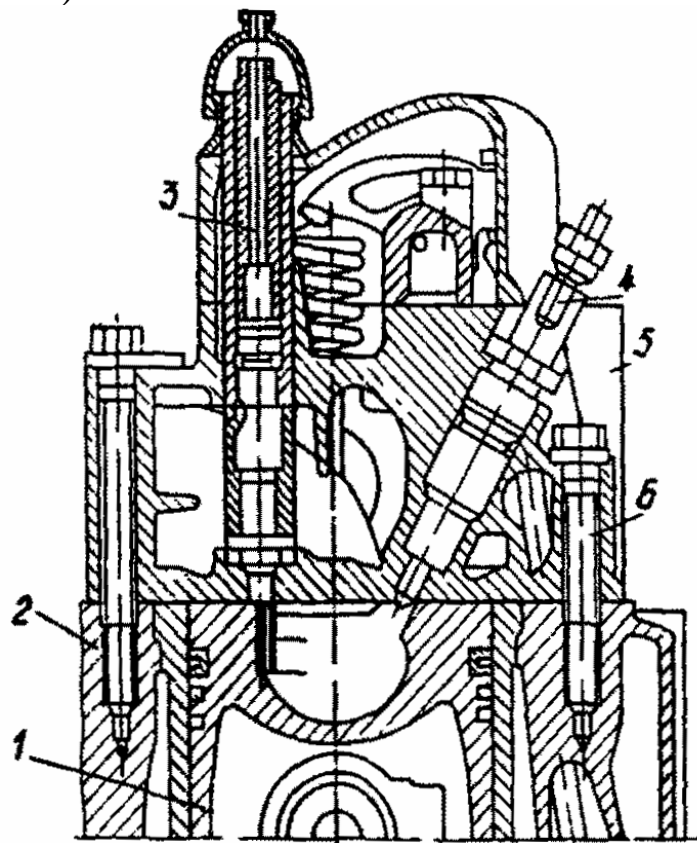


Рис. 6.7. Гибридная схема дизеля с принудительным зажиганием:
1 – поршень; 2 – блок цилиндров; 3 – свеча зажигания; 4 – форсунка;
5 – головка цилиндров; 6 – болт

При этом процесс смесеобразования сохранился как у дизеля. При впрыске метанола обнаружена сильная кавитация топливной аппаратуры, для ликвидации которой потребовалось охлаждение насоса и повышение давления на всасывании.

Известно улучшение воспламеняемости спиртов с помощью свечи накаливания.

Применение газоконденсатных топлив

Газоконденсаты условно могут быть разделены на легкие и тяжелые; оба сорта могут быть применены в дизелях.

При работе на газовом конденсате широкого фракционного состава с соответствующей регулировкой топливной аппаратуры эффективная мощность и удельный расход топлива оставались на том же уровне, что и при работе на дизельном топливе, во всем диапазоне изменения нагрузок и частоты вращения коленчатого вала.

Газовый конденсат широкого фракционного состава или близкий к бензиновым фракциям может быть использован в качестве дизельного топлива при дополнительных регулировках топливной аппаратуры – по типу многотопливного двигателя. Двигатель также может работать по принципу двух систем с обогащением впускного воздуха (что заметно усложнит топливную систему обычного дизеля, особенно с жидкостным охлаждением) или на смеси двух видов газовых конденсатов.

Применение водорода в качестве топлива

Целесообразность использования водорода в качестве топлива определяется не только истощением топливных ресурсов, но и тем, что водород является наиболее экологически чистым топливом для тепловых двигателей и установок.

Подача водорода в смеси с воздухом на впуске в дизель невозможна из-за низкой температуры воспламенения смеси (преждевременное воспламенение в момент подачи). Возможна работа дизеля с подачей примерно 30 % H_2 на впуске перед закрытием впускного клапана, затем – обычный впрыск дизельного топлива. Предпочтительно подавать H_2 в конце процесса сжатия, а воспламенение начинать до подачи всего заряда H_2 . Впрыск H_2 начинают за 5° до ВМТ при давлении 10 МПа.

Более перспективно в ближайшем будущем применение H_2 в качестве добавки к топливу, причем как к дизельному (например с помощью системы с РНД), так и к бензиновому.

Введение 4–5 % водорода в бензовоздушный заряд расширяет пределы воспламенения смеси до $\alpha = 1,7$ при степени сжатия $\epsilon = 5$ и до $\alpha = 2,0$ при $\epsilon = 11$. Область детонационного сгорания не изменяется. С увеличением $\alpha > 1,1$ с добавкой водорода содержание CO и CH достигает минимальных концентраций: CO = 0,04–0,06 %; CH = 50–60 млн⁻¹. Содержание NO_x в ОГ снижается до 40–60 млн⁻¹ при $\epsilon = 6,5$ и $\alpha = 1,6$. Рекомендовано вводить 5 %-ю добавку водорода в воздушно-топливный заряд только на режимах холостого хода и малых нагрузок, что позволяет обеспечить устойчивую работу двигателя при $\alpha = 1,5–1,6$ и снизить токсичность.

В настоящее время наиболее широко ведутся работы по переоборудованию легковых автомобилей на питание водородом.

Схема такой системы показана на рис. 6.8.

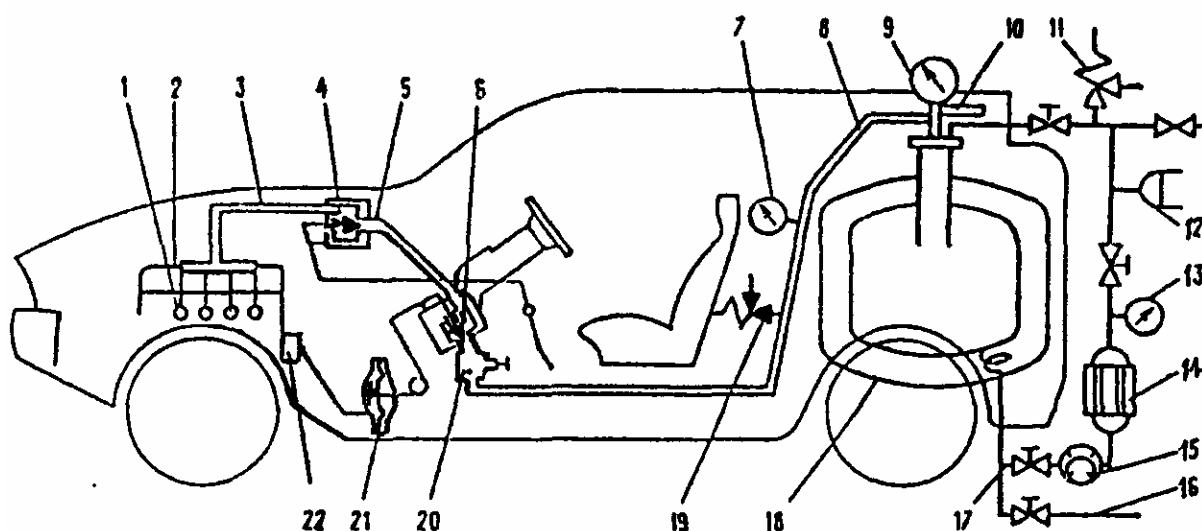


Рис. 6.8. Схема системы подачи водорода легкового автомобиля:
 1 – впускной коллектор двигателя; 2 – двигатель; 3, 5, 8 – трубки подвода водорода; 4, 6 – игольчатые клапаны; 7, 13 – манометры; 9 – указатель уровня; 10 – штуцер заправочный; 11, 19 – клапаны предохранительные (на давление 0,59 МПа); 12 – мембрана предохранительная; 14 – теплообменник; 15 – насос системы подогрева бака водорода; 16, 17 – 1-й и 2-й круги циркуляции системы подогрева; 18 – криогенный сосуд водорода (емкость 230 л); 20 – клапан запирающий; 21 – диафрагма; 22 – вакуум-насос

Некоторые особенности топливных систем двигателей, работающих на водороде, приведены на рис. 6.9, 6.10, 6.11.

На схемах условно не показаны датчики, фиксирующие положение заслонок и отдельных узлов.

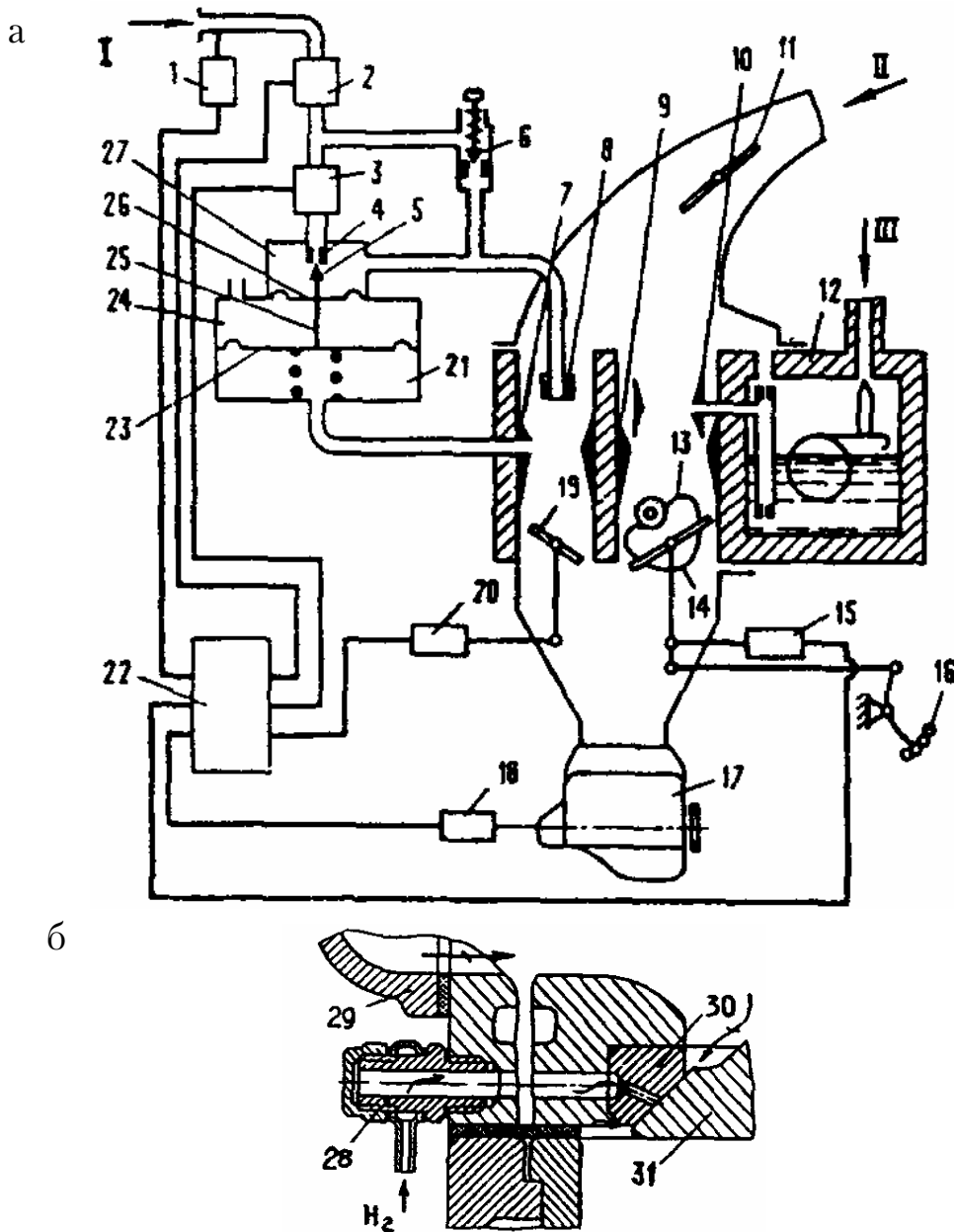


Рис. 6.9. Схемы системы питания двигателя бензином и водородом с помощью карбюратора (а) и узла подачи водорода под впускной клапан (б); 1 – датчик давления водорода; 2 – отсечной клапан; 3 – рабочий клапан; 4 – жиклер водорода; 5 – игла жиклера; 6 – винт холостого хода; 7 – диффузор водородной смесительной камеры; 8 – водородная форсунка; 9, 10 – диффузоры бензиновой смесительной камеры; 11 – воздушная заслонка; 12 – поплавковая камера с дозирующими системами; 13 – кулачок привода дроссельной заслонки смесительной камеры; 14 – дроссельная заслонка бензиновой смесительной камеры; 15 – датчик положения педали управления дроссельной заслонки; 16 – педаль управления подачей топлива; 17 – двигатель; 18 – датчик частоты вращения; 19 – дроссельная заслонка водородной смесительной камеры; 20 – датчик положения дроссельной заслонки; 21 – вакуумная камера регулятора расхода водорода; 22 – блок управления расходом водорода; 23 – большая мембрана регулятора; 24 – воздушная камера; 25 – шток иглы; 26 – малая мембрана; 27 – водородная камера; 28 – штуцер подвода водорода; 29 – впускной трубопровод; 30 – седло клапана; 31 – впускной клапан; I – водород; II – воздух; III – бензин

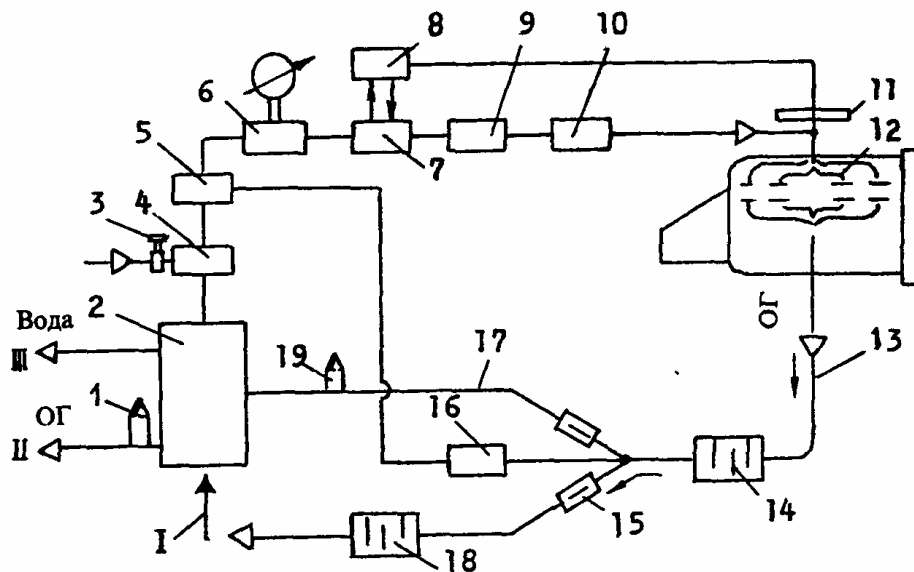


Рис. 6.10. Гидридная схема питания водородом:
 1 и 19 – термопары; 2 – бак; 3 – заправочный вентиль; 4 – предохранительный клапан; 5 – реле давления; 6 – датчик давления; 7 – электромагнитный клапан подачи водорода в двигатель; 8 – блок электронного управления расходом водорода; 9 – редукционный клапан высокого давления; 10 – всережимный вакуумный регулятор расхода водорода; 11 – карбюратор-смеситель; 12 – двигатель; 13 – выпускной трубопровод; 14 – первый глушитель шума системы выпуска; 15 – трубопровод отвода отработавших газов в атмосферу; 16 – электромагнит, управляющий заслонками в трубопроводах 15 и 17; 17 – трубопровод подвода отработавших газов в бак для нагревания при потреблении водорода; 18 – второй глушитель шума системы выпуска; I и III – подвод и отвод воды для охлаждения; II – выпуск отработавших газов из гидридного бака

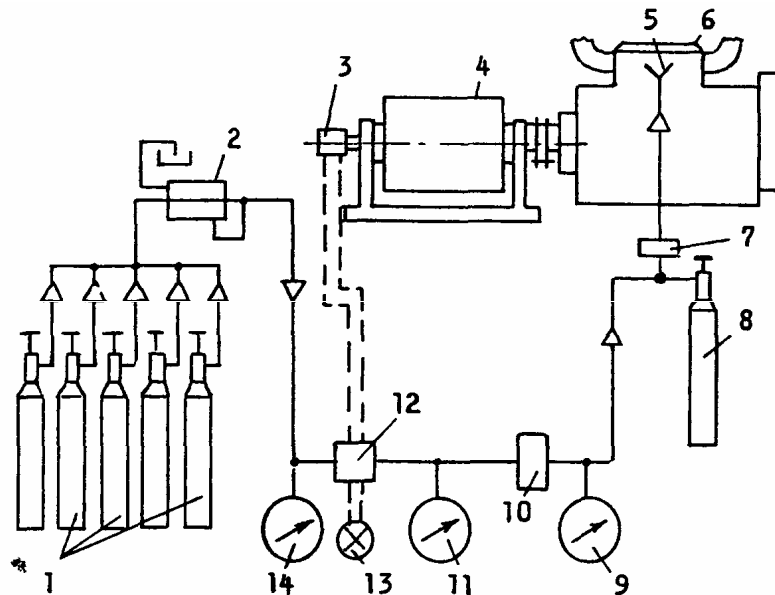


Рис. 6.11. Схема подачи водорода в дизель 148,5/11:
 1 – баллоны; 2 – редукционный клапан; 3 – электротахометр; 4 – тормоз; 5 – форсунка; 6 – дизель; 7 – пламегаситель; 8 – расширительный бачок; 9, 11, 14 – манометры; 10 – игольчатый клапан; 12 – электромагнитный клапан; 13 – сигнальная лампа

Использование газов с низкой теплотой сгорания

Рабочие процессы ДВС, использующих газы с низкой теплотой сгорания ($H_u \leq 4,665$ МДж/м³), исследованы недостаточно, так как в течение длительного времени считалось нецелесообразным применение их в качестве топлива.

Газы такого типа обычно имеют повышенное содержание углекислоты, инертных газов, низкое содержание метана и значительную разбавленность атмосферным воздухом. Отсюда возникают проблемы зажигания горючей смеси. Предположительно, наиболее эффективным средством воспламенения здесь может быть форкамерно-факельное или факельное зажигание.

К числу газов с низкой теплотой сгорания относятся шахтный газ, угольный газ, биогаз (или биометан).

Особенностью всех этих газов является широкий диапазон возможного варьирования в составе газов содержания метана (от 35 до 5%), а также других компонентов. В реализуемых системах питания таким газом следует предусматривать датчики контроля состава газа и устройство регулирования расхода его в функции от состава. Обязательным условием создания таких систем должно быть условие нераспространения пламени во впускную магистраль.

Большинство таких газов требует предварительной сушки, удаления влаги, а также отделения серы (очистки от серы).

На шахтном метане предпочтительным является рабочий процесс с внешним смесеобразованием, что и предопределяет организацию газодизельного процесса.

В последние годы значительный интерес проявляется к использованию биогаза, получаемого при переработке отходов, очистке сточных вод, утилизации отходов сельского хозяйства, ферм и т.д.

Схема установки по использованию биогаза показана на рис. 6.12.

После газгольдера-генератора обычно проводят компримирование биогаза в целях создания условий его хранения и повышения массовой теплоты сгорания.

Принципиально доказано, что при соответствующей доработке топливной аппаратуры биогаз в полной мере может заменить бензин в качестве моторного топлива в автомобильном транспорте. Использование его для собственных нужд – для автотранспорта, обслуживания животноводческих ферм, птицефабрик и т.д. – может дать ощутимый экономический эффект.

Использование указанных газов не имеет прямого отношения к общей проблеме использования газа в качестве топлива.

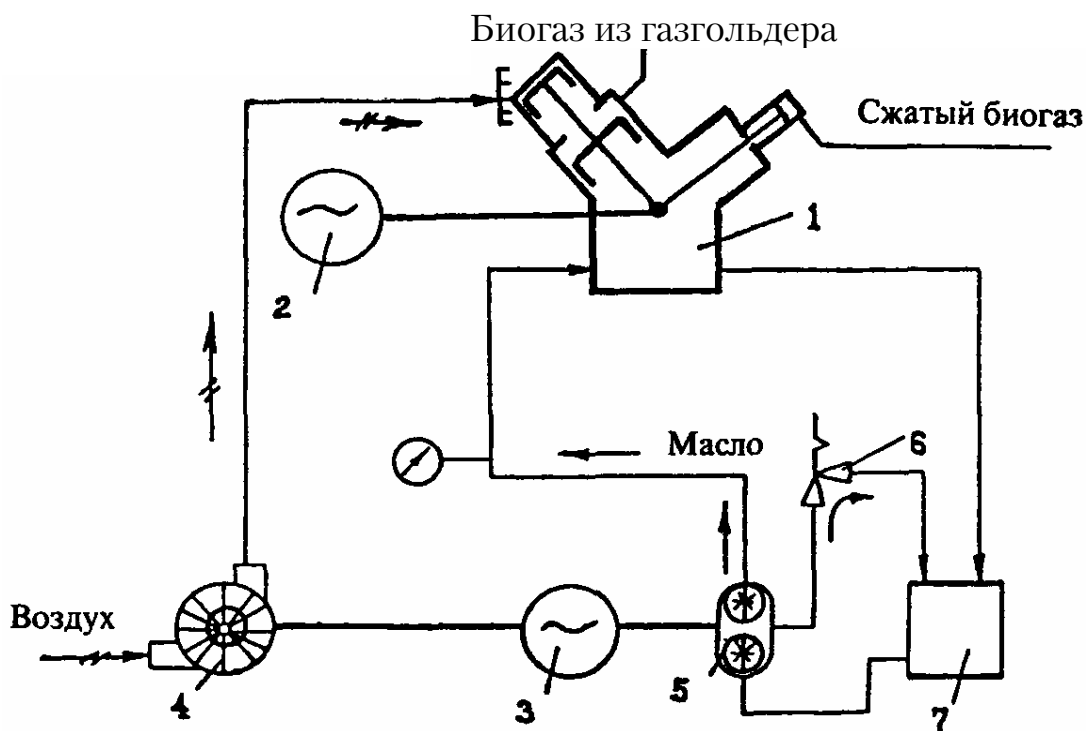


Рис. 6.12. Схема компрессорной установки, работающей на биогазе:
 1 – компрессор; 2, 3 – электродвигатели; 4 – центробежный нагнетатель;
 5 – масляный насос; 6 – перепускной клапан; 7 – масляный бак

Однако эксплуатация двигателей на таком газе может стать школой накопления опыта работы с газовыми двигателями ввиду возможности этих двигателей работать как на биогазе, так и на природном газе. Разработка и практическое применение таких ДВС могут ускорить внедрение природного газа в качестве топлива на энергетических и транспортных средствах.

Контрольные вопросы

1. Применение легких синтетических парафиновых углеводородов.
2. Применение газоконденсатных топлив.
3. Применение метанола в качестве топлива.
4. Гибридная схема дизеля с принудительным зажиганием.
5. Назначение, устройство и принцип работы систем, работающих на биогазе.
6. Назначение, устройство и принцип работы систем, работающих на водороде.
7. Назначение, устройство и принцип работы систем, работающих на метаноле.

7. НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ

7.1. Общие сведения о неисправностях систем питания двигателей

Система питания должна обеспечивать приготовление горючей смеси необходимого состава и количества в зависимости от режима работы двигателя. Показатели работы двигателя, такие, как мощность, приемистость, экономичность, долговечность и легкость пуска, зависят не только от технического состояния системы питания, но и от качества топливоздушнoй смеси. Применение топлива более низкого качества может привести к ненормальной работе двигателя (детонация, образование нагара, перерасход топлива, прогар прокладок головок цилиндров, головок клапанов и т.д.).

Несвоевременный и недостаточный уход за приборами системы питания, трубопроводами, приводами управления подачей топлива и воздуха могут привести к опасности возникновения пожара, нарушению подачи топлива, переобогащению и переобеднению горючей смеси, перерасходу топлива, нарушению нормальной работы двигателя, потерям мощности и приемистости, затруднительному пуску и неустойчивой работе двигателя на холостом ходу. Перед тем как приступить к устранению неисправностей топливной системы карбюраторного двигателя, необходимо убедиться, что причиной ухудшения работы автомобиля не являются дефекты других узлов и систем, особенно системы электрооборудования.

ТО системы питания заключается в своевременной проверке герметичности и крепления топливопроводов, трубопроводов впуска горючей смеси и выпуска отработавших газов, действия тяг приводов дроссельных и воздушной заслонок карбюратора, в проверке работоспособности ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала. Также в очистке и промывке топливных и воздушных фильтров согласно установленной периодичности ТО, в разборке, промывке и регулировке карбюратора.

У автомобиля с двигателем, работающим на сжиженном или сжатом газе, необходимо перед выездом на линию проверить состояние и крепление газовых баллонов, редуктора, вентиляей, смесителя (карбюратора-смесителя), электромагнитного клапана и другого оборудования, герметичность соединений газовой системы на слух при открытых расходных и магистральных вентилях, легкость пуска и работу двигателя на холостом ходу и при различных частотах вращения

коленчатого вала, работу двигателя на бензине. Для газовой топливной системы, кроме того, производят выработку газа, проверяют работу редуцирующего и предохранительного клапанов, при необходимости регулируют давление газа.

К техническому состоянию системы питания дизеля предъявляются особые требования, гарантирующие безотказную и надежную работу топливной аппаратуры. Вызвано это тем, что плунжерные пары топливных насосов высокого давления и игла с корпусом распылителя форсунки (попарно) обработаны и притерты с высокой точностью и представляют собой прецизионные пары, в которых замена одной из деталей деталью из другой пары не допускается.

На систему питания дизелей приходится до 9% всех неисправностей автомобилей. Характерными неисправностями являются: нарушение герметичности и течь топлива, особенно топливопроводов высокого давления; загрязнение воздушных и особенно топливных фильтров; попадание масла в турбонагнетатель; износ и разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления; потеря герметичности форсунками и снижение давления начала подъема иглы; износ выходных отверстий форсунок, их закоксовывание и засорение. В качестве выбранного объекта исследований рассматривается топливная система и дизельный двигатель автомобиля, устанавливаемый на грузовых автомобилях КАМАЗ Российского производства.

Принципиальная схема топливной системы включает в себя: топливный бак, топливопроводы низкого давления, фильтр грубой очистки, топливоподкачивающий насос, фильтры тонкой очистки топлива и топливную систему высокого давления.

К основным элементам топливной системы высокого давления относятся:

- топливный насос высокого давления (ТНВД);
- топливопроводы высокого давления;
- форсунки.

Указанные элементы обеспечивают систему подачей топлива в цилиндры двигателя, что способствует при правильной регулировке подавать топливо в необходимые моменты по времени и продолжительности подачи топлива (количества подаваемого топлива).

Элементы ТНВД включают в себя:

- корпус;
- кулачковый вал;
- прецизионную пару;
- подпружиненный клапан.

Элементы форсунки включают в себя:

- корпус;
- иглу;
- пружину.

Данные устройства обеспечивают работу двигателя на необходимых режимах в процессе работы автомобиля.

С теоретической точки зрения топливная система представляет собой совокупность последовательно соединенных элементов, отказ одного из которых способен привести к неисправности или полному отказу всей системы.

Отказ одного или нескольких элементов приводит к нарушению работы всей системы с заданными характеристиками и параметрами. При этом автомобиль может сохранить способность к движению при нарушенных параметрах топливной экономичности, экологичности, мощности и др., что равносильно отказу всей системы.

Анализ статистических данных по отказам элементов автомобилей КАМАЗ, МАЗ при их эксплуатации в условиях России

В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам элементов автомобилей, кроме отказов по двигателю, рассматривались отказы по трансмиссии, ходовой части, тормозной системе, рулевому управлению и электрооборудованию.

Для анализа были взяты автомобили с пробегом до 400000 километров.

Среди всех вышедших из строя элементов отказы по двигателю, трансмиссии, ходовой части, тормозной системе, рулевому управлению и электрооборудованию распределились следующим образом: двигатель – 39 %, трансмиссия – 18 %, электрооборудование – 9 %, тормозная система – 16 %, рулевое управление – 3 %, гидравлическая система – 6 %, кузов – 1 %.

Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов по своим проявленным диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива. Вместе с тем более детальная обработка материалов и проведенные работы по диагностированию и выявлению причин неисправностей позволила сделать заключение, что 39 % отказов действительно относятся к отказам по двигателю, а 38,5 % из них – отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива.

Так, например, практика работы с автомобилями позволила выявить, что частый ремонт ТНВД приводит к выходу из строя трубопровода высокого давления около 7 %. Однако эти неисправности устраняются небольшими разборочно-сборочными работами и не требуют технических воздействий на топливную систему высокого давления.

Отказы по ходовой части в очень большой степени связаны с условиями эксплуатации и пробегом автомобилей. Анализ отказов и их распределение по элементам ходовой части позволили выявить, что около 50 % отказов приходится на неисправности, связанные с выходом из строя задних рессор и реактивных штанг; по 10 % – выход из строя балки передней оси, амортизаторов передней оси и 20 % – передних рессор.

Учитывая, что количество отказов возрастает с увеличением пробега автомобиля с начала эксплуатации, был проведен специальный анализ имеющихся статистических данных, который позволил установить зависимость нарастания отказов от года эксплуатации автомобиля и пробега.

Анализ отказов трансмиссии дал возможность получить их распределение. При этом в процессе эксплуатации автомобилей наиболее часто наблюдаются отказы межосевого карданного вала (36,4 %), синхронизаторов делителя, главной передачи среднего моста (по 18,2 %).

Далее на третьей позиции по количеству отказов (9,1 %) находятся привод спидометра, пневмогидроусилитель, подшипник выжимной. Обычно наибольшее их количество (2/3) вызвано работой в тяжелых условиях эксплуатации.

Тормозная система у большинства грузовых автомобилей пневматическая, тем не менее наибольшее количество отказов (до 23,5 %) приходится на тормозные накладки, 17,6 % – на компрессор двухцилиндровый. По 11,8 % выходов из строя приходится на тормозной барабан, разжимные кулаки и энергоаккумулятор. Кронштейн энергоаккумулятора, трубопроводы, главный тормозной кран и опорный диск суппорта дают по 7,1 % отказов.

Отказы и их распределение по элементам электрооборудования позволили выявить, что по 25 % отказов приходится на неисправности, связанные с выходом из строя генераторов, стартера, проводки рамной, электромотора отопления кабины.

Анализ отказов гидравлического привода подъема кузова показал, что в процессе эксплуатации автомобилей наиболее часто наблюдаются отказы насоса НШ-32 (80 %) и 20 % приходится на выход из строя цилиндра гидроподъемника.

С целью получения дополнительной информации об отказах систем управления работой двигателями и уточнения исходных статистических материалов вторая часть экспериментальных исследований проводилась в фирменных сервисных центрах технического обслуживания автомобилей КАМАЗ, МАЗ.

Эксплуатируемые в Пензе и Рязани грузовые автомобили проходят техническое обслуживание, диагностирование и ремонт на автотранспортных предприятиях.

Вместе с тем при выполнении исследований необходимо было провести изучение отказов элементов топливной системы и выявить основные причины их возникновения. В связи с изложенным, для выполнения работы потребовался сбор статистических данных по отказам и неисправностям элементов дизельных топливных систем автомобилей КАМАЗ и МАЗ при их эксплуатации в различных условиях.

Целью проведения экспериментальных исследований были выявлены наиболее слабые элементы дизельных топливных систем, определен их средний ресурс в эксплуатации и степени влияния на работоспособность всей системы, а также разработаны мероприятия по выявлению отказов при эксплуатации.

Дополнительно при выполнении исследований необходимо было провести сравнение статистических материалов при эксплуатации автомобилей в различных условиях.

В ходе эксперимента было важно учесть климатические условия, обеспеченность сервисных предприятий достаточным технологическим оборудованием и квалифицированным ремонтным персоналом. По этим причинам для экспериментальных исследований была поставлена задача по проведению эксплуатационных исследований на автотранспортных предприятиях Пензы и Рязани.

В начальный период при проведении экспериментальных исследований в качестве объекта принята дизельная топливная аппаратура грузовых автомобилей российского и белорусского производств КАМАЗ и МАЗ.

Наиболее важной особенностью дизельной аппаратуры является зависимость от качества топлива. В связи с этим при проведении экспериментальных исследований по сбору статических данных об отказах элементов дизельной аппаратуры необходимо было рассматривать конструкции, использующиеся в настоящее время на автомобилях. Конструктивно системы питания дизелей выполняются по одной из четырех схем, причем расположить их по степени совершенства можно следующим образом:

1. Системы разделенного типа с многоплунжерным ТНВД, Евро 0, I, II.

2. Системы разделенного типа с распределительным ТНВД, с применением топливной рампы высокого давления – "Common rail", Евро I, II, III.

3. Системы на основе насос-форсунок, Евро II, III.

4. Системы на основе форсунок с индивидуальными топливными насосами, Евро II, III.

Анализ парка дизелей в нашей стране показывает, что подавляющее их большинство оборудованы системами старого образца, более того, новые грузовые автомобили, выпускаемые в нашей стране, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II.

По этим причинам в процессе сбора статистических материалов потребовалось анализировать топливную систему в целом и учитывать конструкционные различия между ними. При этом объект исследований (топливная система) рассматривался как система, состоящая из самого ТНВД и его устройств, представляющих прецизионные пары и исполнительные устройства.

С целью получения наибольшего объема информации об исследуемых объектах дизельной топливной системы грузовых автомобилей методикой исследований предполагалось провести изучение всех обращений на АТП по грузовым автомобилям российского производства при отказах элементов дизельной топливной системы.

Методика исследований предполагала регистрацию моделей автомобилей, моделей (типов) двигателей, года выпуска автомобилей, пробега с начала эксплуатации, характеристик проявления отказов при эксплуатации, определение возможных причин появления отказов, а также дополнительных данных, позволяющих дать углубленную характеристику выявленному отказу элементов дизельной топливной системы.

Методика экспериментальных исследований должна была также выявить особенности в отказах элементов дизельной топливной системы при эксплуатации автомобилей в условиях России.

Для получения данных в сервисных предприятиях России (сведения по двум АТП) были разработаны специальные формы, в которые вносились все данные и характеристики по обслуживаемым автомобилям и их отказам.

При получении сведений по отказам на СТОА в Рязани использовалась компьютерная база данных по автомобилям, результаты технического осмотра автомобилей и научные отчеты государственных научных организаций по неисправностям автомобилей в процессе эксплуатации.

Методика должна была выявить отказы по всем элементам дизельной топливной системы, их датчикам и исполнительным устройствам для всех разновидностей применяемых топливных систем.

К рассмотрению принимались только автомобили АТП (без учета восстановления отказов в ремонтных мастерских), поэтому основная выборка автомобилей составлена из подвижного состава.

В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам дизельной топливной системы и их элементов на грузовых автомобилях КамАЗ было обследовано 50 автомобилей КамАЗ.

Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов по своим проявленным диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в ТНВД. Вместе с тем более детальная обработка материалов и проведенные работы по диагностированию и выявлению причин неисправностей позволили сделать заключение, что 20 % отказов действительно относятся к отказам ТНВД.

Анализ статистических материалов по выполненным в Пензе и Рязани исследованиям позволил установить, что большинство отказов и неисправностей по системе питания двух моделей грузовых автомобилей близки по характеру и сопоставимы между собой, количественные характеристики отказов.

Результаты статистических данных показывают (табл. 7.1), что количество отказов у двух различных моделей автомобилей практически одинаково.

Т а б л и ц а 7.1

Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7	6,7
1.2	пружина толкателя	3	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	3	2,3
1.4	нагнетательный клапан	7	6,7
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	16	16,4
2.2	трубки высокого давления	13	13,4
3	Форсунка		
3.1	пружина	11	11,2
3.2	игла	12	11,9
3.3	крепление форсунки	11	11,2
4	Прочее	17	17,9

Основные отказы включают в себя топливный насос высокого давления, трубопровод высокого давления, форсунки, прочее.

При эксплуатации автомобилей в условиях Пензы и Рязани наибольшее количество отказов (рис. 7.1) приходится на топливные насосы высокого давления. На второй позиции по количеству – трубопровод высокого давления.

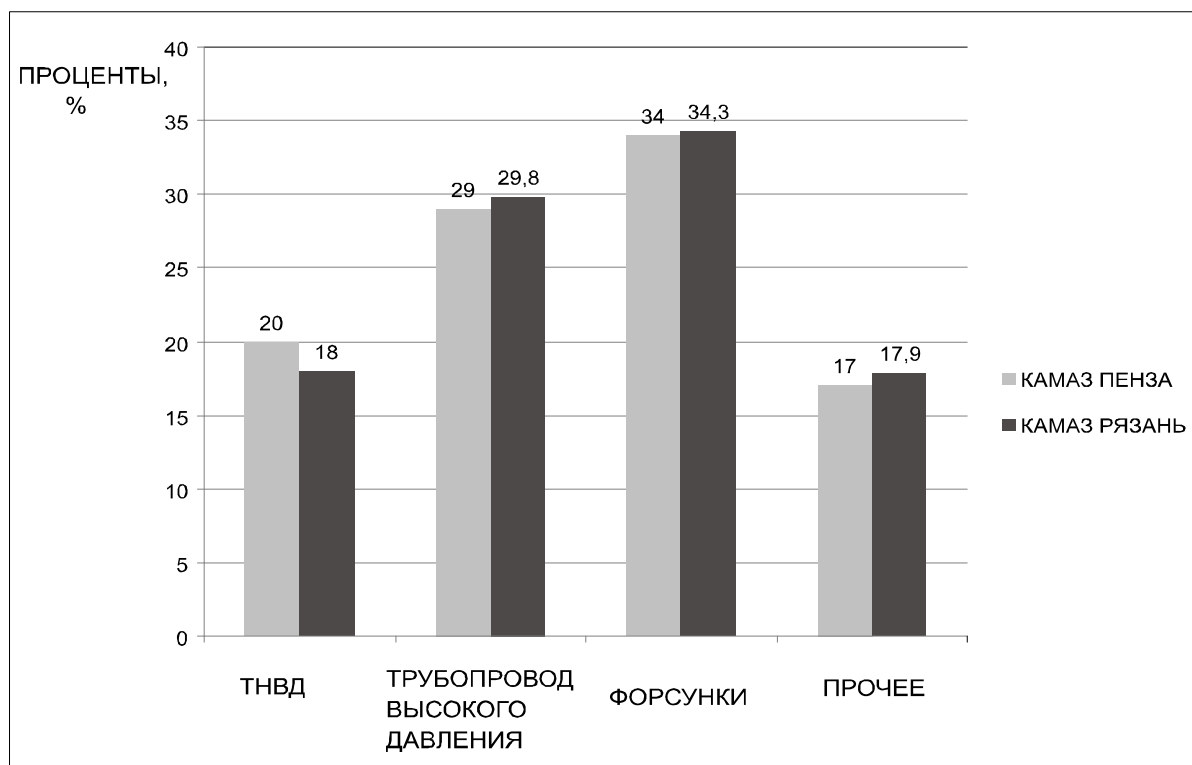


Рис. 7.1. Диаграмма основных неисправностей КАМАЗ

Анализ статистических данных по отказам элементов дизельной топливной системы при эксплуатации автомобилей МАЗ в условиях Пензы и Рязани.

Экспериментальные исследования по сбору, анализу и обработке данных об отказах и неисправностях системы питания дизельного двигателя, выполненные в Пензе и Рязани, позволили сделать ряд выводов, характеризующих особенность эксплуатации автомобилей в стране.

Данные в табл. 7.2 указывают на несущественные различия в появлении отказов в процессе эксплуатации автомобилей в условиях Пензы и Рязани.

Следовательно, фактическое количество отказов и неисправностей (рис. 7.2) в Пензы и Рязани примерно одинаковое.

Анализ условий хранения и пуска автомобилей в Пензе позволил установить следующие данные:

- 1) на открытых организованных стоянках – 85 %;
- 2) в закрытых неотапливаемых гаражах и боксах 15 %.

Анализ условий хранения и пуска автомобилей в Рязани позволил установить следующие данные:

- 1) на открытых организованных стоянках – 78 %;
- 2) в закрытых неотапливаемых зонах ТО и ТР 22 %.

В выполненных исследованиях получены пробеги, на которых происходили отказы элементов в процессе эксплуатации автомобилей КАМАЗ (табл. 7.2) и МАЗ (табл.7.3).

Т а б л и ц а 7.2

Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		МАЗ	МАЗ
1	Топливный насос высокого давления :		
1.1	плунжерная пара	7	6,7
1.2	пружина толкателя	3	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	3	2,3
1.4	нагнетательный клапан	7	6,7
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	16	16,4
2.2	трубки высокого давления	13	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11	11,2
3.2	игла	12	11,9
3.3	крепление форсунки	11	11,2
4	Прочее	17	17,9

Т а б л и ц а 7.3

Характеристика отказов КАМАЗ, полученных в Пензе и Рязани

№ п/п		Пробеги, на которых произошли отказы, тыс.км	
		г. Рязань	г. Пенза
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	2	3	4
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	83,153,203,354,123, 266,377139,268,388,	86,156,206,347,126,269, 380,142,272
1.2	пружина толкателя	81,150,205,260	83,152,207
1.3	пружина нагнетательного клапана	86,152,204,288	88,153,206

Окончание табл. 7.3

1	2	3	4
1.4	нагнетательный клапан	85,151,206,255,124,2 57,378,162,271,379	87,153,207,256,126,259, 163,273,383
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	205,377,388,309,271, 207,379,390,311,315, 201,369,389,301,316, 204,371,387,308,272, 202,373,381	207,379,389,319,275,212, 383,394,314,325,210,373, 393,304,318,208,374,389, 310,274,206,374
2.2	трубки высокого давления	205,377,388,309,209, 199,189,303,275,390, 209,187,381,315,380, 199,185,300,275	208,378,380,319,209,214, 194,308,281,395,214,192, 386,321,385,204,190,305,
3	Форсунки:		
3.1	пружина	83,153,203,301,125, 254,123,256,377,125, 270,79,81,150,205, 260	88,158,208,259,128,261, 382,130,275,84,85,155, 86,156,210
3.2	игла	81,157,205,301,125, 257,378,388,303	86,162,210,306,125,262, 383,131,276,85,88,158, 132,394,382,393
3.3	крепление форсунки	79,150,203,256,125, 258,378,380,383,385, 388,391,82,393,85,87	85,156,208,261,130,263, 383,386,388,390,393, 396,87,398,90
4	Прочее	83,153,203,254,123, 256,377,125,270,79, 85,87,205,377,388, 309,271,207,371,379, 311,315,272,316	88,158,208,259,128,261, 382,130,275,84,89,92,210, 382,392,314,277,211,376, 384,316,321,278

Таблица 7.4

Характеристика отказов МАЗ, полученных в Пензе и Рязани

№ п/п		Пробеги, на которых произошли отказы, тыс.км	
		г. Пенза	г. Рязань
		МАЗ	МАЗ
1	2	3	4
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	83,153,203,354,123,266,377 139,268,388,	86,156,206,347,126,269, 380,142,272
1.2	пружина толкателя	81,150,205,260	83,152,207

Окончание табл. 7.4

1	2	3	4
1.3	пружина нагнетательного клапана	86,152,204,288	88,153,206
1.4	нагнетательный клапан	85,151,206,255,124,257, 378,162,271,379	87,153,207,256,126,259, 163,273,383
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	205,377,388,309,271,207, 379,390,311,315,201,369, 389,301,316,204,371,387, 308,272,202,373,381	207,379,389,319,275,212, 383,394,314,325,210,373, 393,304,318,208,374,389, 310,274,206,374
2.2	трубки высокого давления	205,377,388,309,209,199, 189,303,275,390,209,187, 381,315,380,199,185,300,275	208,378,380,319,209,214, 194,308,281,395,214,192, 386,321,385,204,190,305
3	Форсунки:		
3.1	пружина	83,153,203,301,125,254,123, 256,377,125,270,79,81,150, 205,260	88,158,208,259,128,261, 382,130,275,84,85,155, 86,156,210
3.2	игла	81,157,205,301,125,257, 378,388,303	86,162,210,306,125,262, 383,131,276,85,88,158, 132,394,382,393
3.3	крепление форсунки	79,150,203,256,125,258, 378,380,383,385,388,391, 82,393,85,87	85,156,208,261,130,263, 383,386,388,390,393, 396,87,398,90
4	Прочее	83,153,203,254,123,256, 377,125,270,79,85,87,205, 377,388,309,271,207,371, 379,311,315,272,316	88,158,208,259,128,261, 382,130,275,84,89,92,210, 382,392,314,277,211,376, 384,316,321,278

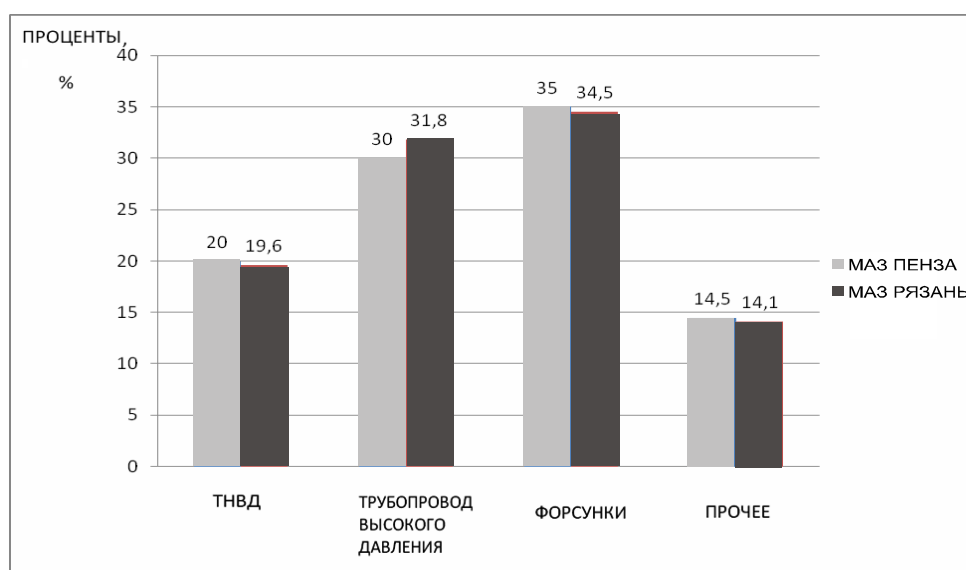


Рис. 7.2. Диаграмма основных неисправностей автомобиля МАЗ

Выявленные отказы по автомобилям позволили получить закономерности распределения отказов по пробегам. При этом для элементов, отказы по которым имели небольшое количество, обработка информации велась в условиях ее недостатка. В результате выполненных расчетов для элементов топливной системы получены следующие показатели их надежностных характеристик (табл. 7.7; 7.8; 7.9; 7.10)

Т а б л и ц а 7.5

Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7	6,7
1.2	пружина толкателя	3	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	3	2,3
1.4	нагнетательный клапан	7	6,7
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	16	16,4
2.2	трубки высокого давления	13	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11	11,2
3.2	игла	12	11,9
3.3	крепление	11	11,2
4.	Прочее	17	17,9

Т а б л и ц а 7.6

Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		МАЗ	МАЗ
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7	6,7
1.2	пружина толкателя	3	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	3	2,3
1.4	нагнетательный	7	6,7
2	Трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	16	16,4
2.2	трубки высокого давления	13	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11	11,2
3.2	игла	12	11,9
3.3	крепление форсунки	11	11,2
4.	Прочее	17	17,9

Т а б л и ц а 7.7

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ Пенза

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Среднеквадратичное отклонение σ , тыс.км	Коэффициент вариации v
1	Топливный насос высокого давления :			
1.1	плунжерная пара	209,7	93	0,44
1.2	пружина толкателя	210,3	55	0,26
1.3	пружина нагнетательного клапана	152	59,6	0,38
1.4	нагнетательный клапан	210,7	93,1	0,44
2	Трубопровод высокого давления:			
2.1	крепление трубопроводов	316,1	59	0,18
2.2	трубки высокого давления	282,2	111	0,39
3	Форсунки:			
3.1	пружина	179,3	85,3	0,47
3.2	игла	223,3	116	0,52
3.3	крепление форсунки	267,6	137	0,51
4	Прочее	244	97	0,39

Т а б л и ц а 7.8

Показатели надежности элементов топливной системы МАЗ Пенза

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Среднеквадратичное отклонение σ , тыс.км	Коэффициент вариации v
1	Топливный насос высокого давления:			
1.1	плунжерная пара	210,2	101	0,48
1.2	пружина толкателя	142	68,1	0,47
1.3	пружина нагнетательного клапана	144,6	58,7	0,4
1.4	нагнетательный клапан	201,8	96,3	0,47
2	Трубопровод высокого давления:			
2.1	крепление трубопроводов	307,9	61	0,19
2.2	трубки высокого давления	277,3	115	0,41
3	Форсунки:			
3.1	пружина	172,9	78,1	0,45
3.2	игла	203,8	106	0,52
3.3	крепление форсунки	270	88	0,32
4	Прочее	229,8	82	0,35

Таблица 7.9

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ Рязань

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Среднеквадратичное отклонение σ , тыс.км	Коэффициент вариации v
1	Топливный насос высокого давления:			
1.1	плунжерная пара	192,3	110	0,57
1.2	пружина толкателя	175	59	0,33
1.3	пружина нагнетательного клапана	182,2	90	0,49
1.4	нагнетательный клапан	175,1	98	0,56
2	Трубопровод высокого давления:			
2.1	крепление трубопроводов	314	56,7	0,18
2.2	трубки высокого давления	277	78,5	0,28
3	Форсунки:			
3.1	пружина	181,1	87,1	0,48
3.2	игла	223,5	109	0,49
3.3	крепление форсунки	251,4	133	0,53
4	Прочее	268,7	109	0,4

Средняя наработка на отказ:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}.$$

Таблица 7.10

Показатели надежности элементов топливной системы МАЗ Рязань

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Среднеквадратичное отклонение σ , тыс.км	Коэффициент вариации v
1	2	3	4	5
1	Топливный насос высокого давления:			
1.1	плунжерная пара	206,5	79	0,38

Окончание табл. 7.10

1	2	3	4	5
1.2	пружина толкателя	174	65	0,37
1.3	пружина нагнетательного клапана	182,2	57	0,31
1.4	нагнетательный клапан	181,2	103	0,5
2	Трубопровод высокого давления:			
2.1	крепление трубопроводов	206,8	70	0,22
2.2	трубки высокого давления	253	59	0,23
3	Форсунки:			
3.1	пружина	175,3	91	0,52
3.2	игла	207,5	95	0,45
3.3	крепление форсунки	283,6	117	0,41
4	Прочее	236,3	95	0,4

Как видно из приведенных выше данных о надежности работы элементов топливной системы, показатели закономерностей распределения отказов свидетельствует о том, что не все из них могут быть описаны нормальным законом распределения.

В результате проведенных исследований по сбору статистической информации об отказах элементов дизельной топливной системы грузовых автомобилей КАМАЗ и МАЗ, получены данные о средней наработке на отказ каждого из элементов; проведено сравнение результатов, собранных в Пензе и Рязани.

Установлена доля отказов каждого из элементов дизельной топливной системы, что в дальнейшем может быть использовано для нормирования потребности в запасных частях для обеспечения работоспособности системы.

Установлено, что существуют основные отказы топливного насоса высокого давления, трубопровода высокого давления, форсунок, прочее.

С использованием статистических данных определено снижение показателей работоспособности системы питания дизельного двигателя в зависимости от пробега.

Стоимость выполнения контрольно-диагностических работ с возрастанием пробега автомобиля, так же как и стоимость устранения отказа, возрастает.

Возможные неисправности топливной системы дизеля сведены в табл.7.11.

Таблица 7.11

Возможные неисправности при работе двигателя
и способы их устранения

Неисправности элементов топливной системы	Проявление неисправности
1	2
<ul style="list-style-type: none"> • В топливную систему попал воздух. • Фильтрующие элементы фильтра тонкой очистки топлива потеряли пропускную способность из-за большого загрязнения. • Закоксовались распылители форсунок. • Неправильно установлен угол начала подачи топлива. • Разрегулировался топливный насос. • Нет подачи топлива к фильтру тонкой очистки топлива 	Двигатель не запускается или работает с перебоями
<ul style="list-style-type: none"> • Разрегулировались форсунки. • Засорился воздухоочиститель. • Неправильно установлен угол начала подачи топлива. • Разрегулировался топливный насос. • Использование топлива, не соответствующего по качеству рекомендациям завода 	Двигатель дымит. Из выхлопной трубы идет черный дым
<ul style="list-style-type: none"> • Не обеспечивается полная подача топлива из-за разрегулировки длины тяги управления топливным насосом. • Потеряли пропускную способность фильтрующие элементы топливного фильтра. • Разрегулировались форсунки (давление впрыска, качество распыла топлива, закоксовались распылители). • Неправильно установлен угол начала подачи топлива. • Засорился воздухоочиститель. • Разрегулировался топливный насос (уменьшилась подача топлива) 	Двигатель не развивает мощность
<ul style="list-style-type: none"> • Слишком ранняя подача топлива (большой угол опережения впрыска) 	Двигатель работает «жестко», резкие стуки в верхней части блока цилиндров
<ul style="list-style-type: none"> • Разрегулировался топливный насос. • Ухудшился распыл топлива форсунками 	Двигатель перегревается

Эти неисправности приводят к изменению момента начала подачи топлива, неравномерности работы топливного насоса по углу поворота коленчатого вала и количеству подаваемого топлива, ухудшению качества распыливания топлива, что прежде всего вызывает повышение

дымности отработавших газов и приводит к незначительному повышению расхода топлива и снижению мощности двигателя на 3–5 %.

Как видно из признаков неисправностей дизельных двигателей (рис. 7.3), в большей степени встречаются неисправности, связанные с топливной системой в особенности высокого давления. Ремонт и обслуживание этих систем дороги из-за нехватки оборудования и квалифицированных специалистов [41].

Особое внимание при эксплуатации дизельных двигателей должно уделяться качеству топлива. Топливо должно отвечать требованиям технических условий, быть чистым и предварительно отстоянным. Должна быть обеспечена герметичность всей системы питания, исключая попадание воздуха в систему через неплотности соединений, что может быть одной из причин перебоев в работе двигателя.



Рис. 7.3. Признаки неисправностей дизельных двигателей

Одним из важнейших мероприятий по экономии топлива является постоянный контроль технического состояния топливной аппаратуры дизельного двигателя, своевременное выполнение технического обслуживания системы питания. При техническом обслуживании системы питания дизельного двигателя особое внимание уделяют чистоте приборов питания, герметичности соединений топливопроводов и приборов системы питания; проверяют состояние и действие приводов подачи топлива; сливают отстой из фильтров грубой и тонкой очистки топлива; заменяют масло в муфте опережения впрыска топлива и в топливном насосе высокого давления.

Слишком ранний впрыск значительно увеличивает период задержки воспламенения из-за низкой температуры заряда в цилиндре двигателя. Одновременно процесс сгорания смещается относительно ВМТ таким образом, что максимальное давление P_2 достигается до прихода поршня в ВМТ. Это сопровождается увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения, падением индикаторных показателей и, соответственно, увеличением расхода топлива и дымности отработавших газов.

Поздний впрыск, при котором процесс сгорания развивается на такте расширения, приводит к уменьшению полезной работы, увеличению потерь тепла в систему охлаждения, как следствие, к падению индикаторных показателей и увеличению дымности отработавших газов дизеля.

Давление начала подъема иглы распылителя форсунки оказывает существенное влияние на распыление топлива, которое улучшается с повышением силы затяжки пружины форсунки. В то же время увеличение силы затяжки пружины форсунки приводит к ухудшению распределения топлива в воздушном заряде, следовательно, и к снижению полноты сгорания. Снижение давления начала подъема иглы распылителя на 12 % против оптимального увеличивает удельный расход топлива на 2,5 %, а дымность отработавших газов – в 1,5 раза.

С увеличением цикловой подачи топлива продолжительность впрыска по времени увеличивается, и большая часть топлива сгорает на такте расширения, что повышает дымность ОГ и увеличивает расход топлива. Неравномерность подачи топлива по цилиндрам двигателя (8 н) также оказывает существенное влияние на показатели его работы. Особенно резкое влияние неравномерности подачи топлива начинается при увеличении ее свыше 10 %.

Причиной высокой интенсивности отказов распылителей форсунок из-за закоксовывания распылителей является их высокая тепловая напряженность, а также нарушение регулировок топливной аппаратуры.

Значительное влияние на состояние нагнетательных клапанов секций ТНВД оказывает регулировка топливной аппаратуры. Отказы топливопроводов высокого давления связаны в основном с повышенной амплитудой давления в них.

Таким образом, сохранение нормальных показателей работы транспортных дизелей в эксплуатации в значительной степени определяется своевременным и качественным техническим обслуживанием и ремонтом системы топливоподачи, которая требует регулировки чаще, чем остальные системы.

7.2. Способы выявления неисправностей топливных систем

Проблема повышения эффективности использования подвижного состава автомобильного транспорта может успешно решаться путем совершенствования управления техническим состоянием автомобилей, путем более полного использования его индивидуальных возможностей в процессе эксплуатации.

Сущность проблемы состоит в том, что из-за высокой вариации ресурсов агрегатов и механизмов автомобилей (например, для системы питания коэффициент вариации ресурса составляет 0,25...0,776) их индивидуальные свойства при плано-предупредительной системе реализуются далеко не полностью. В результате этого имеют место значительные потери трудовых и материальных ресурсов вследствие пропуска отказов, преждевременной профилактики и низкого уровня организации производства, из-за недостаточной индивидуальной информации о состоянии каждого автомобиля. Так, объем заявочного (текущего) ремонта автомобилей, заключающийся, как правило, в устранении отказов из-за несвоевременного обнаружения неисправностей, составляет более 50 % от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание автомобилей. Основным источником информации о техническом состоянии автомобилей является техническое диагностирование.

Наиболее эффективная стратегия по поддержанию автомобиля в исправном состоянии – техническое обслуживание и текущий ремонт по состоянию. Данная стратегия невозможна без эффективных средств диагностирования, так как именно она дает индивидуальную информацию об объекте (автомобиле в целом, его отдельных узлах, системах).

Техническое обслуживание и ремонт автомобиля в современных условиях невозможен без контрольно-диагностических работ, доля которых уже превысила 30 % от трудоемкости ТО и Р. В этой связи большое значение имеет проблема уменьшения трудовых затрат при

выполнении диагностирования. Решение этой проблемы осуществляется в двух направлениях:

- повышение эффективности внешнего стационарного диагностирования путем совершенствования его методов и средств, в сочетании с внедрением автоматизированных систем управления производством ТО и Р;
- повышением контролепригодности автомобилей и разработкой средств встроенного диагностирования, позволяющих осуществлять непрерывный контроль за техническим состоянием автомобиля при минимальных затратах.

Безусловно, развитие этих направлений должно осуществляться на единой технологической основе, обеспечивающей наибольшую эффективность их применения.

Следует отметить, что диагностирование, помимо снижения затрат на ТО и Р, существенно улучшает эффективные показатели автомобиля, такие, как мощность, расход топлива, токсичность ОГ.

Внедрение диагностирования имеет большой экономический эффект: наблюдается снижение затрат на ТР на 8,12%, сокращение расхода запасных частей на 9,12% и расхода топлива на 2,5%.

Таким образом, значительные резервы эффективности технической эксплуатации подвижного состава не могут быть реализованы без развития внешнего и встроенного диагностирования, которое является средством индивидуальной оперативной информации о техническом состоянии автомобилей и особенно актуально для автомобилей, работающих в отрыве от производственных баз.

Как было отмечено, значительное увеличение выпуска автомобилей с дизельными двигателями, особенно небольшой мощности, а также значительная зависимость эффективности их использования от технического состояния двигателя, обусловило большое количество разработок в области диагностирования дизелей.

Современные системы диагностирования дизелей в основном построены по функциональной схеме. В этом случае неисправность локализуется последовательным перебором как по системам двигателя, так и по цилиндрам, что увеличивает трудоемкость диагностирования.

Особое значение имеет диагностирование системы питания дизелей, в связи с большим количеством отказов и трудовых затрат на их устранение. Вместе с тем ее техническое состояние во многом определяет мощностные, экономические и экологические показатели.

Выпускаемые средства для диагностирования топливной аппаратуры можно разделить на переносные средства и приборы, осуществляющие проверку на автомобиле без снятия аппаратуры с двигателя и

стационарные стенды и приборы, на которых производится контроль и регулировка отдельных элементов топливной аппаратуры.

Анализ парка в нашей стране показывает, что подавляющее большинство автомобилей оборудовано системами старого образца, более того, новые грузовые автомобили, выпускаемые в нашей стране, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II. Такие системы питания выпускают два предприятия в России: Ярославский завод топливной аппаратуры и фирма КамАЗ. Дизели для легковых автомобилей выпускают только Барнаульский моторный завод и Заволжский моторный завод (ЗМЗ), которые применяют иностранные системы питания фирмы "Bosch". В основном это системы разделенного типа с многоплунжерным ТНВД. ЗМЗ только планирует выпуск дизелей с системами "Common rail".

Среди стационарных стендов по проверке и регулировке топливной аппаратуры наиболее распространены отечественные модели: КИ-22210, КИ-921 МТ, КИ-15711М-(01,03,05,06). Из импортных стендов сравнительно недорогими являются стенды серии Star венгерского производства и Motorpal NC-133 чешского производства. В техническом отношении лидируют стенды Bosch EPS 575 и Hartridge AVM2-PC, они имеют электронную систему измерения количества подаваемого топлива, отображение информации на дисплее персонального компьютера. Однако есть у этих стендов серьезный недостаток – их высокая цена.

Стенды для проверки дизельных форсунок позволяют: контролировать настройку давления начала подъема иглы форсунок; производить испытание работы распылителя, проверять герметичность форсунки и подтекание под седлом иглы распылителя. Из стендов отечественного производства можно отметить стенды М-106, КИ-15706. Из импортных наиболее доступным по цене является стенд итальянской фирмы Zeca. По конструкции он почти идентичен стенду Bosch, но гораздо дешевле. На заказ стенд Zeca комплектуется удобной камерой для сбора паров топлива с зеркальным отражателем, облегчающим наблюдение за формой факела распыления. Повышение требований к токсичности привело к появлению нового поколения стендов для проверки дизельных форсунок – с микропроцессором и цифровой индикацией давления. Недорогой вариант такого стенда производится чешской фирмой Motorpal, а наиболее совершенным является стенд Testmaster-2 английской фирмы Hartridge. Однако стоимость подобных приборов на порядок выше аналогов, что практически не окупается преимуществом в точности.

Процедура контроля на стационарных стендах трудоемка, требует больших затрат времени и подчас не оправдана, так как не всегда необходимо проведение регулировочных работ или замена отдельных элементов. И наоборот, часто требуется вмешаться в работу топливной аппаратуры дизелей с целью регулировки или замены элементов, однако сложность получения информации не позволяет это сделать.

Для оценки технического состояния и частичной регулировки топливной аппаратуры дизелей непосредственно на автомобиле наибольшее распространение получили дизельные стробоскопы и мотортестеры.

Стробоскопы обычно имеют накладной пьезодатчик и определяют напряжение в бортовой сети, частоту вращения коленчатого вала двигателя, момент начала впрыска. Наибольшее распространение получили дизельные стробоскопы итальянских фирм. Основным недостатком этих приборов – низкая чувствительность пьезодатчика, дающего частые сбои при измерении параметров. Более надежны пьезодатчики австрийской фирмы AVL, специализирующейся на производстве диагностического оборудования. Но стробоскоп этой фирмы существенно (в 4 раза) дороже итальянских.

Специализированные мотортестеры, пожалуй, самые мощные диагностические приборы. Фирмой AVL выпускается один из лучших по своим возможностям дизельный стационарный мотортестер AVL Disystem 845, выполненный на основе персонального компьютера. Помимо оборотов и момента начала впрыска, он позволяет определять относительную компрессию, одновременно наблюдать осциллограммы впрыска по всем цилиндрам, производить замеры мощности и крутящего момента. Использование этого мотортестера существенно сокращает трудозатраты при диагностике двигателя. Недостаток все тот же – очень высокая цена. Лидером среди отечественных мотортестеров для диагностирования дизеля, как по своим возможностям, так и по надежности, является мотортестер М2-2 белорусского производства (г. Минск). Этот прибор позволяет помимо частоты вращения и угла опережения впрыска контролировать еще 9 параметров двигателя, включая мощностные, а также наблюдать осциллограммы впрыска по цилиндрам на встроенном осциллокопе. Для измерения давления здесь используется устанавливаемый в разрыв топливопровода датчик, обладающий высокой точностью и надежностью. Он универсален и позволяет, в отличие от накладных импортных тензодатчиков, работать с любыми топливопроводами от 4,5 мм (Merceries) до 10 мм (тяжелая техника). Недостатком этого датчика являются большие габариты и необходимость разъединения топливопровода.

Диагностирование современных двигателей, многие из которых оснащены электронным управлением, требует, естественно, и приборов для проверки электрической и электронной части. Тестер-имитатор сигналов датчиков – незаменимый помощник в локализации неисправных датчиков и исполнительных механизмов. Большинство таких приборов формируют значения сопротивлений, постоянного напряжения, частоты и т.п. Выбор приборов данного типа невелик. Большая часть из них – эффективные многоканальные приборы с цифровой индикацией задаваемых параметров, позволяющие моделировать различные режимы работы двигателя. Сканер кодов неисправностей – неременный инструмент диагностирования двигателей с электронным управлением. Выбор здесь также невелик. Эффективное считывание кодов производит сканер для систем впрыска Bosch. Эти приборы с полным комплектом адаптеров и программного обеспечения, естественно, недешевы. Но другого, более простого способа обеспечить качественный информационный обмен с бортовым процессором машин в настоящее время нет.

Анализ разработок в сфере встроенных систем диагностирования показывает, что такие системы на автомобилях почти не применяются, лишь некоторые дорогие модели, оснащаются подобными системами. Главным сдерживающим фактором их применения является сложность и высокая цена. Следует отметить высокую стоимость систем встроенного диагностирования, их цена колеблется от 15000 до 40000 \$, что неприемлемо для использования этих систем на автомобилях, и тем более отечественных, в условиях старого парка автомобилей и небольших АТП.

Сложившееся положение в сфере диагностирования определило наиболее интересные методы диагностирования топливной аппаратуры. К ним относятся методы диагностирования по амплитудно-фазовым колебаниям давления на линии нагнетания и виброакустическим характеристикам.

Метод диагностирования по амплитудно-фазовым параметрам давления на линии нагнетания позволяет определить регулировочные характеристики и состояние отдельных элементов топливной аппаратуры.

Методы диагностирования других систем двигателя достаточно известны и подробно описаны в литературе, поэтому подробное описание этих методов представляется нецелесообразным. Отметим лишь, что методы, построенные по функциональной схеме, кроме виброакустического, наряду с преимуществами и недостатками, присущими каждому из них, имеют ряд общих недостатков: необходимость частичной разборки двигателя, большую трудоемкость диагностирования, неуниверсальность.

К примеру, при диагностировании топливной аппаратуры по амплитудно-фазовым характеристикам на линии нагнетания для шестицилиндрового двигателя трудоемкость диагностирования составляет 0,74 чел.-ч.

Неуниверсальность методов заключается в том, что большинство из них определяет ограниченное число диагностических параметров в рамках одной или нескольких функциональных систем. Это вынуждает применять набор нескольких методов и средств диагностирования.

Поэтому большой интерес представляют универсальные методы диагностирования, использующие единые принципы, единый приборный комплекс для оценки технического состояния различных функциональных систем.

7.2.1. Сигнализатор уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии

Для оперативного ежедневного контроля за состоянием подвижного состава автотранспортного предприятия (АТП) разработан сигнализатор уровня энергосбережения (УЭАТП), представляющий собой компьютерную программу, основанную на фиксации и анализе показателей использования автомобиля при оформлении путевых листов.

Программа включает блоки формирования баз данных по путевым листам (рис.7.4), наличному подвижному составу АТП, справочным сведениям об автомобилях и водительскому составу АТП.

Подготовленные данные обрабатываются с помощью расчётно-анализирующего блока, алгоритм которого использует известные методики определения фактического и нормативного расходов топлива. С помощью блока индикации результаты расчета и анализа выводятся на монитор компьютера руководящих работников автотранспортного предприятия. Данная информация является основанием для своевременного принятия решений по коррекции процесса производственной и технической эксплуатации автомобилей соответствующими службами АТП.

Программа устанавливается на компьютере диспетчера АТП. Базы данных с характеристиками различных марок автомобилей и прицепов прилагаются к сигнализатору УЭАТП.

При необходимости можно производить изменения в существующей базе с помощью электронного справочника (рис. 7.5), который также позволяет получать информацию по эксплуатационным характеристикам автомобилей, используя все достоинства системы управления базами данных Paradox - поиск, сортировку, выделение информации.

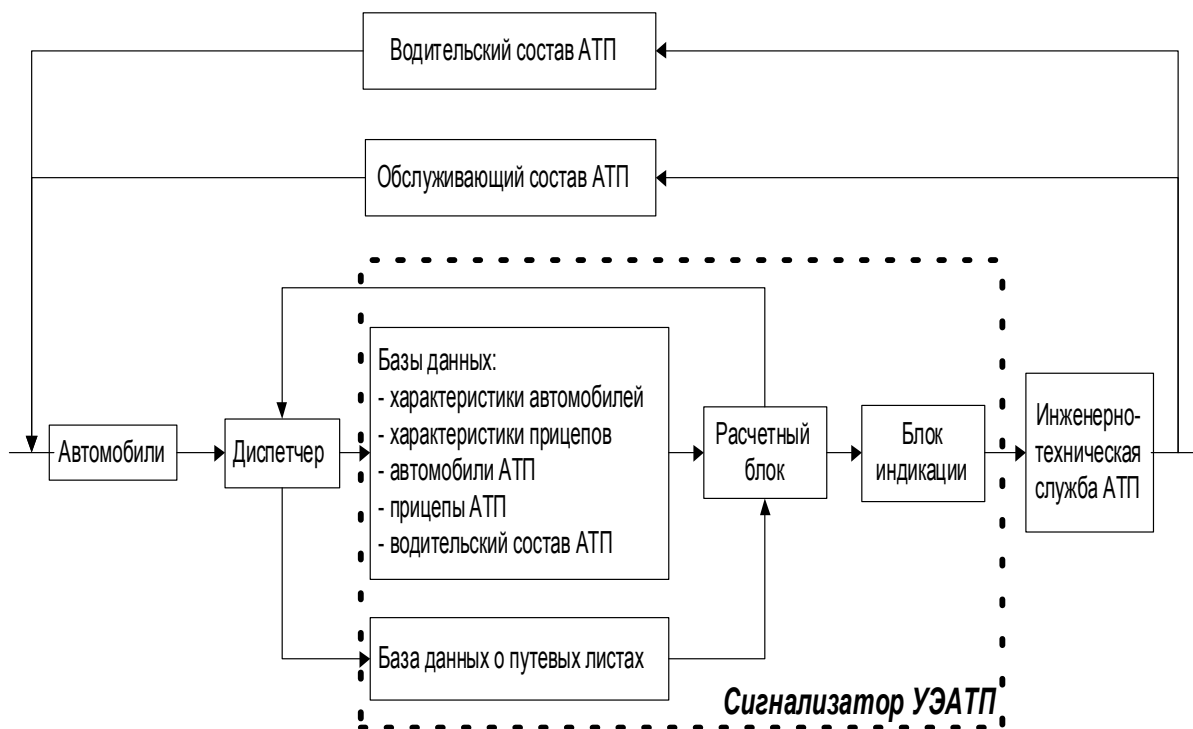


Рис. 7.4 Структурно-логическая схема сигнализатора уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии

Справочник по характеристикам автомобилей

Ключ для сортировки Поиск по ключу Тип автомобиля

Тип автомобиля Автобус Создать список Показать всё!

Индекс	Марка	Базовая модель	Тип автомобиля	Топливо	Грузоподъемн.
115	АКА-6225 "Россиянин"	АКА-6225 "Россиянин"	Автобус	Дизельное	
116	АКА-6226 "Россиянин"	АКА-6226 "Россиянин"	Автобус	Дизельное	
117	ГАЗ-221400 "Газель"	ГАЗ-221400 "Газель"	Автобус	А-76	
118	ГАЗ-221400	ГАЗ-221400	Автобус	А-76	
119	ГАЗ-32213 "Газель"	ГАЗ-32213 "Газель"	Автобус	А-76	
120	ЗИЛ-155	ЗИЛ-155	Автобус	А-76	
121	ЗИЛ-158	ЗИЛ-158	Автобус	А-76	
122	Ikarus-55	Ikarus-55	Автобус	Дизельное	
123	Ikarus-556	Ikarus-556	Автобус	Дизельное	
124	Ikarus-180	Ikarus-180	Автобус	Дизельное	
125	Ikarus-250	Ikarus-250	Автобус	Дизельное	
126	Ikarus-250.58	Ikarus-250.58	Автобус	Дизельное	
127	Ikarus-250.59	Ikarus-250.59	Автобус	Дизельное	
128	Ikarus-250.93	Ikarus-250.93	Автобус	Дизельное	
129	Ikarus-250.95	Ikarus-250.95	Автобус	Дизельное	
130	Ikarus-255	Ikarus-255	Автобус	Дизельное	
131	Ikarus-256	Ikarus-256	Автобус	Дизельное	
132	Ikarus-260	Ikarus-260	Автобус	Дизельное	

Ввод строки поиска по заданному ключу

Рис. 7.5. Справочник по характеристикам автомобилей

Предварительная подготовка сигнализатора УЭАТП заключается в создании базы данных по автомобилям и прицепам автотранспортного предприятия (государственному и заводскому номерам, датам выпуска и ввода в эксплуатацию и т.п.), а также по кадровому составу водителей (стажу работы, квалификации). Для выполнения указанных действий в программе предусмотрены редакторы соответствующих баз данных.

Непосредственные операции с программой выполняет диспетчер АТП при оформлении путевых листов, одновременно создавая базу данных об использовании подвижного состава. Учет работы автотранспортных средств производится с помощью редактора путевых листов (рис. 7.6), который использует ранее созданные базы о подвижном составе и водителях. В программе реализована форма путевого листа грузового автомобиля (форма № 4С).

Общие сведения

Госномер автомобиля: 34-87 ПЕА | Марка: КамАЗ-43105
 Водитель: Петров ВС | Дата: 11.03.00
 Госномер прицепа 1: | Режим работы: 8
 Госномер прицепа 2: | Колонна: 1
 Госномер прицепа 3: | Бригада: 2
 Сопровождающее лицо: Сидоров ФФ

Расход топлива, л

норма: 223,91
 фактический: 246
 31

Расчет

Результаты работы автомобиля и прицепов

Общий пробег КМ: 345 | 345
 Пробег с грузом КМ: 172 | 172
 Перевезено Т: 34 | 0
 Выполнено Т*КМ: 5848 | 0

Работа водителя и автомобиля

	чис.	мес.	час.	мин	нчл. пробег	показания спидометра	время фактическое
Выезд	8	3	8	0	0	23444	
Возвр.	8	3	17	55	0	23789	

Движение горючего литр

Марка топлива	Код марки	Выдано	Остаток выезд	Остаток возвр.	Сдано	Козф. изм. нормы	Время работы оборуд. двигат.
Дизельн		200	56	10	0	1	0

Рис. 7.6. Редактор путевых листов

Редактор путевого листа позволяет вводить и сохранять в базе данных общие сведения об автотранспортном агрегате (автомобиле и прицепах), о работе водителя и автомобиля (дате, показаниях спидометра на момент выезда и возврата), движении горючего (сколько выдано, остатки на момент выезда и возврата).

После возвращения путевого листа оператор регистрирует результаты выполненной работы (количество перевезенных грузов, пробег с грузом и общий) и производит расчет фактически израсходованного топлива и его нормы расхода, используя кнопку "Расчет" (см. рис. 7.6).

Законченная запись по путевому листу является объектом дальнейшего анализа эффективности эксплуатации подвижного состава АТП, выполняемого блоком индикации программы (рис.7.7).

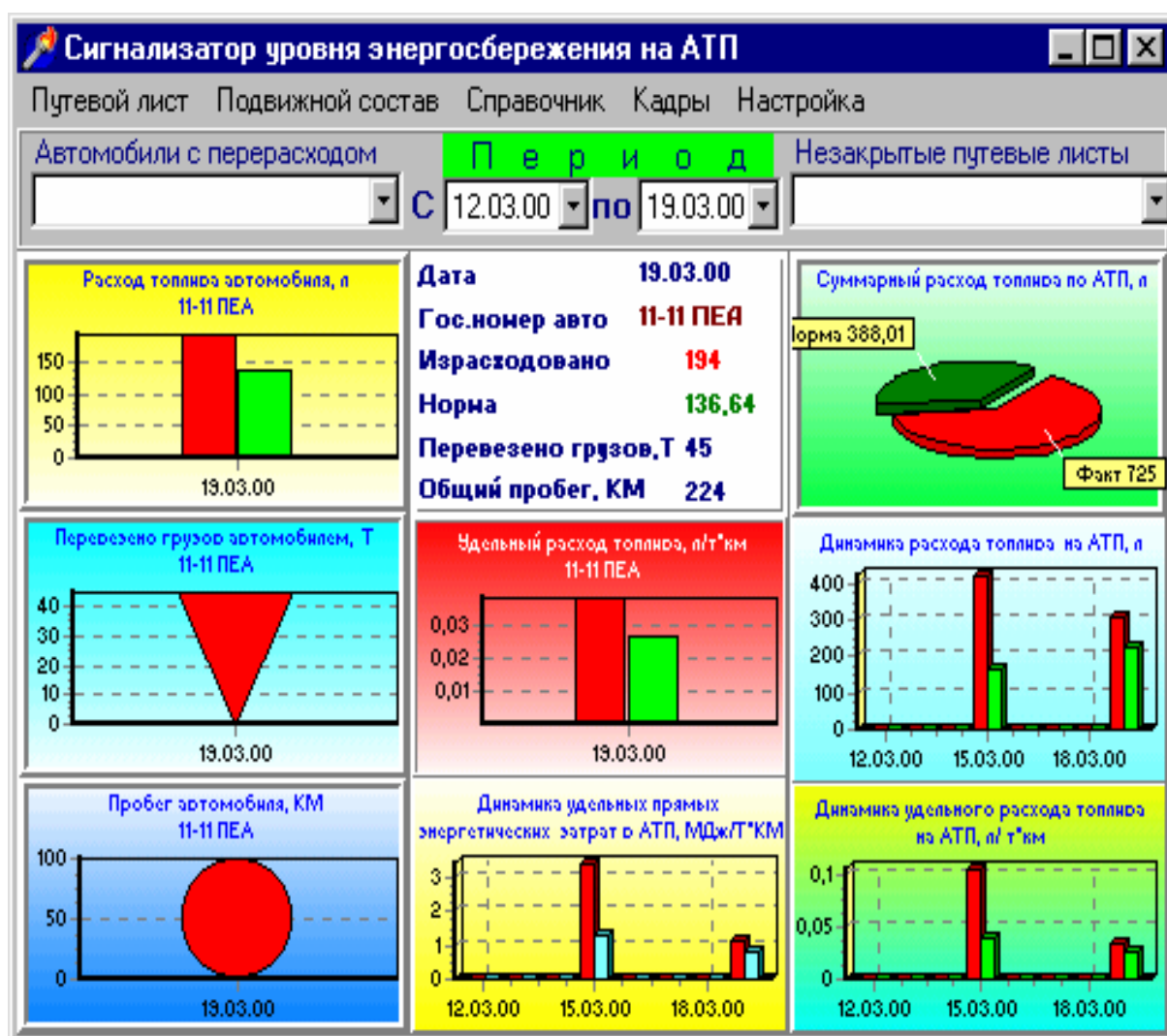


Рис. 7.7. Сигнализатор УЭАТП

Для анализа предварительно задаются интересующие параметры: отклонение суммарного фактического расхода топлива от нормативного по видам топлива; удельный расход на единицу выполненной работы (фактический и нормативный); фактические расходы топлива автомобилей, имеющих отклонение от нормативных расходов выше (ниже) заданного уровня, удельные, прямые затраты энергии на единицу выполненной работы и некоторые другие. Указанные параметры можно предоставлять с помощью сигнализатора за период в целом и в динамике: по дням, декадам, месяцам (рис. 7.7). Для оценки изменения параметров за интересующий период следует задаться датой его начала и окончания и нажать на надпись «Период».

При оценке уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии следует оценить динамику расхода топлива, удельного расхода топлива автомобилями. После чего нужно выявить источники перерасхода топлива, т.е. конкретные автомобили.

После чего оценивают причину повышенного расхода топлива автомобилями, обращая внимание на характер проявления параметров (табл. 7.12). Если при анализе выявлено, что причина перерасхода энергоресурсов – техническое состояние, то необходимо направить автомобиль на углубленное диагностирование. Если причина перерасхода другая, то целесообразно продолжить анализ и оценить профессиональное качества водителя, загрузку автомобиля транспортными работами, особенности условий их выполнения и т.п.

Т а б л и ц а 7 . 1 2

Матрица взаимосвязи параметров эффективности эксплуатации автомобиля и возможных причин

Регистрируемые параметры	Характер проявления	Наиболее вероятная причина	
		Техническое состояние автомобиля	Другие причины
1. Перерасход топлива автомобилем	Случайный		+
	Увеличивающийся	+	
	Систематический	+	+
2. Перерасход на единицу работы	Случайный		+
	Увеличивающийся	+	
	Систематический	+	
3. Низкий коэффициент использования пробега	Случайный		+
	Уменьшающийся		+
	Систематический	+	
4. Низкий коэффициент использования грузоподъемности	Случайный		+
	Уменьшающийся	+	
	Систематический	+	

Информация о расходовании энергетических ресурсов автомобильным транспортом АТП оперативно и объективно представляемая работникам инженерно-технической службы позволит своевременно принять меры по устранению причин их перерасхода. Это не только снизит затраты топлива и смазочных материалов на выполнение грузоперевозок, но и повысит производительность автотранспортных средств.

7.2.2. Совершенствование процесса диагностирования топливной системы дизельного двигателя

Компьютеризация во всех сферах производства и обслуживания является одним из важнейших элементов улучшения условий труда, снижения трудозатрат и повышения производительности.

Развитие компьютерного диагностического оборудования позволяет существенно интенсифицировать процесс поиска неисправностей и облегчить постановку диагноза. Все основные нормативные значения параметров технического состояния автомобиля и его агрегатов, а также алгоритм контроля заложены в памяти и доступны пользователю в любой момент применения диагностического комплекса.

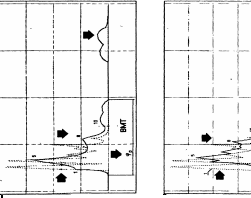
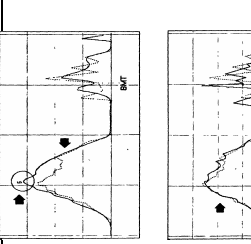
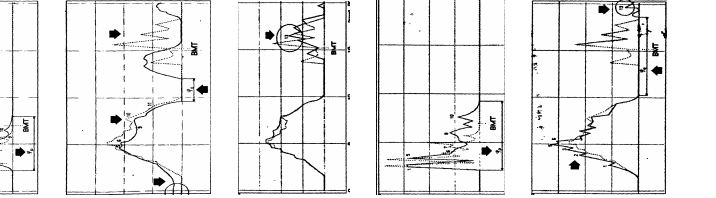
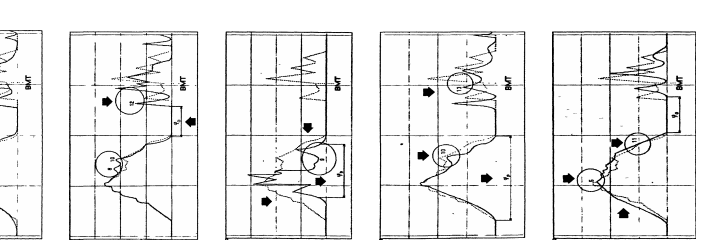
Наиболее значительные успехи, связанные с применением компьютерных технологий в автомобильном транспорте, наблюдаются в области диагностирования автомобилей. В нашей стране одними из перспективных моделей являются комплексы автодиагностирования двигателей КАД-300, КАД-400. К основным преимуществам комплексов автодиагностирования можно отнести сравнительно быстрое диагностирование как карбюраторных, дизельных, так и двигателей с впрыском топлива.

Наряду с этими положительными факторами в существующих комплексах, не полностью решен вопрос по выявлению неисправностей на основе анализа осциллограмм повторяющихся процессов, например таких, как изменение давления топлива. Выявить неисправность по виду осциллограммы может только высококвалифицированный, опытный диагност, постоянно использующий диагностический комплекс или возникает необходимость в использовании инструкции по эксплуатации диагностического комплекса [1, 2]. Все это приводит к значительным затратам времени. Поэтому нами предлагается два пути решения проблемы:

Нанести неисправности на лист (табл. 7.13), которые разработчиками КАД проанализированы, как влияние различных неисправностей на характер пульсаций давления и закрепить перед дисплеем для сравнения с осциллограммами неисправного состояния дизельного двигателя.

Таблица 7.13

Неисправности элементов дизельного двигателя

<p>Режим батареи $I=0A$; $U 12,5B(25)$; Включить габаритные огни $I=3-5A$; $12,5B(25) U 12B(24)$, Если $U < 12B(24)$, то батарея разряжена или неисправна. Выключить подачу топлива, включить стартер на 10-15 с. Если $U < 9B(18)$, $I > 2,5$ емкости батареи, то батарея разряжена или неисправна, плохой контакт выводов аккумуляторной батареи. Режим «Опережение»</p>	<p>Износ нагнетательного клапана Износ плунжерной пары Суммарный износ плунжерной пары и нагнетательного клапана Поломка пружины толкателя Поломка пружины нагнетательного клапана Засорение, закоксование сопловых отверстий распылителя форсунки</p>		<p>Нарушение подвижности распылителя Обрыв носика распылителя Негерметичность распылителя по запорному конусу Увеличение давления начала впрыска топлива Увеличение пропускной способности распылителя форсунки Уменьшение плотности распылителя форсунки</p>	
<p>Проверить минимальную частоту вращения в режиме «Опережение» и отрегулировать. Регулировать угол опережения впрыска при минимальной частоте. Режим батареи Установить датчик тока на провод «+» генератора, $n=0,5n(N_{ном})$, $I=0,5I_{ном}$. Если $U > 14,5(29)B$, то плохой контакт «+» генератора до регулятора напряжения; корпус регулятора с кузовом автомобиля; неисправен регулятор; регулятор отрегулирован на высокое напряжение. Если $U < 13,5(27)B$, то ослаблен приводной ремень генератора; плохой контакт в соединениях; неисправен регулятор; регулятор отрегулирован на низкое напряжение; неисправен генератор. Осциллограммы тока батареи аналогичны бензиновым. Присоединить зажимы "М" и "Б" к элементам зарядной цепи и измерять их потенциал относительно "массы". Падение напряжения должно быть не более: "+" генератора, "+" ("В") регулятора 0,3 В; корпус регулятора – кузов автомобиля 0,1 В; "+" генератора – "+" батареи 0,8 В; "Ш" генератора – "Ш" регулятора 0,1 В; корпус ("М") генератора – "-" батареи 0,1 В. Если $U > \dots$, то проверяют неисправную цепь.</p>	<p>Режим «Опережение» При $n=n(N_{ном})$ измерить угол опережения впрыска и сравнить с углом опережения впрыска и сравнить при $n_{мин}$. Проверить максимальную частоту вращения.</p>		<p>Нарушение подвижности распылителя Обрыв носика распылителя Негерметичность распылителя по запорному конусу Увеличение давления начала впрыска топлива Увеличение пропускной способности распылителя форсунки Уменьшение плотности распылителя форсунки</p>	

Внести изменения в программу, т.е. на дисплее прибора должны высвечиваться две кривые – базовая (например, зеленым цветом) и рабочая (например, синим цветом), при совпадении кривых диагностируемый элемент двигателя считается исправным, в противном случае – неисправным. Такой способ эффективен и информативен, но сложность изменения программы и отдаленность завода-изготовителя не позволяют в короткое время внести изменения.

Известно, что ядром компьютерных мотор-тестеров являются исполнительные программы КАД-300.exe., КАД-400.exe. Добавив функцию вызова осциллограмм давления топлива с возможными неисправностями во время диагностирования двигателя, можно обеспечить визуальное сравнение реальной и базовой осциллограмм. Это позволит упростить процесс выявления отказов.

При запуске программа начинает работу с проверки наличия контакта с датчиком давления. Если контакт не установлен, то на экран прибора выводится надпись «Ошибка! Датчик недоступен». В этом случае программа прекращает свою работу.

Если контакт с датчиком установлен, то в программу вводятся начальные данные. Затем программа по показаниям датчика строит график и при наличии неисправностей выводит их на экран в текстовом режиме. Программа считывает значения с накладного датчика давления топлива, установленного на топливопровод высокого давления.

Существующие комплексы автодиагностики, к которым относятся и комплексы КАД-300, КАД-400 позволяют оценивать техническое состояние не только бензиновых двигателей, но и дизельных. Для этого они снабжаются накладными пьезодатчиками давления для диагностирования дизельных двигателей с диаметром топливопровода 6, 7 мм САР 6600, САР 6700 (САРЕЛЕС, Франция). Сигнал с датчиков обрабатывается исполнительной программой КАД-300.exe, КАД-400.exe и предоставляется диагносту в качестве осциллограмм давления в контуре высокого давления топливной системы дизеля, что является весьма информативным показателем технического состояния элементов системы питания.

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, затем, на основании этих данных, строятся графики давления топлива. По давлению топлива в контрольных точках определяется наличие неисправности и её вид.

Изменение давления анализируется следующим образом (рис. 7.8).

В точке 1 начинается повышение давления в результате движения плунжера насоса, в точке 2 срабатывает нагнетательный клапан, и при

малой скорости движения плунжера рост давления на некоторое время замедляется. В точке 3 поднимается игла форсунки. При этом давление падает, поскольку высвободившийся объем не успевает заполниться топливом, а затем снова повышается до определённой величины.

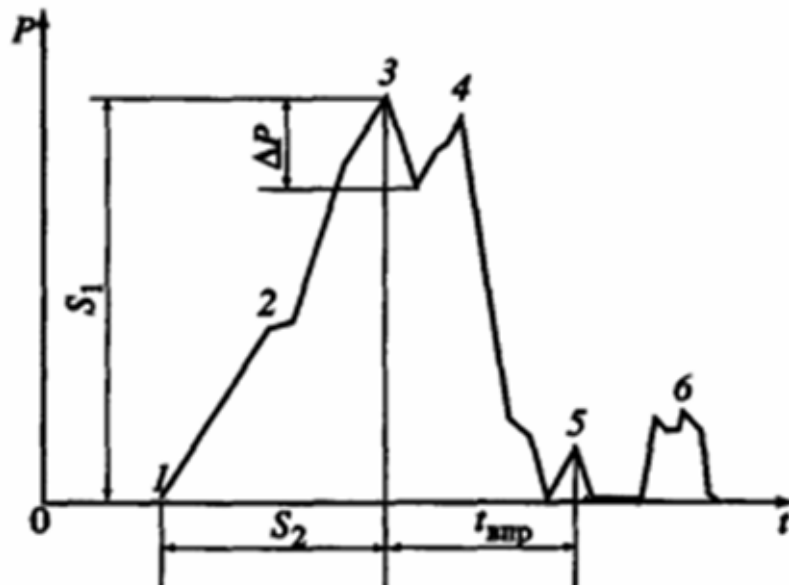


Рис. 7.8. Характерные точки на графике давления топлива

Точка 4 на большой частоте вращения коленчатого вала двигателя может характеризовать максимальное давление процесса впрыска. Однако для нормального процесса в режиме холостого хода это давление обычно фиксируется по характерному пику точки 3. В точке 5 происходит "посадка" иглы форсунки и впрыскивание заканчивается, после чего происходит "посадка" в седло нагнетательного клапана плунжера. Импульсы остаточного давления (6) появляются в результате недостаточной герметичности нагнетательного клапана. Величина сигнала S_1 определяет затяжку пружины форсунки и статическое давление начала впрыска. Перепад давления ΔP характеризует подвижность иглы форсунки. Путем интегрирования на периоде впрыска $t_{\text{впр}}$ можно оценить цикловую подачу топлива. Время задержки впрыска S_2 характеризует зазор в плунжерной паре, вызывающий утечку топлива между гильзой и плунжером.

Отсюда следует, что влияние различных неисправностей топливной системы дизеля на вид осциллограмм пульсации высокого давления весьма разнообразно и начинающему мастеру-диагносту сложно по виду осциллограммы определить причину отказа.

Необходима предварительная подготовка, которая должна проходить в условиях, приближенных к производственным, т.е. на экране

компьютера должно воспроизводиться возможное изменение давления в топливной системе, соответствующее заданной неисправности, а диагност должен правильно его идентифицировать.

С этой целью в комплексах KAD-300, KAD-400 предлагается ввести модуль воспроизводящий осциллограммы давления при различных неисправностях элементов системы питания, на основе чего создается база данных с осциллограммами давления при различных неисправностях топливной системы.

Так как описать осциллограммы аналитическими зависимостями не предоставляется возможным, то при создании базы осциллограмм использован метод оцифровки уже существующих осциллограмм, которая производилась с помощью программы Graph2Digit2. Оцифровка выполнялась по цвету линии графика (цвет линии – синий), который был предварительно подготовлен (рис. 7.9). Далее были заданы пределы и шаги оцифровки по координатным осям. Поскольку весь процесс изменения давления при впрыске топлива проходил за 20 мс, предел по абсциссе был принят равным 200. Шаг в нашем случае равен 1, что в переводе в мс составило 0,1 мс. Такие параметры позволили наиболее точно оцифровать исходный график и получить базу данных по данной зависимости, которая была трансформирована в файл системы управления базами данных Paradox.

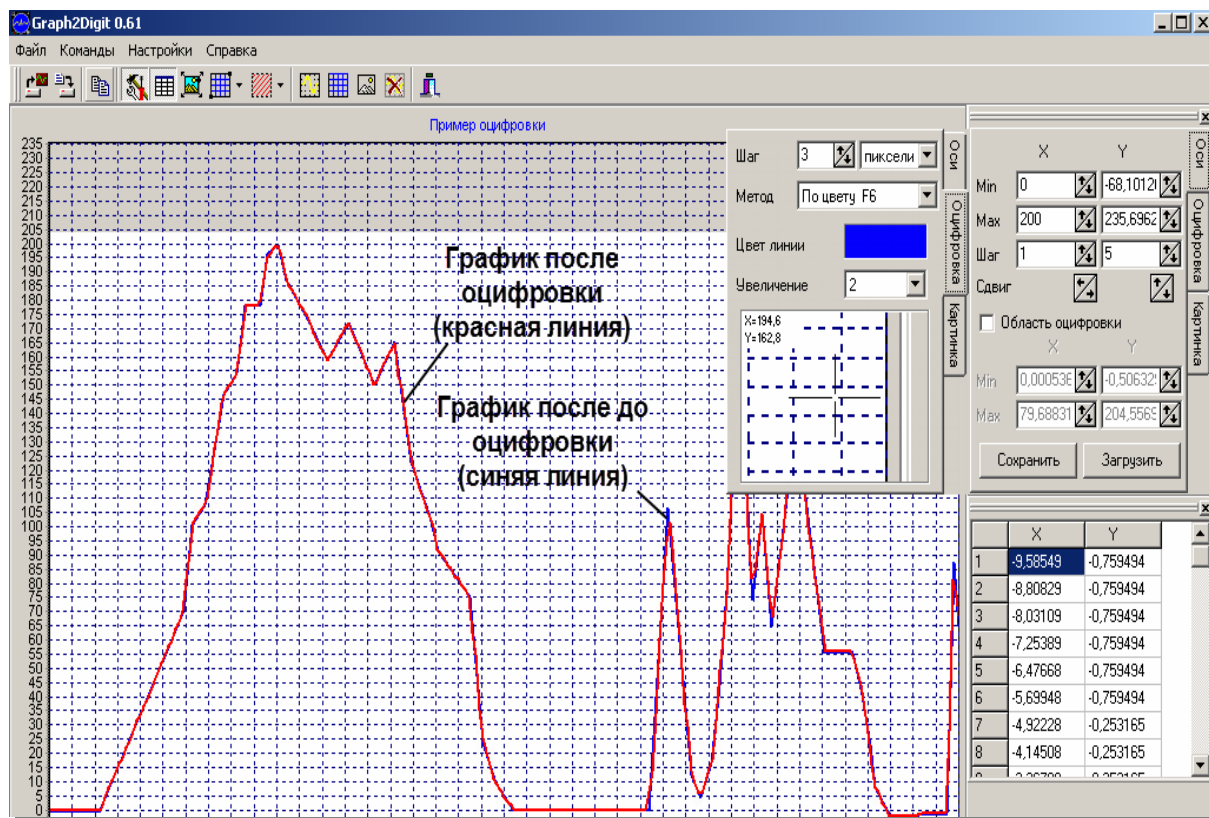


Рис. 7.9. Оцифровка графика давления топлива

В комплексах KAD-300, KAD-400 для выхода в режим диагностирования системы питания мастеру-диагносту предлагается выбрать диагностируемый автомобиль, подсоединить датчик к контрольным точкам дизельного двигателя и перейти на режим «Опережение». Запустить двигатель и нажать кнопку F4 «Осциллограмма».

На экране появится осциллограмма синего цвета 1 (рис. 7.10), характеризующая пульсацию давления в топливной системе диагностируемого двигателя, и осциллограмма зеленого цвета 2, характеризующая изменение давления топлива при отсутствии неисправностей (контрольная осциллограмма). Сопоставляя эти осциллограммы, диагност может определить наличие неисправности. Для выявления конкретной причины несовпадения осциллограмм вверху окна «Осциллограмма давления» предусмотрен свернутый список возможных неисправностей. После выбора какой-либо неисправности на экране появляется соответствующая ей осциллограмма давления топлива красного цвета 3.



Рис. 7.10. Окно с осциллограммами комплекса KAD-400

Перебирая имеющиеся в базе данных неисправности, начинающий диагност может найти визуально совпадающие осциллограммы синего цвета 1 (осциллограмма диагностируемого двигателя) и красного цвета 3 (осциллограмма из базы данных соответствующая известной неисправности), т.е. определить неисправность топливной системы дизеля.

Базы данных с осциллограммами различных неисправностей подготовлены по материалам разработчиков комплекса автодиагностики для двигателей КамАЗ для режимов работы двигателей на минимально устойчивых и повышенных оборотах (2000 мин⁻¹).

Данные базы могут быть использованы не только в виртуальном комплексе, но и в реальных комплексах КАД-300, КАД-400, а также встроенных системах диагностирования. В этом случае помощь в поиске осциллограмм будет иметь наибольший эффект, однако потребует от разработчиков комплекса некоторых изменений в исполнительных программах КАД-300.exe, КАД-400.exe.

7.3. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя

Техническое диагностирование узлов, агрегатов и систем автомобилей направлено на определение технического состояния, поиск и локализацию места отказа или неисправности, прогнозирование остаточного ресурса или вероятности безотказной работы.

Основные навыки работы с технологическим оборудованием студенты получают во время выполнения лабораторных работ. Однако при этом возникают сложности, определяемые особенностями оборудования для диагностирования автомобилей.

Применяемое оборудование весьма дорогостоящее (100 и более тысяч рублей), количество рабочих мест ограничено. Это приводит к тому, что выполнить конкретные действия, согласно технологии проведения диагностирования автомобиля на оборудовании, удастся далеко не всем студентам. В основном они получают знания, пассивно наблюдая за использованием оборудования учебным мастером или преподавателем. Применение постового метода проведения занятий ограничивается недостаточным количеством учебных мастеров, особенно при небольшой численности студентов на потоке.

В создавшейся ситуации наиболее эффективным решением является моделирование процессов технического обслуживания и диагностирования на ЭВМ. Это позволит каждому студенту выполнить весь алгоритм лабораторной работы, индивидуально работая с компьютерной моделью того или иного оборудования.

В качестве объекта для разработки компьютерной модели были приняты известные комплексы автодиагностики КАД-300, КАД-400, являющиеся достаточно сложным диагностическим средством, позволяющим замерять большое количество параметров, использование

которых на лабораторных занятиях не обеспечивает активного получения навыков всеми студентами ввиду вышеизложенных причин.

Созданная виртуальная модель воспроизводит все необходимые действия, выполняемые диагностом при оценке технического состояния дизельного двигателя.

Использование дорогостоящего оборудования в учебном процессе сопряжено со значительными эксплуатационными расходами. Поэтому для целей обучения приемам работы с подобными средствами целесообразно использовать виртуальные тренажеры, имитирующие технологический процесс диагностирования.

Моделирование технического состояния осуществляется путем задания параметрам, характеризующим работоспособность элементов двигателя, определенных значений с помощью специального редактора.

Из главного меню программы (рис.7.11) выбирается автомобиль, который предстоит диагностировать, с заранее смоделированным техническим состоянием двигателя, при этом используется пункт меню «Ввод данных о двигателе». Затем необходимо подсоединить датчики к контрольным точкам дизельного двигателя (рис. 7.12). В виртуальных комплексах vKAD-300, vKAD-400 для выхода в режим диагностирования системы питания дизельного двигателя предлагается перейти на режим «Опережение» (рис. 7.13). Все действия выполняются с помощью манипулятора «мышь» и сопровождаются звуковыми сигналами и текстовыми сообщениями о положительном или отрицательном результате выполненного действия.

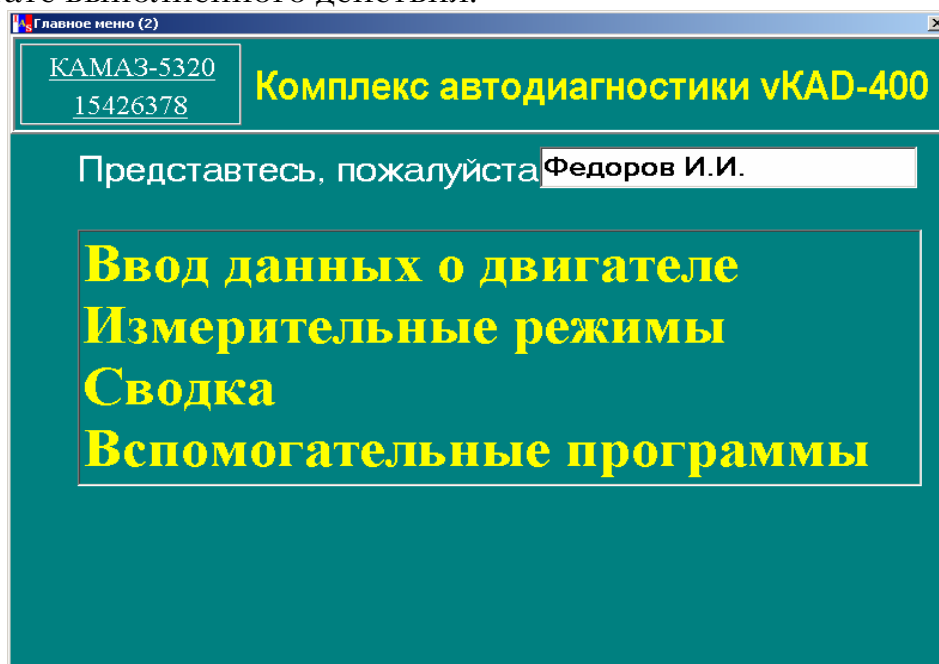


Рис. 7.11. Главное меню программы

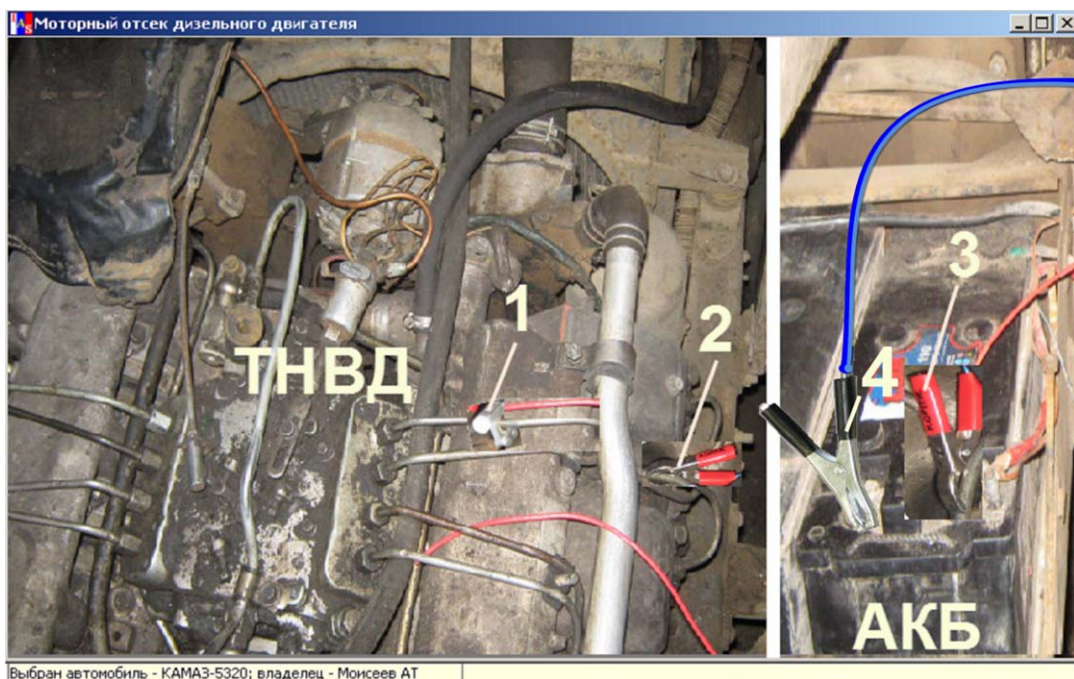


Рис. 7.12. Моторный отсек дизельного двигателя с накладным датчиком давления 1 и зажимами 2, 3, 4

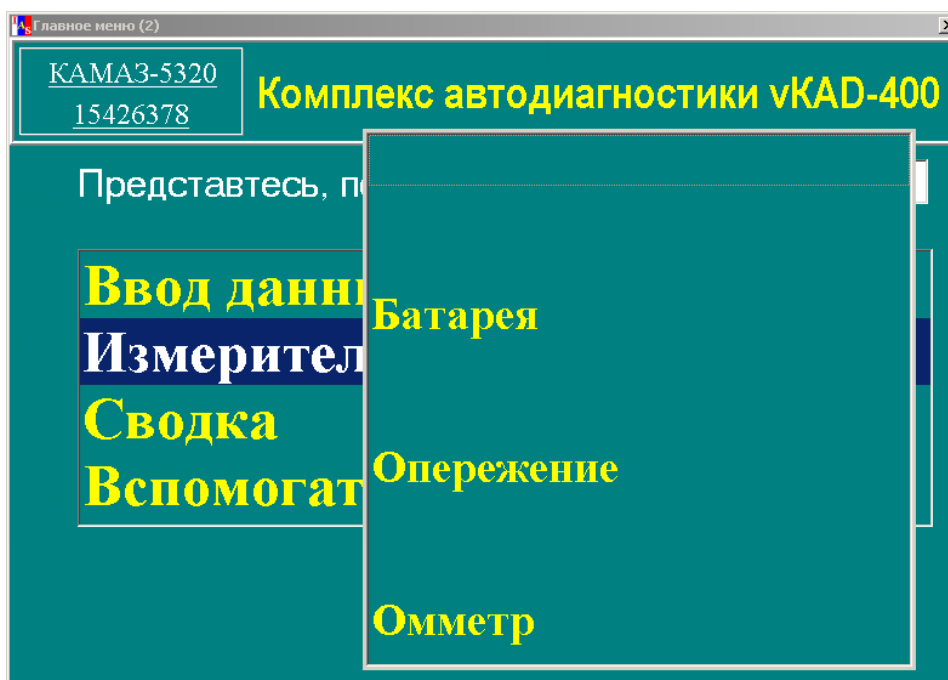


Рис. 7.13. Окно выбора режима диагностирования

После правильного подключения к автомобилю модель позволяет оператору произвести имитацию диагностирования, подобно тому, как это происходит при использовании комплексов КАД-300, КАД-400, и выбор соответствующих режимов: батарея, опережение, омметр.

Кроме количественной оценки измеряемых параметров программа воспроизводит осциллограммы пульсаций в топливной системе высокого давления (рис. 7.14).

Влияние различных неисправностей топливной системы дизеля на вид осциллограмм пульсации высокого давления весьма разнообразное и студенту сложно по виду осциллограммы определить причину отказа.

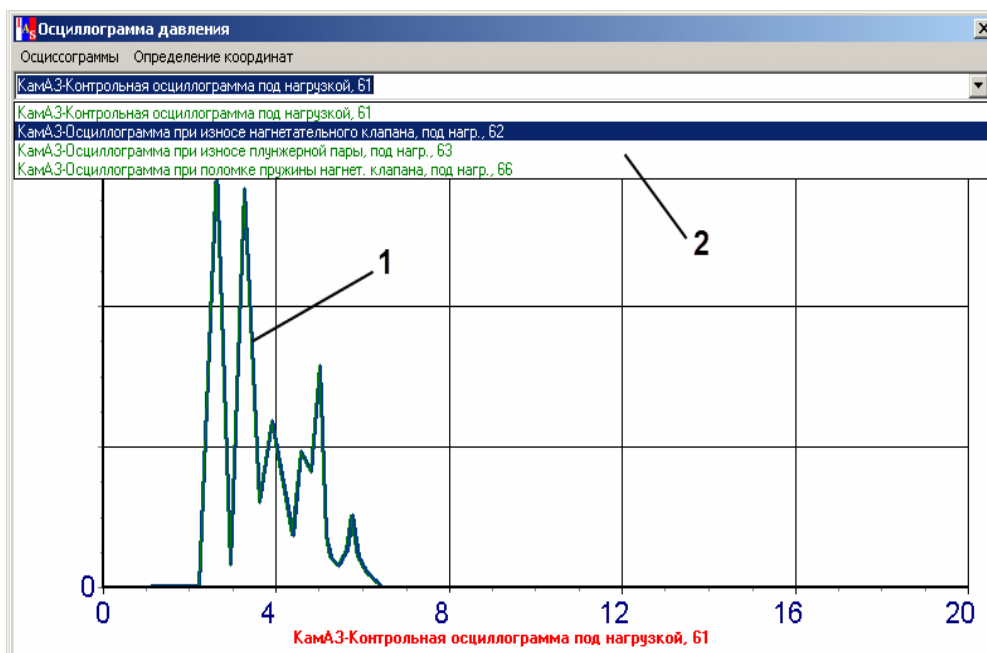


Рис. 7.14 Осциллограмма давления в топливной системе при работе под нагрузкой (2000 мин^{-1})

С этой целью в виртуальные комплексы vKAD-300, vKAD-400 введен модуль воспроизводящий осциллограммы давления при различных неисправностях элементов системы питания. Созданы базы данных с осциллограммами давления при различных неисправностях топливной системы.

В виртуальном комплексе предусмотрена возможность создания виртуальных автомобилей с набором неисправностей. В частности, каждому диагностируемому автомобилю устанавливается определенное техническое состояние элементов топливной системы, которое проявляется в виде осциллограммы давления 1 (рис. 7.14). Возможные осциллограммы давления заложены в свернутый список 2, доступный пользователю. Так как определенные неисправности проявляются на различных режимах работы двигателя содержание свернутого списка 2 осциллограмм в зависимости от режима работы двигателя меняется.

На экране появится осциллограмма синего цвета 1 (рис. 7.15), характеризующая пульсацию давления в топливной системе диагности-

руемого двигателя, и осциллограмма зеленого цвета 2, характеризующая изменение давления топлива при отсутствии неисправностей (контрольная осциллограмма). Сопоставляя эти осциллограммы, диагност может определить наличие неисправности. Для выявления конкретной причины несовпадения осциллограмм вверху окна «Осциллограмма давления» предусмотрен свернутый список возможных неисправностей. После выбора какой-либо неисправности на экране появляется соответствующая ей осциллограмма давления топлива красного цвета 3.



Рис. 7.15 Окно с осциллограммами виртуального комплекса vKAD-400

Перебирая имеющиеся в базе данных неисправности, студент может найти визуально совпадающие осциллограммы синего цвета 1 (осциллограмма диагностируемого двигателя) и красного цвета 2 (осциллограмма из базы данных соответствующая известной неисправности), т.е. определить неисправность топливной системы дизеля.

При выполнении действий с моделями vKAD-300, vKAD-400 согласно технологии диагностирования в памяти программы фиксируются значения диагностических параметров, которые, как и в комплексе КАД-300, КАД-400, можно распечатать, используя пункт «Сводка» главного меню (рис. 7.11).

Таким образом, в полном распоряжении обучающегося весь арсенал возможностей современных комплексов автодиагностики КАД-300, КАД-400. Он может не только воспроизвести действия, но и получить конкретные значения диагностических параметров, что

позволит сделать соответствующее заключение о работоспособности систем двигателя.

Созданные виртуальные модели vKAD-300, vKAD-400 воспроизводят практически все действия, выполняемые мастером-диагностом при определении технического состояния дизельного двигателя, имеют базу данных по диагностическим параметрам легковых и грузовых автомобилей различных марок, а также данные об автомобильных двигателях.

Развитие компьютерного диагностического оборудования позволит существенно ускорить процесс обучения. После этого своеобразного тренинга обучающийся сможет более осознанно выполнить диагностирование дизельного двигателя комплексами КАД-300, КАД-400, с наименьшими затратами времени и средств.

7.4. Виртуальное диагностирование топливной системы бензинового двигателя

Техническое диагностирование автомобилей и их отдельных агрегатов направлено в целом на определение технического состояния, поиск и локализацию места отказа или неисправности, прогнозирование остаточного ресурса или вероятности безотказной работы на задаваемых интервалах наработки.

Для успешного осуществления указанных задач проводят определенные работы по разработке диагностического обеспечения, повышению контролепригодности и установлению показателей и характеристик процессов диагностирования.

Основные навыки работы с технологическим оборудованием студенты получают во время выполнения лабораторных работ. Однако при этом возникают сложности, определяемые особенностями оборудования для ТО, диагностирования автомобилей и текущего экономического положения в стране.

Применяемое оборудование весьма дорогостоящее (60 и более тысяч руб.), количество рабочих мест не превышает 3-4. Это приводит к тому, что выполнить конкретные действия согласно технологии проведения ТО или диагностирования автомобиля на оборудовании удастся далеко не всем студентам. В основном они получают знания, пассивно наблюдая за использованием оборудования учебным мастером или преподавателем. Применение постового метода проведения занятий объясняется недостаточным количеством учебных мастеров, особенно при небольшой численности студентов на потоке.

В создавшейся ситуации наиболее эффективным решением является моделирование процессов технического обслуживания и диагностирования на ЭВМ. Это позволит каждому студенту выполнить весь алгоритм лабораторной работы, индивидуально работая с компьютерной моделью того или иного оборудования.

При разработке данных моделей следует обеспечить:

разнообразие вариантов, которые требуется решить при ТО и диагностировании рассматриваемого агрегата автомобиля, с возможностью их расширения и изменения;

достаточную приближенность модели к реальному объекту, позволяющую при визуализации выполняемых студентом процессов помочь получить ему представление о реальном процессе;

регистрацию результатов работы студента и последующей их оценки либо процедурами, встроенными в модель, либо непосредственно преподавателем;

справочные данные об объекте, средстве и технологии ТО и диагностирования и возможность вызова справки на любом этапе работы с моделью.

В качестве объекта для разработки компьютерной модели был принят известный комплекс автодиагностики КАД-300, являющийся достаточно сложным диагностическим средством, позволяющим замерять более 25 диагностических параметров, использование которого на лабораторных занятиях не обеспечивало активного получения навыков всеми студентами. Это снижало эффективность значительных капиталовложений в учебный процесс.

Созданная виртуальная модель VKAD-300 воспроизводит все необходимые действия, выполняемые диагностом при оценке технического состояния карбюраторного двигателя.

Использование дорогостоящего оборудования в учебном процессе сопряжено со значительными эксплуатационными расходами. Поэтому для целей обучения приемам работы с подобного рода средствами целесообразно использовать виртуальные тренажеры – компьютерные программы, имитирующие технологический процесс.

В качестве объекта моделирования был принят комплекс автодиагностики КАД-300 – один из отечественных компьютерных мотор-тестеров, позволяющий измерять более 20 параметров на различных режимах работы двигателя и поэтому являющийся наиболее информативным средством оценки технического состояния автомобильных двигателей.

Из главного меню программы (рис.7.16) выбирается автомобиль, который предстоит диагностировать, с заранее смоделированным техническим состоянием двигателя.

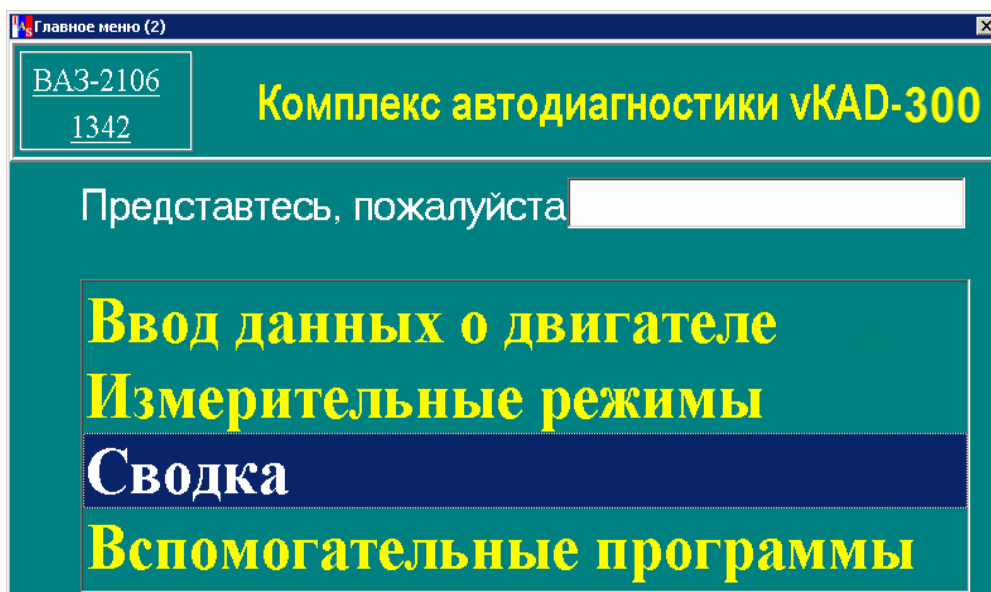


Рис. 7.16. Главное меню программы

Моделирование технического состояния осуществляется путем задания параметрам, характеризующим работоспособность элементов двигателя, определенных значений с помощью специального редактора.

Затем оператор подключает датчики и жгуты виртуального комплекса VKAD-300 к электросистеме двигателя автомобиля (рис.7.17), используя пункт меню «Подключение датчиков». Все действия выполняются с помощью манипулятора «мышь» и сопровождаются звуковыми сигналами и текстовыми сообщениями о положительном или отрицательном результате выполненного действия.

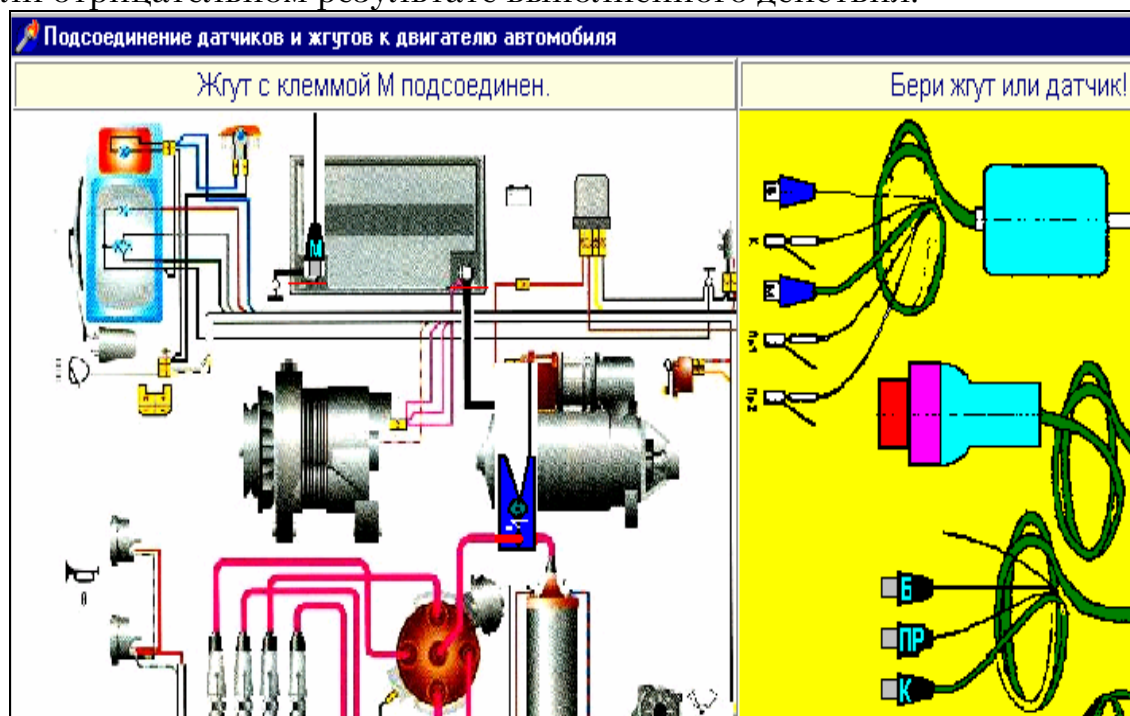


Рис. 7.17. Фрагмент окна «Подсоединение датчиков и жгутов комплекса»

После правильного подключения к автомобилю модель позволяет оператору произвести имитацию диагностирования подобно тому, как это происходит при использовании комплекса КАД-300, и выбор соответствующих режимов: режим пуска, баланс мощности, цилиндрический баланс, батарея, первичная цепь, вторичная цепь, опережение, прерыватель.

Различие состоит лишь в том, что оператор выполняет не только действия с КАД-300, но и выводит двигатель на заданный режим работы. Для этого предусмотрен вход в салон автомобиля (рис.7.18), что обеспечивается нажатием на пункт меню «Салон» с возможными последующими действиями в салоне автомобиля (окно «В салоне автомобиля»): запуск двигателя (нажатие на замок зажигания) и изменение числа оборотов коленчатого вала двигателя (перемещение ползунка в зоне расположения педали управления дроссельной заслонкой).

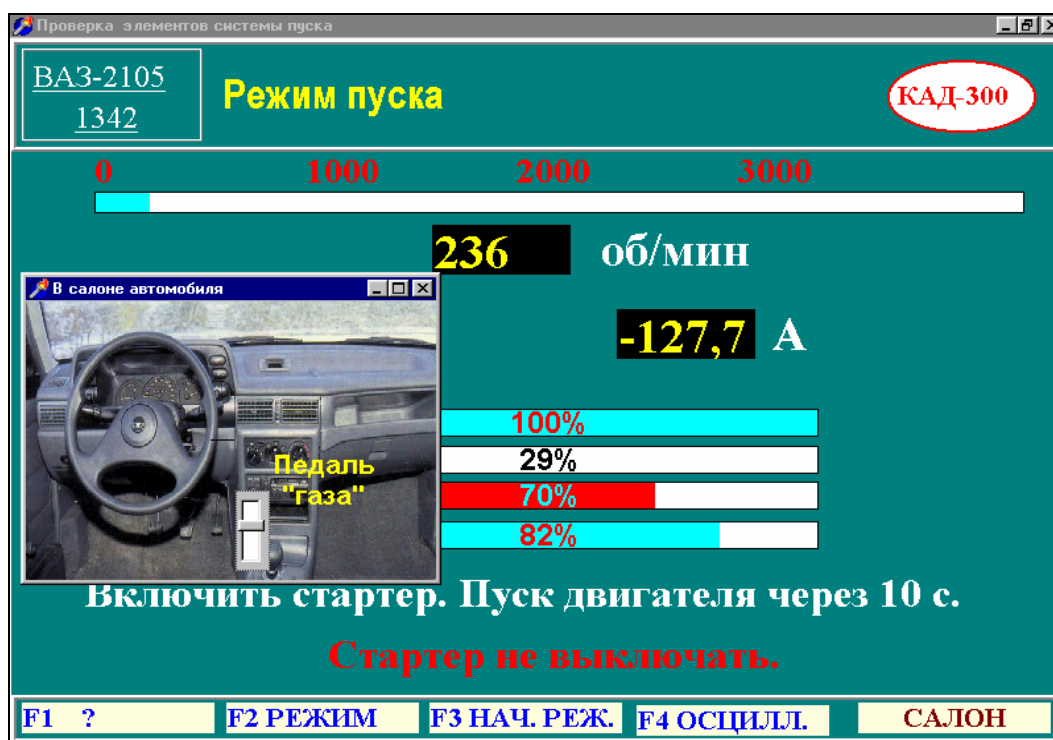


Рис. 7.18. Окно с режимом «Пуск двигателя»

При выполнении действий с моделью VKAD-300, согласно технологии диагностирования в памяти программы фиксируются значения диагностических параметров, которые, как и в комплексе КАД-300, можно распечатать, используя пункт «Сводка» главного меню (рис.7.19).

Кроме количественной оценки измеряемых параметров программа воспроизводит осциллограммы различных процессов в двигателе (рис.7.20). Для этого были разработаны математические модели пульсации силы тока системы пуска, изменения напряжения первичной,

вторичной цепи системы зажигания и других параметров при различных технических состояниях компонентов диагностируемых систем.

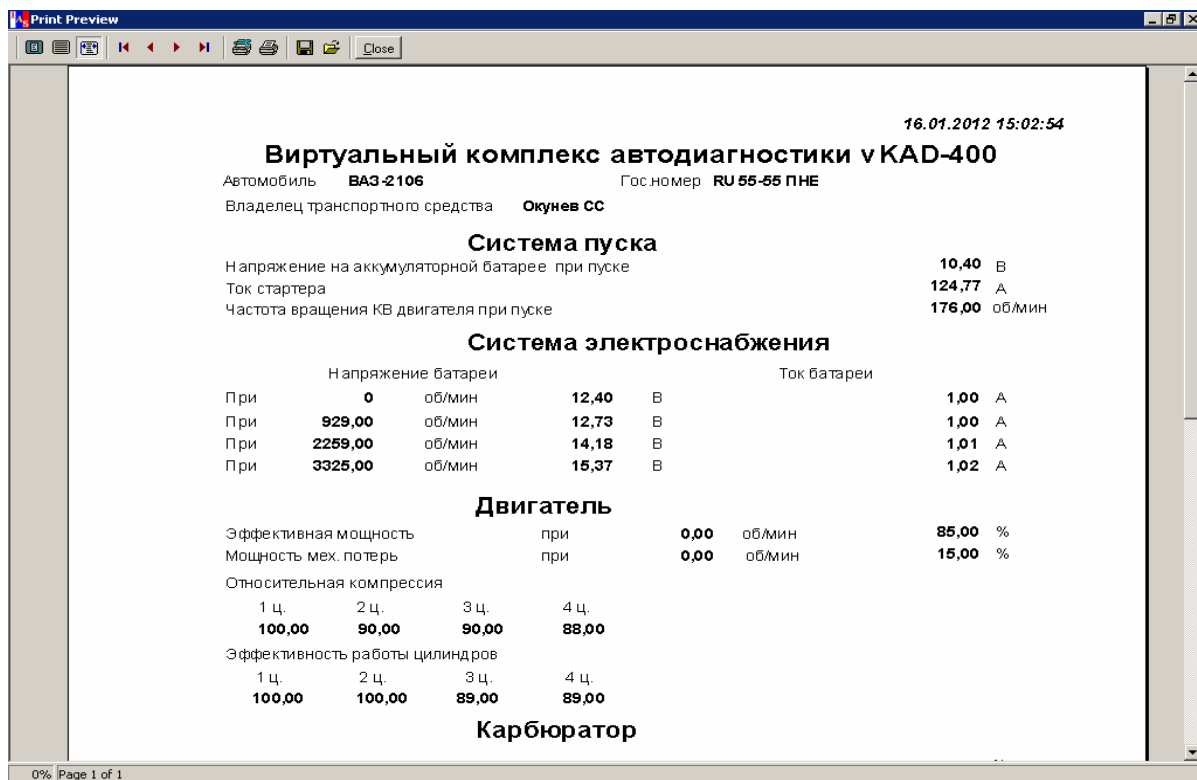


Рис. 7.19. Окно с диагностической картой, подготовленной к печати



Рис. 7.20. Осциллограмма изменения напряжения первичной цепи системы зажигания

Таким образом, в полном распоряжении обучаемого весь арсенал возможностей современного комплекса автодиагностики КАД-300. Он может воспроизвести не только действия, но и получить конкретные значения диагностических параметров, что позволит сделать соответствующее заключение о работоспособности систем двигателя.

Созданная виртуальная модель VKAD-300 воспроизводит практически все действия, выполняемые мастером-диагностом при определении технического состояния карбюраторного двигателя, имеет базу данных по диагностическим параметрам легковых и грузовых автомобилей различных марок, а также данные об автомобильных двигателях.

Развитие компьютерного диагностического оборудования позволит существенно ускорить процесс обучения. После этого своеобразного тренинга обучающийся более осознанно сможет выполнить диагностирование двигателя комплексом КАД-300, затратив на это не только меньше времени, но и топлива.

7.5. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем

Большинство современных автомобилей оснащается достаточным количеством датчиков для отслеживания технического состояния элементов автомобиля, от которых сигналы поступают на электронный блок управления (ЭБУ). Для прочтения информации от ЭБУ предусмотрен диагностический разъем. В настоящее время наибольшее распространение получил интерфейс OBD-II. Но данные от ЭБУ необходимо расшифровывать с помощью специальных адаптеров и необходимого программного контента.

Для автомобиля КАМАЗ-4308 применяют бортовой компьютер (БК) на основе ЭБУ (ЕСМ Cummins). Работу ЕСМ Cummins контролируют адаптер Cummins inline 6 и программа Cummins insite 7.5 (данные версии в настоящее время являются самыми востребованными). Но стоимость такого комплекта в России составляет порядка 80000 рублей. Кроме управления двигателем ЭБУ получает сигналы со всех основных узлов и агрегатов. Обработанные сигналы можно прочесть с помощью специального адаптера (рис. 7.21), подключившись к диагностическому разъему.

БК позволяет отобразить различные параметры: время в пути, время в движении, пройденный путь, общий расход топлива, расход топлива на холостом ходу, текущую скорость, а также широкий спектр

величин, рассчитанных на их основе (средняя скорость пути, средняя скорость движения и т.д.).

Диагностический сканер имеет следующие функциональные возможности:

- Работа по протоколу OBD-2;
- Считывание кодов неисправностей;
- Удаление кодов неисправностей;
- Вывод параметров реального времени;
- Вывод результатов внутренних тестов системы самодиагностики;
- Считывание VIN-кода (для автомобилей с 2004 г.в.);
- Расширенные функции (зависят от программного обеспечения);
- Версия прошивки микроконтроллера ELM: 1.4.

Список узлов контролируемых автосканером: аккумулятор, анти-блокировочная система тормозов, аудио система, газоразрядная лампа, генератор, гидроусилитель руля, датчик угла поворота рулевого колеса, двери, двигатель, зеркала, иммобилайзер, климат-контроль, колеса, кондиционер, круиз-контроль, кузов, GPS-навигация, парктроник, пневматическая подвеска, подушки безопасности, приборная панель, радио, ручной тормоз, салон, сидения, телевизор, тормозная система, трансмиссия, тяги, центральный замок.

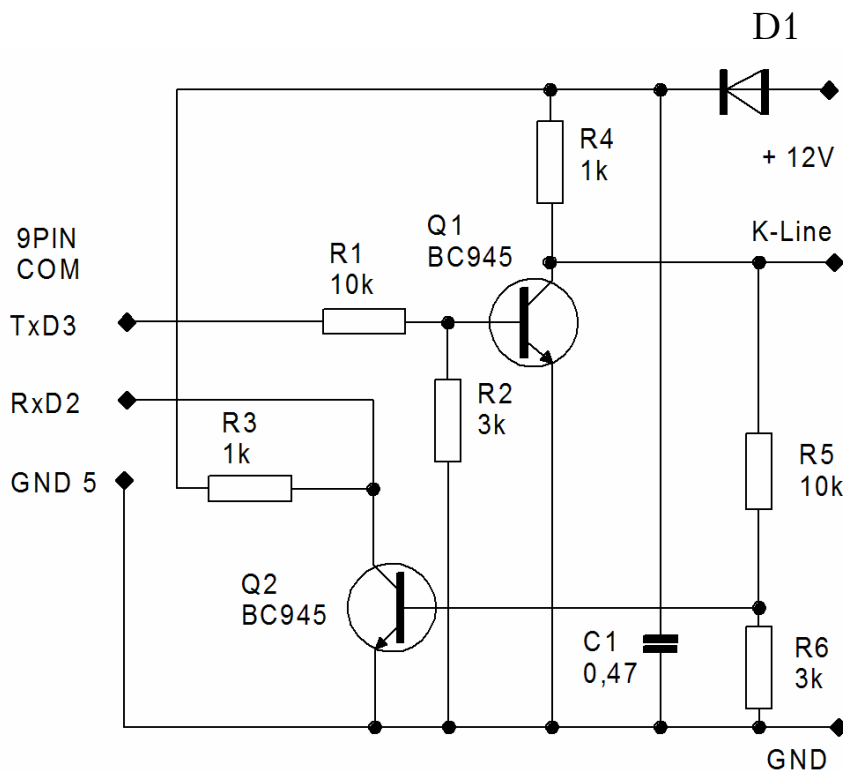


Рис. 7.21. Принципиальная схема адаптера:
R1-R6 – сопротивления; C1 – конденсатор; Q1, Q2 – транзисторы;
D1 – диод

Алгоритм (рис. 7.22) функционирования встроенной системы диагностирования следующий:

- Производится опрос клавиатуры и, в случае необходимости, модификация выбранного режима работы.

- Формируется запрос на ЭБУ, соответствующий заданному режиму работы. Виды запросов весьма многообразны, однако их содержание (за небольшим исключением, например запросов на изменение состояния исполнительных механизмов) постоянно.

- Ожидается ответ от ЭБУ и осуществляется прием данных при его получении. По истечении времени ожидания или завершении приема данных производится анализ сложившейся ситуации и в соответствии с ней возможна модификация заданного режима работы. При необходимости обновляется информация на индикаторе с преобразованием полученных из ЭБУ данных. Информация для пользователя должна выводиться в удобной форме, т.е. в виде развернутых буквенно-цифровых сообщений и подсказок, что требует применения знаковосинтезирующего индикатора. Объем информации для отображения в развернутом виде очень большой, что влечет за собой увеличение памяти для ее хранения. Полученные из ЭБУ данные в некоторых случаях должны быть пересчитаны по несложной формуле (точность вычислений при этом может быть невелика) и преобразованы из двоичной формы в символьный формат.

- Делается пауза, т.к. согласно протоколу запросы на ЭБУ должны выдаваться не раньше 100 мс по окончании предыдущего сеанса обмена.

В режиме отображения кодов неисправностей БК в цикле считывает из блока управления коды неисправностей и отображает на дисплее их число. Если кодов неисправностей нет, то доступна только кнопка "Меню" (рис. 7.23), при нажатии на которую происходит выход из режима отображения кодов неисправностей. Если коды неисправностей есть, то для их просмотра необходимо нажать кнопки "Ввод", "Влево \triangleleft " или "Вправо \triangleright ", "Вверх Δ " или "Вниз ∇ ". Пролитывание считанных кодов неисправностей осуществляется кнопками "Влево \triangleleft " и "Вправо \triangleright ", "Вверх Δ " или "Вниз ∇ ". Для выхода из режима отображения кодов неисправностей без их очистки необходимо нажать кнопку "Меню". Для стирания кодов неисправностей необходимо нажать кнопку "Меню" и удерживать ее не менее 1,5 секунд. В этом случае "БК" сотрет коды неисправностей в ЭБУ и вновь считывает их (после стирания должно быть считано 0 неисправностей). Коды неисправностей отображаются по стандарту SAE J2012.

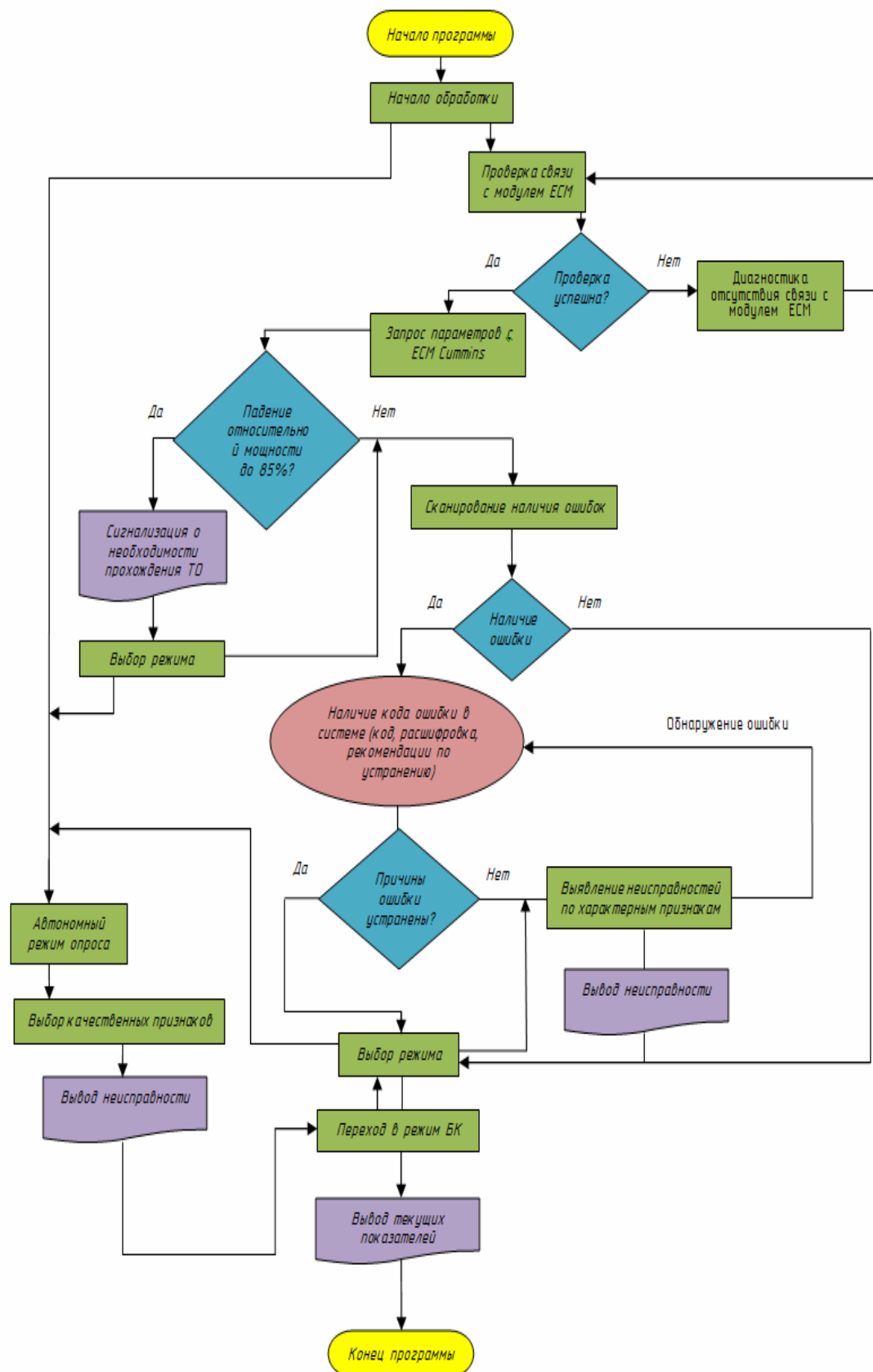


Рис. 7.22. Алгоритм работы встроенной системы диагностирования дизельного двигателя



Рис. 7.23. Встроенная система диагностирования автомобиля

Пролистывание исполнительных механизмов осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо". При этом для каждого механизма отображается его текущее состояние. Для перехода к управлению текущим исполнительным механизмом необходимо нажать кнопку "Ввод". После этого возможно изменить состояние исполнительного механизма однократным нажатием или нажатием и удержанием кнопок "Влево \triangleleft " и "Вправо \triangleright ", "Вверх \triangleup " или "Вниз \triangledown ". Изменение состояния исполнительного механизма индицируется символом '*' в первой позиции дисплея. Для возврата управления исполнительным механизмом ЭБУ необходимо вновь нажать кнопку "Ввод".

Для перехода в режим выдачи информации о БК необходимо выключить зажигание, нажать кнопку "Меню" и включить зажигание (удерживая ее нажатой).

В этом режиме можно просмотреть информацию о версии прибора и его авторах. С точки зрения построения программы, учитывая большой объем текстовых сообщений, все их желательно вынести за пределы внутреннего сравнительно небольшого постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) микроконтроллера. Так как между обновлениями информации существует большая пауза (не менее 100 мс), а количество одновременно отображаемых символов невелико, то эти данные могут быть размещены во внешнем ПЗУ с последовательной

выборкой и извлекаться оттуда по мере необходимости. Развивая эту идею, можно вынести во внешнее ПЗУ сами запросы, описание формул для пересчета различных параметров, весь сценарий работы с меню, а также режим опроса, который существенно повышает функциональные возможности прибора, позволяет выявить абсолютное большинство возможных неисправностей автомобиля.

Из режима БК или при запуске системы выбирается режим автономного опроса (рис. 7.22, 7.23) к поиску неисправностей путём опроса водителя автомобиля, который выбирает из предложенных вариантов неправильной работы двигателя или автомобиля наиболее характерные признаки, которые он заметил на своём автомобиле. Последовательность опроса диагноста по этим вопросам зависит от частоты появления признаков и составляется на основании статистических данных, собранных в условиях эксплуатации. На основании полученной информации определяются вероятные гипотезы – элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей.

После определения качественного признака следует определить причину неисправности. Система в диалоге проводит опрос пользователя о том, какая наработка двигателя, какие ремонтно-обслуживающие работы проводились в последнее время, как он заметил появление качественного признака, какие работы выполнял, какие ещё сопутствующие качественные признаки проявляются при этом. На этом этапе поиска определяющим при последовательности задания вопросов является логическая целесообразность того или иного вопроса. На этом этапе взаимодействие пользователя с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю вопросов системы и выбора им вариантов ответа в меню различных типов.

По результатам опроса уточняются вероятности рассматриваемых гипотез. В ряде случаев, основываясь только на результатах ответов на опросные вопросы, можно принять диагностическое решение.

Далее система предлагает диагносту в оптимальной последовательности провести диагностические проверки по качественным признакам и с использованием инструментальных средств диагностирования. Номенклатура диагностических средств, применяемых при поиске, легко изменяется в соответствии с имеющимися у пользователя.

После обнаружения неисправности система предлагает пользователю решить вопрос о продолжении поиска. Если обнаруженная неисправность оказалась ошибочной или после восстановления неисправности работа двигателя не нормализовалась, рекомендуется продолжить поиск.

Предлагаемая встроенная система диагностирования предназначена для использования водителем автомобиля или механиком автотранспортного предприятия и выдачи данных на БК или ЭВМ о работе и техническом состоянии автомобилей. Обеспечивается практически непрерывным контролем всех ответственных узлов по функциональным параметрам и обобщенным показателям работоспособности важнейших агрегатов. Позволяет выявлять предотказные состояния узлов, определяющих наибольшую частоту обращений в ремонтную зону автотранспортного предприятия или на станцию технического обслуживания, а также снижение функциональных качеств, представляющих угрозу для безопасности движения. В частности, контроль топливной экономичности, состояние аккумуляторной батареи, неравномерность действия тормозов и др.

Значительная доля парка эксплуатируется без диагностирования, нередко в отрыве от автотранспортного предприятия и станций технического обслуживания, в мелких ведомственных и личных плохо оснащенных гаражах, поэтому микропроцессорным встроенным средствам отводится задача контроля технического состояния агрегатов, узлов, систем и автомобиля в целом. В результате формируются рекомендации по продолжению работ автомобиля на линии либо постановки его на техническое обслуживание и текущий ремонт или выполнение мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания.

7.6. Встроенная система диагностирования автомобилей с инжекторными двигателями

Повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия (АТП) обеспечивается своевременным техническим обслуживанием и ремонтом на основе диагностирования автомобилей. Однако не все предприятия обладают современным оборудованием для оценки технического состояния автомобилей, кроме того, периодичность контроля такова, что имеется возможность эксплуатации автомобилей с состоянием, требующим технического обслуживания (ТО) или текущего ремонта.

При этом используемая в настоящее время планово-предупредительная система ТО теряет свою актуальность. Наиболее применима система, позволяющая минимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Такая система ТО будет более динамичной.

Основной проблемой применения таких систем является повышение стоимости транспортных средств за счет установки на основных элементах автомобиля датчиков, информация от которых поступает в блок управления.

Микропроцессорным встроенным средствам отводится задача контроля технического состояния агрегатов, узлов и автомобиля в целом. В результате формируются рекомендации по продолжению работ автомобиля на линии либо постановки его на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) или выполнение мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания (ЕО).

Встроенные средства подразделяются на:

- систему датчиков и контрольных точек, обеспечивающих вывод сигналов на внешние средства диагностирования;
- встроенные системы диагностирования – автономные или функционирующие комплексно со стационарными информационно-управляющими центрами. Эти системы предназначены для косвенного обобщенного контролирования работоспособности узлов и агрегатов с выдачей результатов на дисплей водителю и в бортовой накопитель для последующего прогнозирования и учета ресурсов и наработок узлов, корректирования режимов ТО стационарными электронно-вычислительными машинами (ЭВМ).

Первоначально в ФРГ, а затем в США и Японии в 1969-1970 гг. на легковых автомобилях были внедрены системы встроенных датчиков и контрольных точек (СВД и КТ). С 1971-1973 гг. японскими и американскими, а впоследствии и западноевропейскими фирмами применяются электронные бортовые системы контроля (БСК). В начале 80-х годов разработаны встроенные системы диагностирования (ВСД) с микропроцессорной обработкой и накоплением информации.

Автомобильные ВСД и КТ имеют бортовую сеть встроенных в конструкцию автомобилей датчиков и контрольных точек системы электрооборудования, подключаемую при диагностировании к внешней вторичной диагностической аппаратуре.

Автономные СД первого поколения обеспечивали допусковой прямой контроль отдельно по 10-12 параметрам с синхронной выдачей результатов на приборную панель. Являясь по существу ее продолжением, БСК выполняли проверку технического состояния узлов по

структурным параметрам, а правильность функционирования - по выходным параметрам, прямо и однозначно отражающим контролируемый процесс.

Наибольшее распространение получили встроенные системы с микропроцессорной обработкой, накоплением и выдачей информации водителю, в бортовой накопитель и на штекерный разъем, несущие функции всех двух указанных разновидностей.

Бортовой компьютер (БК) выдает водителю различную информацию о состоянии автомобиля, управляет средствами связи автомобиля с внешним миром, навигационной системой и т.д. Обычно бортовой компьютер выдает информацию на цифровой дисплей, управляется с пульта управления на приборном щитке автомобиля. На рис. 7.24 показан пульт управления с жидкокристаллическим дисплеем для одного из типов бортовых компьютеров.

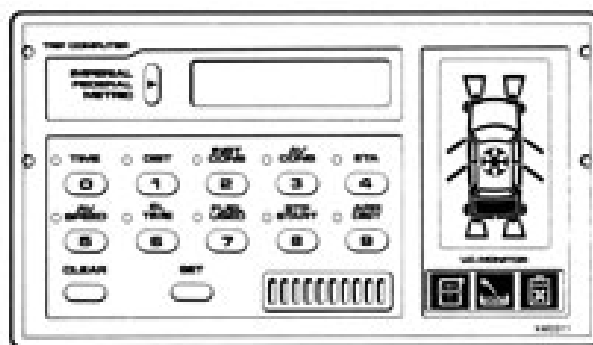


Рис. 7.24. Органы управления бортового компьютера с ЖК дисплеем

Применяются и более удобные цветные графические сенсорные дисплеи с программируемыми органами управления (рис. 7.25). Кроме того, выпускаются портативные коммуникаторы и органайзеры, которые можно подключать к шине данных автомобиля. Соответствующее программное обеспечение делает их частью автомобильной информационной системы. Все услуги связи, реализуемые в стационарном офисе, сегодня доступны и для автомобилей: факсимильная связь, автоответчик и т.д. Компьютер в автомобиле может быть подключен к сети Internet. Электронная почта становится доступной для водителя. Автомобиль превращается в офис на колесах.

Если при выезде на маршрут водитель с клавиатуры ввел расстояние до пункта назначения, бортовой компьютер будет выдавать также информацию об ожидаемом времени прибытия в пункт назначения и расстоянии, оставшемся до пункта назначения.



Рис. 7.25. Сенсорный дисплей. Выведено окно навигационной системы

В настоящее время широко применяются электронные блоки управления (ЭБУ) двигателями типа МИКАС 5.хх, МИКАС 7.хх. Работу этих блоков невозможно проконтролировать без специальных приборов, которые всегда желательно иметь "под рукой". Однако даже простейшие из них довольно сложны и поэтому недешевы. Кроме управления двигателем вышеназванные ЭБУ вырабатывают сигналы с датчиков скорости и расхода топлива, которые выведены в салон автомобиля на специальный разъем для подключения маршрутного компьютера. Маршрутный компьютер позволяет отобразить различные параметры: время в пути, время в движении, пройденный путь, общий расход топлива, расход топлива на холостом ходу, текущую скорость, а также широкий спектр величин, рассчитанных на их основе (средняя скорость пути, средняя скорость движения и т.д.).

Технически возможно, а экономически целесообразно объединить маршрутный компьютер и диагностический тестер в одно устройство, которое должно устанавливаться в салоне автомобиля на штатное место, предусмотренное для маршрутного компьютера.

Алгоритм (рис. 7.26) функционирования встроенной системы диагностирования следующий:

- Производится опрос клавиатуры и, в случае необходимости, модификация выбранного режима работы.
- Формируется запрос на ЭБУ, соответствующий заданному режиму работы. Виды запросов весьма многообразны, однако их содержание (за небольшим исключением, например запросов на изменение состояния исполнительных механизмов) постоянно.
- Ожидается ответ от ЭБУ и осуществляется прием данных при его получении. По истечении времени ожидания или завершении приема данных производится анализ сложившейся ситуации и в соответствии с ней возможна модификация заданного режима работы.

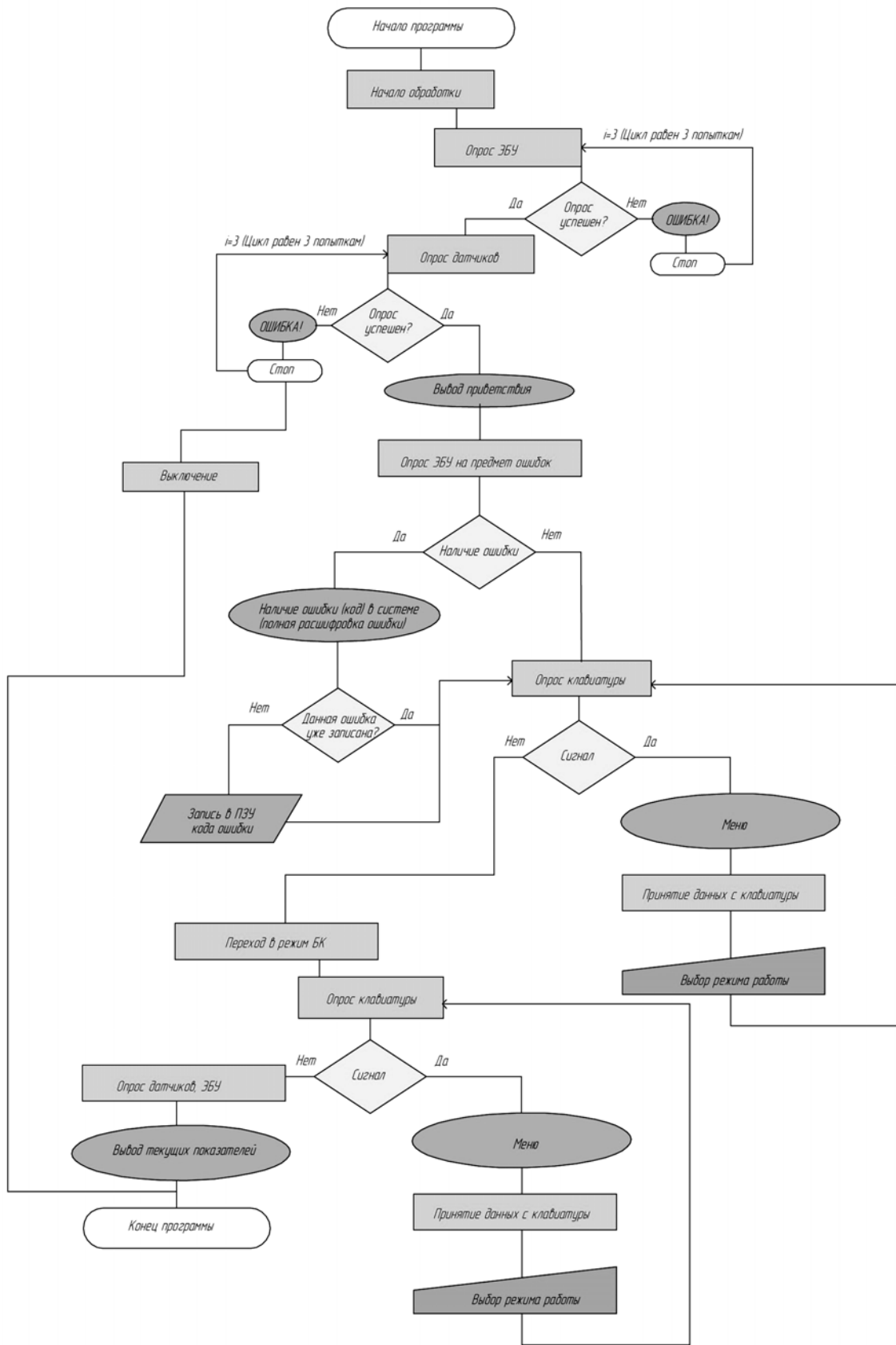


Рис. 7.26. Алгоритм работы встроенной системы диагностирования

- При необходимости обновляется информация на индикаторе с преобразованием полученных из ЭБУ данных. Информация для пользователя должна выводиться в удобной форме, т.е. в виде развернутых буквенно-цифровых сообщений и подсказок, что требует применения знаковосинтезирующего индикатора. Объем информации для отображения в развернутом виде очень большой, что влечет за собой увеличение памяти для ее хранения. Полученные из ЭБУ данные в некоторых случаях должны быть пересчитаны по несложной формуле (точность вычислений при этом может быть невелика) и преобразованы из двоичной формы в символьный формат.

- Делается пауза, т.к. согласно протоколу запросы на ЭБУ должны выдаваться не раньше 100 мс по окончании предыдущего сеанса обмена, и все повторяется сначала.

Алгоритм функционирования и особенности построения маршрутного компьютера следующие:

- Постоянно производится подсчет времени, импульсов с датчиков расхода топлива и скорости, а также измерение времени между импульсами с датчика скорости.

- Производится опрос клавиатуры и, в случае необходимости, модификация выбранного режима работы.

- Обновляется информация на индикаторе с преобразованием накопленных первичных данных. Информация для пользователя должна выводиться в удобной форме, т.е. в виде развернутых буквенно-цифровых сообщений и подсказок, что требует применения знаковосинтезирующего индикатора.

- Объем информации для отображения в развернутом виде очень большой, что влечет за собой увеличение памяти для ее хранения. Первичные данные должны быть пересчитаны по несложным формулам (точность вычислений при этом может быть невелика) и преобразованы из двоичной формы в символьный формат.

- Делается пауза, т.к. исходя из психо-физиологических особенностей человека частота обновления информации не должна превышать 10 Гц, и все повторяется сначала.

- Как видно из вышесказанного, между функционированием устройства в режиме тестера или маршрутного компьютера много общего, что позволяет совместно использовать аппаратные и программные ресурсы.

БСК подключается к стандартному разъему маршрутного компьютера и не требует каких-либо доработок электропроводки автомобиля (дополнительно необходимо только подключение к диагностическому разъёму).

БСК имеет пять режимов работы: режим маршрутного компьютера, режим отображения значения внутренних переменных ЭБУ, режим отображения и сброса кодов неисправностей ЭБУ, режим управления исполнительными механизмами ЭБУ и режим вывода информации о данном приборе. Переключение между режимами осуществляется нажатием кнопки "Режим".

После включения БК автоматически переходит в режим маршрутного компьютера. В режиме маршрутного компьютера накапливаются и отображаются следующие параметры движения:

- пройденное расстояние от начала маршрута (в метрах);
- время нахождения на маршруте (включенное зажигание);
- время в движении (при скорости движения ≥ 3 км/час);
- текущая скорость движения автомобиля (в км/час);
- средняя скорость движения на маршруте (в км/час). Средняя скорость действительна после пробега не менее 1 км;
- потраченное на маршруте топливо (в миллилитрах);
- средний расход топлива на маршруте (в литрах на 100 км). Средний расход действителен после пробега не менее 1 км.

Перебор отображаемых параметров осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо".

Для остановки подсчета параметров маршрута (без их обнуления) необходимо однократно нажать кнопку "Выбор". Для возобновления подсчета параметров необходимо повторно нажать кнопку "Выбор". Контроль останова/запуска параметров можно осуществить, просматривая "время нахождения на маршруте". При остановленном подсчете счетчик секунд остановлен.

Для начала нового маршрута (обнуления параметров предыдущего маршрута) необходимо нажать и удерживать нажатой в течение не менее 1,5 секунд кнопку "Выбор".

В режиме отображения значений внутренних переменных БК показывает в режиме реального времени одну из следующих переменных:

- идентификатор ПО ЭБУ;
- положение дроссельной заслонки (в процентах);
- температура охлаждающей жидкости (в градусах);
- обороты двигателя (в числе оборотов в минуту);
- желаемые обороты холостого хода (в числе оборотов в минуту);
- угол опережения зажигания (в градусах);
- скорость автомобиля (в километрах в час);
- текущее положение регулятора холостого хода (в числе шагов);
- желаемое положение регулятора холостого хода (в числе шагов);
- коэффициент коррекции времени впрыска;

- напряжение на датчике кислорода (в вольтах);
- коэффициент коррекции СО для двигателя без датчика кислорода;
- соотношение воздух/топливо для двигателя с датчиком кислорода;
- напряжение бортовой сети (в вольтах);
- длительность импульса впрыска (в миллисекундах);
- цикловый расход топлива (в миллиграммах на такт);
- массовый расход воздуха (в килограммах в час);
- часовой расход топлива (в литрах в час);
- путевой расход топлива (в литрах на 100 километров).
- путевой расход топлива выводится только при движении автомобиля;
- признак обнаружения детонации (да/нет);
- признак блокировки топливopодачи (да/нет);
- признак холостого хода (да/нет);
- признак мощностного обогащения (да/нет).

БСК в режиме просмотра внутренних переменных ЭБУ отслеживает их выход за допустимые пределы, выдавая звуковой сигнал в одном из следующих случаев:

- в режиме отображения температуры охлаждающей жидкости при превышении температурой значения 110 градусов по Цельсию.
- в режиме отображения оборотов двигателя при превышении оборотами значения 5520 оборотов в минуту;
- в режиме отображения напряжения бортовой сети при понижении напряжения ниже 10 вольт;
- в режиме отображения напряжения бортовой сети при повышении напряжения выше 15 вольт;
- в режиме отображения признака обнаружения детонации при обнаружении детонации;
- в режиме отображения признака блокировки топливopодачи при блокировке подачи топлива;
- в режиме отображения признака мощностного обогащения при обогащении смеси по мощности.

Перебор отображаемых параметров осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо".

В режиме отображения кодов неисправностей БК в цикле считывает из блока управления коды неисправностей и отображает на дисплее их число. Если кодов неисправностей нет, то доступна только кнопка "Режим", при нажатии на которую происходит выход из режима отображения кодов неисправностей. Если коды неисправностей есть, то

для их просмотра необходимо нажать кнопки "Выбор", "Влево" или "Вправо". Прокручивание считанных кодов неисправностей осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо". Для выхода из режима отображения кодов неисправностей без их очистки необходимо нажать кнопку "Режим". Для стирания кодов неисправностей необходимо нажать кнопку "Ввод" и удерживать ее не менее 1,5 секунд. В этом случае "БК" сотрет коды неисправностей в ЭБУ и вновь считывает их (после стирания должно быть считано 0 неисправностей). Коды неисправностей отображаются по стандарту SAE J2012. Их расшифровка приведена на последней странице данного описания.

В режиме управления исполнительными механизмами доступны следующие исполнительные механизмы и внутренние переменные ЭБУ:

- лампа Check Engine;
- реле вентилятора системы охлаждения двигателя;
- реле управления бензонасосом;
- катушка зажигания 1 (1 и 4 цилиндры);
- катушка зажигания 2 (2 и 3 цилиндры);
- форсунка 1;
- форсунка 2;
- форсунка 3;
- форсунка 4;
- коэффициент коррекции ϕ для двигателя без датчика кислорода;
 - обороты холостого хода;
 - положение регулятора холостого хода.

Прокручивание исполнительных механизмов осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо". При этом для каждого механизма отображается его текущее состояние (кроме катушек зажигания и форсунок). Для перехода к управлению текущим исполнительным механизмом необходимо нажать кнопку "Выбор". После этого возможно изменить состояние исполнительного механизма однократным нажатием или нажатием и удержанием кнопок "Влево" и "Вправо". Изменение состояния исполнительного механизма индицируется символом "*" в первой позиции дисплея. Для возврата управления исполнительным механизмом ЭБУ необходимо вновь нажать кнопку "Выбор".

Для перехода в режим выдачи информации о БК необходимо выключить зажигание, нажать кнопку "Режим" и включить зажигание (удерживая ее нажатой). В этом режиме можно просмотреть информацию о версии прибора и его автора.

Перебор отображаемой информации осуществляется кнопками "Влево" и "Вправо". Выход из режима осуществляется нажатием кнопки "Режим".

С точки зрения построения программы, учитывая большой объем текстовых сообщений, все их желательно вынести за пределы внутреннего сравнительно небольшого ПЗУ микроконтроллера. Т.к. между обновлениями информации существует большая пауза (не менее 100 мс), а количество одновременно отображаемых символов невелико, то эти данные могут быть размещены во внешнем ПЗУ с последовательной выборкой и извлекаться оттуда по мере необходимости. Развивая эту идею, можно вынести во внешнее ПЗУ сами запросы, описание формул для пересчета различных параметров, а также и весь сценарий работы с меню.

Диагностирование только внешними средствами не обеспечивает предотвращение эксплуатации автомобилей с неисправностями, аварийных дорожных отказов, оптимизации выбора режима движения и проведения ТО и ТР. Оно не устраняет накопление неисправностей на межконтрольном пробеге, так что в среднем более 20% парка эксплуатируется с такими неисправностями. Ухудшение технического состояния автотранспортных средств является причиной дорожно-транспортных происшествий и дорожных отказов. Более частому проведению диагностирования препятствуют ограничения экономического характера. Кроме того, значительная доля парка эксплуатируется без диагностирования, нередко в отрыве от автотранспортного предприятия (АТП) и станций технического обслуживания (СТО), в мелких ведомственных и личных плохо оснащенных гаражах.

Предлагаемая встроенная система диагностирования предназначена для использования водителем автомобиля или механиком АТП и выдачи данных на БК или ЭВМ о работе и техническом состоянии автомобилей. Обеспечивается практически непрерывным контролем наименее надежные узлы по функциональным параметрам и обобщенным показателям работоспособности важнейших агрегатов. Позволяет выявлять предотказные состояния узлов, определяющих наибольшую частоту обращений в ремонтную зону АТП или на СТО, а также снижение функциональных качеств, представляющих угрозу для безопасности движения. В частности, контроль топливной экономичности, состояние аккумуляторной батареи, неравномерность действия тормозов и др.

Микропроцессорным встроенным средствам отводится задача контроля технического состояния агрегатов, узлов и автомобиля в целом. В результате формируются рекомендации по продолжению работ автомобиля на линии либо постановки его на техническое

обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) или выполнение мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания (ЕО).

Встроенные средства диагностирования (ВСД) подразделяются на систему датчиков и контрольных точек, обеспечивающие вывод сигналов на внешние средства диагностирования, а также встроенные системы диагностирования – автономные или функционирующие комплексно со стационарными информационно-управляющими центрами.

Эти системы предназначены для косвенного обобщенного контроля работоспособности узлов и агрегатов с выдачей результатов на дисплей водителю и в бортовой накопитель для последующего прогнозирования и учета ресурсов и наработок узлов, корректирования режимов ТО.

Автомобильные ВСД имеют бортовую сеть встроенных в конструкцию автомобилей датчиков и контрольных точек системы электрооборудования, подключаемую при диагностировании к внешней вторичной диагностической аппаратуре.

Наибольшее распространение получили встроенные системы с микропроцессорной обработкой, накоплением и выдачей информации водителю, в бортовой накопитель и на штекерный разъем, несущие функции всех двух указанных разновидностей.

Бортовой компьютер выдает водителю различную информацию о состоянии автомобиля, управляет средствами связи автомобиля с внешним миром, навигационной системой и т.д. Обычно бортовой компьютер выдает информацию на цифровой дисплей, управляется с пульта управления на приборном щитке автомобиля. Кроме того, выпускаются портативные коммуникаторы и органайзеры, которые можно подключать к шине данного автомобиля. Соответствующее программное обеспечение делает их частью автомобильной информационной системы. Все услуги связи, реализуемые в стационарном офисе, сегодня доступны и для автомобилей: факсимильная связь, автоответчик и т.д. Компьютер в автомобиле может быть подключен к сети Internet, при этом электронная почта становится доступной для водителя, автомобиль превращается в офис на колесах. Однако для выявления неисправностей необходимо диагностирование на станциях технического обслуживания автомобилей с помощью диагностических тестеров.

При работе автомобилей возникает необходимость в постоянном контроле основных элементов. Это возможно при объединении маршрутного компьютера и диагностического тестера в одно устройство, но и такое объединение не позволяет выявить все возможные неисправности автомобилей, поэтому нами предлагается кроме объеди-

нения маршрутного компьютера и диагностического тестера ввести в программу бортового компьютера опросную часть. Такое устройство должно устанавливаться в салоне автомобиля на штатное место, предусмотренное для маршрутного компьютера.

Алгоритм программы выглядит следующим образом (рис. 7.27).

При работе прибора программа начинает свои действия с проверки наличия контакта со следующими датчиками:

- положению и частоте вращения коленчатого вала,
- массовом расходе воздуха двигателем,
- температуре охлаждающей жидкости,
- положению дроссельной заслонки,
- содержании кислорода в отработавших газах (в системе с обратной связью),
- наличии детонации в двигателе,
- напряжении в бортовой сети автомобиля,
- скорости автомобиля,
- положению распределительного вала (в системе с последовательным распределенным впрыском топлива).

Если контакт не установлен, то на экран прибора в кабине водителя выводится надпись «Ошибка! Датчик недоступен». В этом случае программа прекращает свою работу, и показывает, какой датчик не доступен.

Если контакт со всеми датчиками установлен, программа по показаниям строит график и при наличии неисправностей выводит их на экран в текстовом режиме. Далее система переходит к опросной части. Водителю предлагается выбор – закончить программу сейчас или продолжить поиск неисправностей в других системах двигателя. При продолжении программа использует метод «логический поиск с последовательным исключением». Водителю надлежит выбрать качественные признаки неправильной работы двигателя. Затем в конце процесса на экран выводится неисправность.

Затем система переходит к поиску неисправностей путём опроса водителя автомобиля, который выбирает из предложенных вариантов неправильной работы двигателя наиболее характерные признаки, которые он заметил на своём автомобиле. Опросная система имеет древовидную структуру. Далее приводится один из возможных путей формирования заявки о неисправности.

Последовательность опроса диагноста по этим вопросам зависит от частоты появления признаков и составляется на основании статистических данных, собранных в условиях эксплуатации. На основании полученной информации на этом этапе определяются вероятные гипотезы – элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

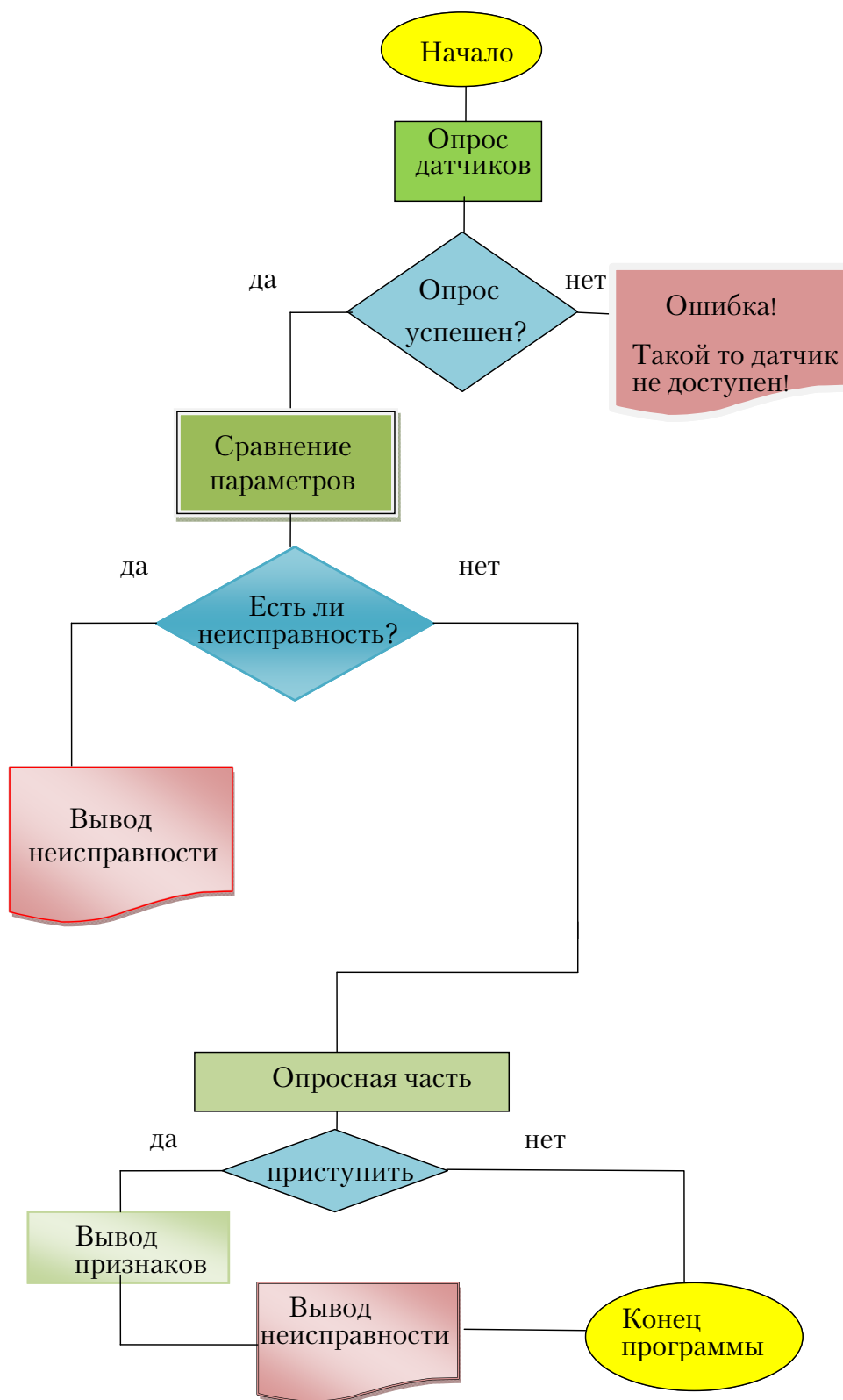


Рис. 7.27. Алгоритм работы системы диагностирования инжекторного двигателя

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей.

На третьем этапе поиска неисправностей система в диалоге проводит опрос пользователя о том, какая наработка двигателя, какие ремонтно-обслуживающие работы проводились в последнее время, как он заметил появление качественного признака, какие работы выполнял, какие ещё сопутствующие качественные признаки проявляются при этом. На этом этапе поиска определяющим при последовательности задания вопросов является логическая целесообразность. На этом этапе взаимодействие пользователя с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю вопросов системы и выбором им вариантов ответа в меню различных типов (рис. 7.28, 7.29, 7.30):

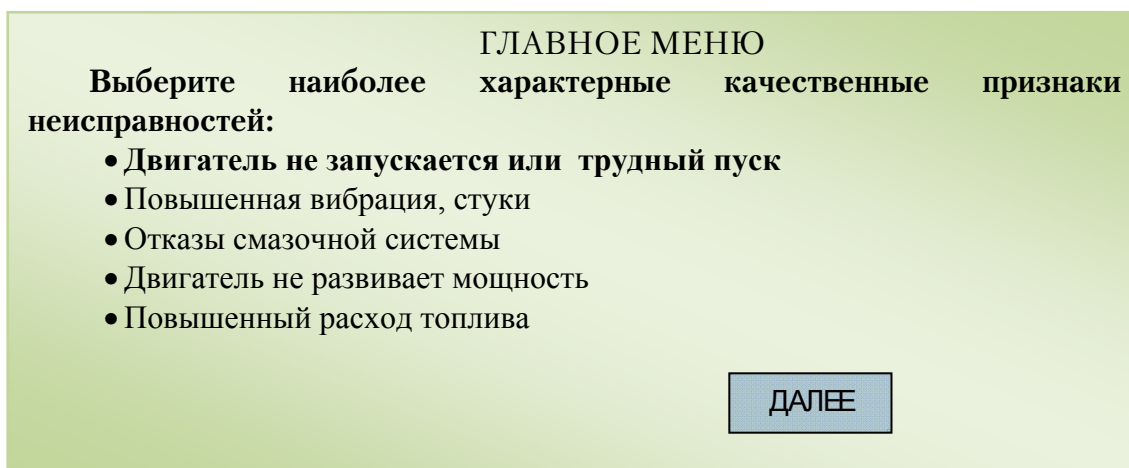


Рис. 7.28. Главное меню

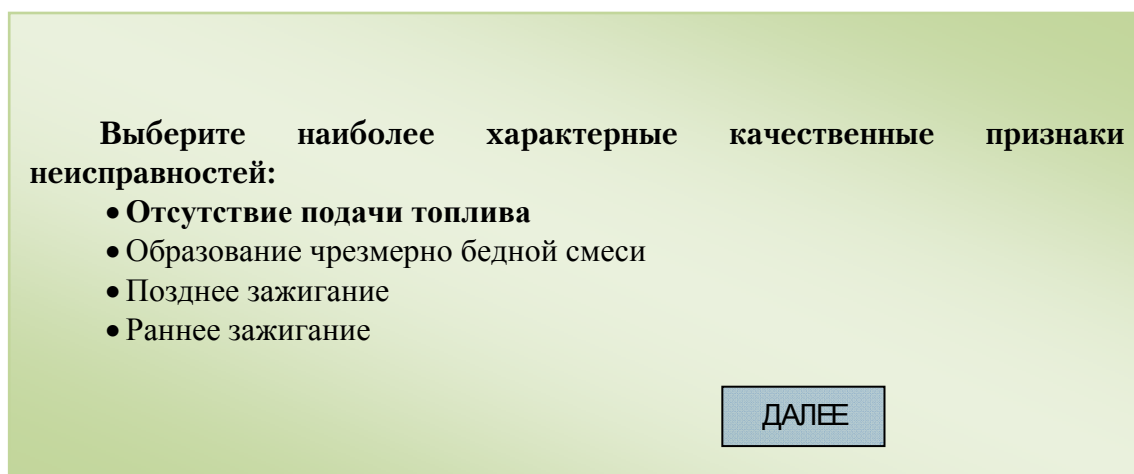


Рис.7.29. Выбор нужного признака

Для перемещения по меню используются "стрелки", выбор позиций осуществляется нажатием клавиши "Space". Переход к следующему меню в древовидной структуре осуществляется нажатием клавиши "ДАЛЕЕ" с выбором нужного признака.

По результатам опроса уточняются вероятности рассматриваемых гипотез. В ряде случаев, основываясь только на результатах ответов на опросные вопросы, можно принять диагностическое решение.

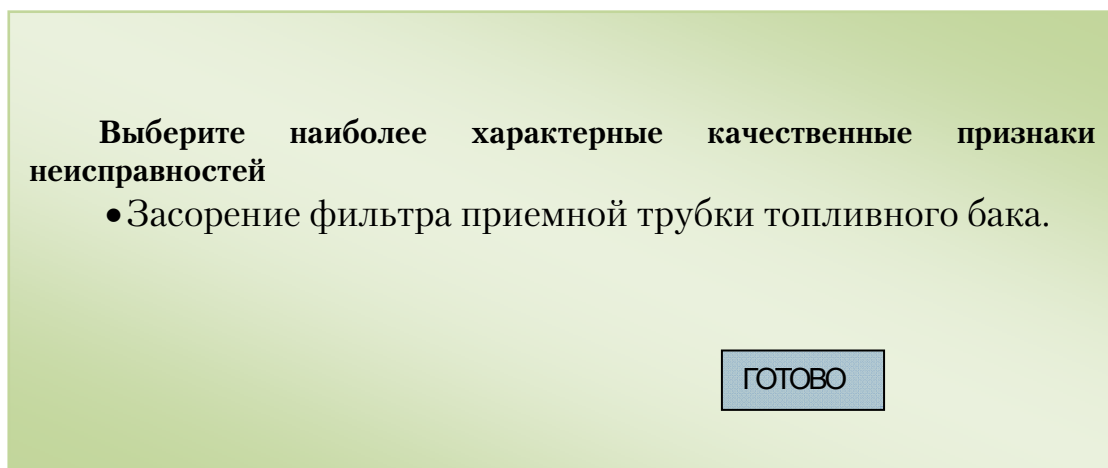


Рис.7.30. Диагностическое решение

Диагностическая система обладает знаниями о типичных ситуациях, соответствующих наличию наиболее часто встречающихся неисправностей. В ходе опроса система анализирует полученную информацию и формирует гипотезы о неисправностях. Система предлагает в оптимальной последовательности провести диагностические проверки по качественным признакам и с использованием инструментальных средств диагностирования. Номенклатура диагностических средств, применяемых при поиске, легко изменяется в соответствии с имеющимися у пользователя.

Взаимодействие с системой происходит посредством последовательного предъявления заданий на проведение диагностических проверок. При этом пользователю доступна инструкция о технологии проведения проверки. По результату проверки пользователь выбирает вариант ответа в меню. Работа с меню производится аналогично тому, как это описано выше. Работа системы заканчивается определением наиболее вероятной неисправности двигателя.

Применение самодиагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности автомобильного парка, снизить материальные и трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей, уменьшить потребность в технологическом оборудовании и производственно-складских помещениях.

Контрольные вопросы

1. Назовите характерные неисправности в карбюраторе и последствия, к которым они приводят.
2. Какие операции выполняются для поддержания в исправном состоянии топливного насоса?
3. Каким образом осуществляют регулировку уровня топлива в карбюраторе?
4. Назовите характерные неисправности газовой аппаратуры.
5. Назовите характерные неисправности систем впрыска топлива.
6. Назовите причины изменения давления в топливной системе высокого давления дизельного двигателя.
7. Назовите причины коксовых отложений на распылителях форсунок.
8. Объясните назначение тщательной фильтрации топлива в системе питания дизельного двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В мире продолжают работы по созданию, исследованию, изготовлению и практической эксплуатации установок ДВС, использующих различные топлива для частичного или полного замещения (экономии) топлива и улучшения экологических показателей двигателей.

Существует большое многообразие способов и средств организации рабочих процессов ДВС с использованием газовых топлив. Применение газа в дизелях позволит также расширить ресурсы дизельных топлив за счет вовлечения в топливный баланс топлив утяжеленного фракционного состава.

Одним из наиболее простых конструктивных и технологических решений и эффективных экономических и экологических решений является организация газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием – впрыском в цилиндры смеси сжиженного нефтяного газа и дизельного топлива. Разработка таких решений в перспективе позволит использовать их и для организации работы со спиртовыми топливами.

Разработка и практическое применение таких ДВС могут ускорить внедрение природного газа в качестве топлива на энергетических и транспортных средствах. Практически не представляет проблемы применение газовых конденсатов для дизелей. Возможны модернизационные пути скорейшего использования таких топлив. Использование газов с низкой теплотой сгорания может представлять интерес для мест угледобычи, сельскохозяйственных районов. Методы и средства использования углеводородов, метанола, водорода в значительной степени разработаны и исследованы, хотя в большинстве случаев не доведены до стадии эксплуатационной реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Голубков, Л.Н. Топливные насосы высокого давления распределительного типа [Текст]: учебно-практическое пособие / Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эммиль. – М.: «Легион-Автодата», 2001, 2002. – 172 с.
2. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей [Текст] / Ю.В. Панов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. 160 с.
3. Легков, А.И. Топливная аппаратура двигателей [Текст]: учебное пособие / А.И. Легков, С.А. Плотников. – Киров: Издание Кировского филиала МГИУ, 2005. -198 с.
4. Ютт, В.Е. Электронные системы управления ДВС и методы их диагностирования [Текст]: учебное пособие / В.Е. Ютт, Г.Е. Рузавин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 104 с.
5. Техническое обслуживание, выявление неисправностей и устранение отказов в системе питания дизелей [Текст]: учебное пособие / А.П. Уханов, Е.А. Чуфистов, А.А. Черняков, С.П. Педай. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2008. – 106 с.
6. Автомобильные двигатели [Текст]: учебник / М.Г. Шатров [и др.]; под ред. М.Г. Шатрова. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – 464 с.
7. Автотранспортные средства с комбинированными энергоустановками (АТС и КЭУ) [Текст]: учебное пособие / А.А. Эйдинов [и др.]. – М.: Изд. МАДИ, 2010. – 155 с.
8. Кравченко, В.А. Двигатели иностранных фирм (особенности конструкции) [Текст]: учебное пособие / В.А. Кравченко, Н.В. Сергеев, В.П. Шоколов. – Зерноград: Изд. ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2011. – 250 с.
9. Денисов, А.С. Практикум по технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.С. Денисов, А.С. Гребенников. – М.: ИЦ «Академия», 2012. – 272 с.

Дополнительная литература

12. Боксерман, Ю.И. Перевод транспорта на газовое топливо [Текст] / Боксерман Ю.И., Мкртычан Я.С., Чириков К.Ю.. – М.: Недра, 1988. – 220 с.
13. Бухаров, Л.Н. Улучшение показателей двигателя ЗИЛ-130 на режимах холостого хода при работе на сжиженном нефтяном газе [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Л.Н. Бухаров. – Омск: СиБАДИ, 1993. – 168 с.

14. Вагнер, В.А. Основы теории и практики использования альтернативных топлив в дизелях [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.А. Вагнер. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995. – 32 с.
15. Вагнер, В.А. Осуществление добавки водорода к топливу и ее влияние на показатели работы дизеля [Текст] / В.А. Вагнер, Д.Д. Матиевский // Двигателестроение. – 1985. – №2. – С.11-13.
16. Возможности расширения ресурса дизельных топлив с применением легких синтетических углеводородов в качестве добавок [Текст] / В.П. Шкаликова [и др.] // Двигателестроение. – 1986. – №12. – С. 26-29.
17. Газобаллонные автомобили [Текст]: справочник / А.И. Морев, В.И. Ерохов, Б.А. Бекетов [и др.] – М.: Транспорт, 1992. – 175 с.
18. Горбунов, В.В. Ресурсосбережение нефтяных дизельных топлив и снижение дымности отработавших газов автомобильного дизеля применением смесевых топлив [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.В. Горбунов. – М.: РУДН, 1994. – 16 с.
19. Газобаллонные автомобили [Текст] / Е.Н. Григорьев, Б.Д. Копубаев, В.И. Ерохов. – М.: Машиностроение, 1989. – 216 с.
20. Дизели [Текст]: справочник / под ред. В.А. Ваншейдц Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. – Л.: Машиностроение, 1977. – 480 с. – С.446-471.
21. Левкин, Г.М. Новый способ использования газового топлива в ДВС [Текст]/ Г.М. Левкин, Ю.М. Карпенко // Двигателестроение. – 1991. – №7. – С. 58-59.
22. Леонардо В. Апьвеар Санчес. Расширение ресурса дизельных топлив и совершенствование рабочего процесса дизеля применением альтернативных топлив, присадок и добавок к топливу [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Леонардо В. Апьвеар Санчес. – М.: РУДН, 1988. – 16 с.
23. Особенности применения в автотракторном дизеле утяжеленных топлив с добавкой легких синтетических парафиновых углеводородов [Текст]/ В.С. Азев, Н.Н. Патрахальцев, В.П. Шкаликова [и др.] // Двигателестроение. – 1990. – №6. – С. 33-36, 24.
24. Снижение дымности отработавших газов дизеля ЯМЗ-238 введением в топливо сжиженного нефтяного газа [Текст]/ Г.С. Корнилов. В.В. Курманов, В.В. Горбунов и др. // Двигателестроение. – 1991. – №6. – С. 51-52.
25. Ставров, А.В. Повышение эффективности рабочих процессов и топливоподающей аппаратуры дизелей при работе на газоконденсатных топливах ШФС [Текст] / А.В. Ставров, В.С. Морозова // Сб. науч. трудов МАДИ. – М.: МАДИ, 1980. – С. 279-280.

26. Шкаликова, В.П. Применение нетрадиционных топлив в дизелях [Текст] / В.П. Шкаликова, Н.Н. Патрахальцев. – М.: УДН, 1993. – 61 с.
27. Сурин, В.Н. Газобаллонная аппаратура на легковом автомобиле [Текст] / В.Н. Сурин. – М.: Транспорт, 1995. – 67 с.
28. Роговцев, В.Л. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств [Текст] / В.Л. Роговцев [и др.]. – М.: Транспорт, 1996. – 315 с.
29. Карагодин, В.И. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей [Текст] / В.И. Карагодин, С.К. Шестопапов. – М.: Транспорт, 1995. – 223 с.
30. Лившиц, А.В. Устройство и основы эксплуатации автомобилей [Текст]: сборник заданий / А.В. Лившиц. – М.: Транспорт, 1991. – 318 с.
31. Круглов, С.М. Устройство, техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей [Текст] / С.М. Круглов. – М.: Высшая школа, 1987. – 336 с.
32. Газарян, А.А. Техническое обслуживание автомобилей [Текст] / А.А. Газарян. – М.: Третий Рим, 2000. – 272 с.
33. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.С. Кузнецова. – М.: Транспорт, 2003. – 413 с.
34. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств [Текст]: учебник: в 3 кн. – Кн.1. Теоретические основы / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко [и др.]. – Киев: Выща школа, 1991. – 359 с.
35. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств [Текст]: учебник: в 3 кн. – Кн.2. Организация, планирование и управление / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко [и др.] – Киев: Выща школа, 1991. – 406 с.
36. Кузнецов, Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
37. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Транспорт, 1986. – 72 с.
38. Автомобили КамАЗ. Техническое обслуживание и ремонт [Текст]. – М.: Третий Рим, 1996. – 235 с.
39. Ремонт и модернизация автомобилей ЗИЛ. Практическое руководство [Текст]. – М.: Третий Рим, 1997 – 319 с.
40. Автомобиль ГАЗ-53А. Руководство по техническому обслуживанию [Текст]. – М.: ГОСНИТИ, 1988. – 80 с.
41. Карагодин В.И. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей КамАЗ [Текст] / В.И. Карагодин, Д.В. Карагодин. – М.: Транспорт, 1995. – 310 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Тестовый контроль по дисциплине «Топливные системы современных и перспективных ДВС»

1. Топливный трубопровод (рампа) впрыскового двигателя предназначен для

1. подачи топлива к бензонасосу
- *2. подачи топлива к форсункам
3. подачи топлива к регулятору давления

2. Регулятор давления впрыскового двигателя предназначен для

1. поддержания давления в рампе
- *2. поддержания постоянного перепада давления между давлением воздуха во впускном трубопроводе и давлением топлива
3. поддержания давления в форсунке

3. Бензонасосы впрыскового двигателя классифицируются на

- *1. роликовые
- *2. шестеренчатые
- *3. турбинные одноканальные
- *4. турбинные двухканальные
5. лепестковые

4. Бензонасосы впрыскового двигателя создают давление

- *1. 300...400 кПа
2. 1000...1200 кПа
3. 600...700 кПа

5. Бензонасосы впрыскового двигателя перекачивают в минуту

1. 3...4 литра
- *2. 1...2 литра
3. 6...7 литра

6. Нормальная смесь топлива и воздуха в бензиновой системе питания

1. $\alpha > 1,0$
- *2. $\alpha = 1,0$
3. $\alpha < 1,0$

7. В зависимости от химического состава топлива (бензина) теоретически рассчитанное количества воздуха составляет

1. $L_0 = 12,6...13,5$ кг
- *2. $L_0 = 14,5...15$ кг
3. $L_0 = 15,5...16,5$ кг

8. Цвет пламени горячей бензовоздушной смеси голубой при

- *1. $\alpha=0,85...1,1$
- 2. $\alpha=0,79...0,82$
- 3. $\alpha=0,74...0,76$

9. Цвет пламени горячей бензовоздушной смеси желтый при

- 1. $\alpha=0,85...1,1$
- *2. $\alpha=0,79...0,82$
- 3. $\alpha=0,74...0,76$

10. Цвет пламени горячей бензовоздушной смеси оранжевый при

- 1. $\alpha=0,85...1,1$
- 2. $\alpha=0,79...0,82$
- *3. $\alpha=0,74...0,76$

11. Система холостого хода карбюратора предназначена для

- 1. пуска двигателя
- *2. работы двигателя автомобиля на месте при отпущенной педали «газа» при выключенной коробки передач
- 3. торможения двигателем

12. C_4H_{10} это

- 1. пропан
- *2. бутан
- 3. метан

13. Альтернативные топлива подразделяются на следующие группы:

- *1 – коммерческая
- *2 – перспективная
- *3 – проблемная
- 4 – синтетическая

14. К коммерческой группе альтернативных топлив относится:

- *1. компримированный (сжатый) природный газ
- *2. газ сжиженный нефтяной
- *3. спирты в качестве добавок к бензинам
- 4. каменный уголь

15. К перспективной группе альтернативных топлив относится:

- *1. сжиженный метан

- *2. спирты
- *3. этанол
- *4. метанол
- *5. водород
- *6. биогаз
- 7. каменный уголь

16. К проблемной группе альтернативных топлив относится:

- 1. сжиженный природный газ
- *2. эфиры
- 3. спирты
- 4. этанол
- *5. металлосуспензии
- 6. водород
- *7. водо-бензиновые эмульсии
- 8. каменный уголь

17. Альтернативные топлива подразделяются на:

- 1. Основные, не основные группы
- *2. Коммерческие, перспективные и проблемные группы
- 3. Коммерческие, основные, запасные группы

18. К коммерческим альтернативным топливам относятся:

- 1. Сжиженный метан, биогаз, спирт
- *2. КПГ, ГСН, бензоспиртовые топлива
- 3. Демитилэфир, метанол, топливные элементы

19. К перспективным альтернативным топливам относятся:

- 1. Синтетический бензин (из каменного угля)
- *2. Сжиженный природный газ, водород, спирт, биогаз
- 3. Демитилэфир, перекись азота, растительные масла

20. Октановое число метана:

- 1. 75
- 2. 130
- *3. 115

21. Октановое число пропана:

- 1. 110
- 2. 90
- *3. 127

22. Октановое число бутана:

1. 88
- *2. 95
3. 105

23. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг метана количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

1. 20,0
2. 14,2
- *3. 17,2

24. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг пропана количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

1. 18,4
- *2. 15,8
3. 24,5

25. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг бутана количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

1. 16,7
2. 24,2
- *3. 15,6

26. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг спирта (этанола) количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

1. 22,1
- *2. 9,0
3. 17,2

27. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг водорода количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

- *1. 34,5
2. 19,
3. 27,2

28. Теоретически необходимое для сгорания 1 кг спирта (метанола) количество воздуха (кг) (стехиометрическое соотношение)

1. 24,5
- *2. 6,8
3. 19,6

29. Октановое число спирта (этанола)

1. 95
- *2. 108
3. 116

30. Октановое число спирта (метанола)

- *1. 111
2. 87
3. 124

31. Аббревиатура КПГ означает:

1. Коммерческий природный газ
- *2. Компримированный природный газ
3. Компонентный природный газ
4. Компримированный производственный газ

32. Октановые числа газообразных топлив требуют:

1. Уменьшения угла опережения зажигания
- *2. Увеличения угла опережения зажигания
3. Угол опережения зажигания не меняется

33. При слишком раннем зажигании в двигателях автомобилей с ГБО

1. Ничего не происходит
- *2. «Прогорают» выпускные клапана
3. «Прогорают» впускные клапана

34. Степень заполнения баллонов ГСН составляет

1. 100 %
2. 90 %
- *3. 80 %

35. Аббревиатура СПБТЗ означает :

- *1. Смесь пропанобутанового топлива зимняя
2. Состав пропанобутанового топлива зимний

36. Аббревиатура СПБТЛ означает :

- *1. Смесь пропанобутанового топлива летняя
2. Состав пропанобутанового топлива летний

37. В топливе СПБТЗ содержится:

- *1. 75 % пропана и 25 % бутана

2. 50 % пропана и 50 % бутана
3. 63 % пропана и 37 % бутана

38. В топливе СПБТЛ содержится:

- *1. 34 % пропана и 76 % бутана
2. 40 % пропана и 60 % бутана
3. 45 % пропана и 55 % бутана

39. В зависимости от вида применяемых топлив и типа двигателей автомобиля переоборудуются в ГБО:

- *1. Однотопливные (монотопливные)
- *2. Двухтопливные с независимым питанием двигателя одним из топлив
- *3. Двухтопливные с одновременной подачей двух топлив (газо-дизели)

40. Мощность двигателей, работающих на сжатом газе (метане)

1. уменьшается на 5%-10%
2. не изменяется
- *3. снижается на 18%-20%

41. Сжатый газе (метан) на борту автомобиля хранится в баллонах под давлением

1. 1,24 МПа
2. 7,2 МПа
- *3. 19,6 МПа

42. Запас хода автомобиля на одной заправке сжатым газом (метаном)

1. увеличивается на 10-15%
2. не изменяется
- *3. снижается на 30-40%

43. У автомобиля с двигателем, работающим на сжатом газе (метане) количество токсичных компонентов в отработанных (выхлопных) газах

1. увеличивается на 10-15%
2. не изменяется
- *3. уменьшается на 30-75%

44. Высокая детонационная стойкость метана допускает форсирование двигателя по степени сжатия до

1. 8,5-9,0
- *2. 9,5-10,5

45. По энергетическим параметрам 1 м^3 природного газа приравнивают к

- *1. 1 л бензина
2. 2 л бензина
3. 0,5 л бензина

46. Температура КПП, заправляемого в баллоны автомобиля, должна быть не более

- *1. 40 °С
2. 50 °С
3. 60 °С

47. C_3H_8 это

- *1. пропан
2. бутан
3. метан

48. Что понимается под термином детонационная стойкость бензина?

1. Свойство топлива переходить из жидкого состояния в газообразное.

*2. Способность бензина нормально сгорать в цилиндрах двигателя без самовоспламенения и взрыва.

3. Свойство топлива не изменять химического состава с течением времени.

4. Степень коррозионного действия бензина на детали топливной системы и на износ двигателя.

49. Каким показателем качества характеризуется детонационная стойкость бензина?

1. Кислотность.
2. Наличие механических примесей.
3. Давление насыщенных паров.
- *4. Октановое число.

50. Какими способами можно повысить детонационную стойкость бензинов.

1. Применение современных технологий получения топлив, добавление в топлива антидетонаторов.

2. Добавление в базовые бензины высокооктановых компонентов, добавление в топлива антидетонаторов.

*3. Применение современных технологий получения топлив, добавление в базовые бензины высокооктановых компонентов, добавление в топлива антидетонаторов.

51. Где предназначено для использования дизельное топливо?

1. В поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением от искры и в поршневых двигателях внутреннего сгорания с самовоспламенением от сжатия.

2. В поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением от искры.

*3. В поршневых двигателях внутреннего сгорания с самовоспламенением от сжатия.

52. Каким показателем качества характеризуется задержка самовоспламеняемости?

1. Октановое число.

*2. Цетановое число.

3. Гептановое число.

4. Альфаметилнафталиновое число.

53. Какое влияние оказывает цетановое число на работу дизеля?

*1. Определяет жесткость работы дизеля.

2. Определяет экономичность работы дизеля.

3. Определяет экологичность работы дизеля.

54. Что называется цетановым числом?

*1. Процентное (по объему) содержание цетана в смеси с альфаметилнафталином при условии, что эта смесь при стандартном методе испытания обладает такой же задержкой самовоспламенения, как и исследуемое топливо.

2. Процентное (по массе) содержание цетана в смеси с гептаном при условии, что эта смесь при стандартном методе испытания обладает такой же задержкой самовоспламенения, как и исследуемое топливо.

3. Процентное (по объему) содержание цетана в смеси с гептаном при условии, что эта смесь при стандартном методе испытания обла-

дает такой же задержкой самовоспламенения, как и исследуемое топливо.

4. Процентное (по массе) содержание цетана в смеси с альфа-метилнафталином при условии, что эта смесь при стандартном методе испытания обладает такой же задержкой самовоспламенения, как и исследуемое топливо.

55. Электромагнитный клапан система холостого хода карбюратора предназначен для

1. облегчения пуска двигателя
- *2. открывания жиклера при включенном зажигании
- *3. закрывания жиклера при выключенном зажигании

56. Экономайзеры принудительного холостого хода классифицируется следующим образом

- *1. С электронной системой
- *2. С электронно-пневматической системой
3. С гидравлической системой

57. Экономайзер карбюратора предназначен для

1. автоматического поддержания заданного числа оборотов двигателя
- *2. дополнительного обогащения горючей смеси при полном нажатии на педаль «газа»
3. дополнительного обогащения горючей смеси при всех положениях педали «газа»

58. Эконостат карбюратора предназначен для

1. автоматического поддержания заданного числа оборотов двигателя
- *2. дополнительного обогащения горючей смеси при полном нажатии на педаль «газа»
3. дополнительного обогащения горючей смеси при всех положениях педали «газа»

59. Ускорительный насос карбюратора предназначен для

1. автоматического поддержания заданного числа оборотов двигателя
- *2. дополнительного обогащения горючей смеси при резком нажатии на педаль «газа»
3. дополнительного обогащения горючей смеси при максимальном положении педали «газа»

60. Воздушная заслонка карбюратора предназначена для

1. автоматического поддержания заданного числа оборотов двигателя
2. дополнительного обогащения горючей смеси при резком нажатии на педаль «газа»
- *3. обогащения горючей смеси при пуске холодного двигателя

61. Корпус воздушного фильтра предназначена для

- *1. установки фильтрующего элемента
- *2. глушения шума на впуске

62. Главная дозирующая система карбюратора предназначена для

- *1. приготовления горючей смеси обедненного состава на основных режимах работы двигателя
2. приготовления горючей смеси обогащенного состава на основных режимах работы двигателя
3. приготовления горючей стехиометрической смеси на основных режимах работы двигателя

63. Педаль «газа» карбюраторного двигателя воздействует на

- *1. дроссельную заслонку
2. воздушную заслонку
3. дроссельную и воздушную заслонки

64. Педаль «газа» карбюраторного двигателя воздействует кроме дроссельной заслонки и на

- *1. ускорительный насос, экономайзер
2. воздушную заслонку
3. иглу поплавковой камеры

65. Педаль «газа» бензинового впрыскowego двигателя воздействует на

1. дроссельную заслонку
- *2. воздушную заслонку
3. дроссельную и воздушную заслонки

66. Педаль «газа» бензинового впрыскowego двигателя воздействует кроме воздушной заслонки и на

1. дроссельную заслонку
- *2. датчик положения воздушной заслонки
3. датчик массового расхода воздуха

67. Падаль «газа» дизельного двигателя воздействует на

1. дроссельную заслонку
2. воздушную заслонку
- *3. топливную рейку

68. Топливная аппаратура дизельного двигателя состоит из

1. карбюратора, воздушного фильтра, форсунок и глушителя
2. воздушной заслонки, топливного бака, топливного фильтра
- *3. топливного бака, топливного фильтра, ТНВД, ТННД, форсунок, подкачивающего насоса, топливных магистралей

69. Топливные магистрали дизельного двигателя состоят из

- *1. сливных трубопроводов
- *2. трубопроводов низкого давления
- *3. трубопроводов высокого давления

70. Топливная аппаратура бензинового впрыскового двигателя состоит из

1. карбюратора, воздушного фильтра, форсунок и глушителя
2. воздушной заслонки, топливного бака, топливного фильтра
- *3. топливного бака, топливного фильтра, насоса, форсунок, рампы, регулятора давления, топливных магистралей

71. λ -зонд представляет собой

- *1. датчик концентрации кислорода
2. потенциометр
3. датчик концентрации паров бензина

72. Форсунка бензинового впрыскового двигателя представляет собой

1. представляет собой
- *2. электромагнитный клапан
3. механический клапан

73. Датчик детонации представляет собой

- *1. пьезокристаллическую пластину
2. резистор
3. потенциометр

74. СО-потенциометр используется для регулировки

- *1. уровня концентрации окиси углерода в выхлопных газах на холостом ходу
- 2. количества топлива впрыскиваемого через форсунку
- 3. содержания кислорода O_2 в выхлопных газах

75. Датчик скорости основан на

- *1. эффекте Холла
- 2. законе Фарадея
- 3. постулатах Ньютона

76. Датчик положения коленчатого вала применяется в

- *1. бензиновом впрысковом двигателе
- 2. дизельном двигателе
- 3. карбюраторном двигателе

77. Диагностическая колодка бензинового впрыскового двигателя имеет

- 1. восемь контактов
- *2. шестнадцать контактов
- 3. двенадцать контактов

78. Контакт «М» диагностической колодки бензинового впрыскового двигателя соединен с

- 1. «массой»
- *2. каналом выдачи информации
- 3. каналом управления бензонасосом

79. Контакт «G» диагностической колодки бензинового впрыскового двигателя соединен с

- 1. «массой»
- 2. каналом выдачи информации
- *3. каналом управления бензонасосом

80. Контакт «A» диагностической колодки бензинового впрыскового двигателя соединен с

- *1. «массой»
- 2. каналом выдачи информации
- 3. каналом управления бензонасосом

81. Контакт «В» диагностической колодки бензинового впрыскового двигателя соединен с

1. «массой»
- *2. каналом подачи диагностического сигнала на ЭБУ
3. каналом управления бензонасосом

82. Каталитический нейтрализатор в своем составе имеет следующие химические элементы

1. углерод, кремний, серебро, золото
- *2. платину, золото, свинец
- ..3. платину, палладий, родий

83. Платина каталитического нейтрализатора

1. восстанавливает окись азота в азот
- *2. окисляет углеводороды в водяной пар
- *3. окисляет окись углерода в двуокись углерода

84. Палладий каталитического нейтрализатора

1. восстанавливает окись азота в азот
- *2. окисляет углеводороды в водяной пар
- *3. окисляет окись углерода в двуокись углерода

85. Родий каталитического нейтрализатора

- *1. восстанавливает окись азота в азот
2. окисляет углеводороды в водяной пар
3. окисляет окись углерода в двуокись

86. Топливная аппаратура бензинового впрыскового двигателя продолжает работать в случае выхода из строя (потери работоспособности)

1. всех датчиков
2. датчика детонации
- *3. всех датчиков, кроме датчика положения коленвала

87. По расположению форсунок бензиновый впрысковой двигатель бывает

- *1. с непосредственным впрыском
- *2. с распределенным впрыском
- *3. одновременно и с непосредственным впрыском и с распределенным впрыском

88. По количеству форсунок бензиновый впрысковый двигатель бывает

- *1. с одноточечным впрыском
- *2. с многоточечным впрыском

89. В технической литературе бензиновый впрысковый двигатель также называют

- *1. инжекторным
- 2. эжекторным

90. Карбюраторные двигатели сняты с производства из-за

- 1. дороговизны
- *2. невозможности соблюдения экологических норм
- 3. низкой надежности карбюраторов

91. C_4H_{10} это

- 1. пропан
- *2. бутан
- 3. метан

92. Определите фундаментальное понятие термина «отказ» системы питания газобаллонного автомобиля:

- 1. поломка агрегата или автомобиля в целом;
- 2. предельный износ детали;
- *3. нарушение работоспособности элемента системы питания газобаллонного автомобиля;
- 4. изменение геометрической формы детали;
- 5. старение

93. В какой технологической последовательности выполняются работы по ТО газобаллонных автомобилей:

- 1. уборочно-моечные, регулировочные, крепежные, смазочные;
- 2. уборочно-моечные, смазочные, диагностические, крепежные, регулировочные;
- *3. уборочно-моечные, диагностические, крепежные, регулировочные, смазочные;
- 4. смазочные, крепежные, регулировочные;
- 5. диагностические, регулировочные, смазочные

94. Какой метод подготовки ДВС газобаллонных автомобилей к пуску предпочтителен для крупных АТП:

1. водоподогрев;
- *2. воздухоподогрев;
3. электроподогрев;
4. инфракрасными газовыми горелками;
5. пароподогрев.

95. На каких постах запрещено проводить технические воздействия газобаллонным автомобилям, с системами питания, работающими на сжиженном нефтяном газе (ГНС):

1. напольном посту, оборудованным вентиляционным зонтом;
2. напольном посту;
3. на подъемнике;
4. на эстакаде;
- *5. на осмотровой канаве

96. Альтернативные топлива подразделяются на следующие группы:

- *1. коммерческая
- *2. перспективная
- *3. проблемная
4. синтетическая

97. К коммерческой группе альтернативных топлив относится:

- *1. компримированный (сжатый) природный газ
- *2. газ сжиженный нефтяной
- *3. спирты в качестве добавок к бензинам
4. каменный уголь

98. К перспективной группе альтернативных топлив относится:

- *1. сжиженный метан
- *2. спирты
- *3. этанол
- *4. метанол
- *5. водород
- *6. биогаз
7. каменный уголь

99. К проблемной группе альтернативных топлив относится:

1. сжиженный природный газ
- *2. эфиры

- 3. спирты
- 4. этанол
- *5. металлосуспензии
- 6. водород
- *7. водо-бензиновые эмульсии
- 8. каменный уголь

100. По своим физико-химическим свойствам метан

- 1. тяжелее воздуха
- *2. легче воздуха

101. По своим физико-химическим свойствам метан

- 1. желтого цвета
- 2. белого цвета
- *3. не имеет цвета

102. По своим физико-химическим свойствам метан

- *1. без запаха
- 2. имеет запах

Учебное издание

Лянденбургский Владимир Владимирович
Грабовский Александр Андреевич
Белоковылский Александр Михайлович
Салмин Владимир Васильевич
Аношкин Петр Иванович

**ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ
И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**
Учебное пособие

Редактор В.С. Кулакова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 19.03.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 18,83. Уч.-изд.л. 20,25. Тираж 300 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 66.



Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.