



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автотранспортные, строительные и дорожные  
средства»

## Учебное пособие

# «Автомобили. Типаж и конструкция»

## Часть 1

Автор  
Недолужко А.И.

Ростов-на-Дону, 2018



## Аннотация

Учебное пособие написано в соответствии с программой «Автомобили: Типаж и конструкция» и освещает вопросы устройства и эксплуатации грузовых автомобилей.

Приведены сведения по устройству грузовых автомобилей отечественного производства.

## Автор

к.т.н., доцент кафедры  
«АСиДС» Недолужко А.И.



## Оглавление

<b>1. Краткая история отечественного автомобилестроения.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Тактико-технические требования и типы автомобилей. ....</b>	<b>9</b>
2.1. Тактико-технические требования к автомобилям. ....	9
2.2. Классификация автомобилей. ....	11
2.3. Общее устройство автомобиля.....	13
<b>3. Экология и автомобиль .....</b>	<b>15</b>
3.1. Токсические вещества в составе отработавших газов автомобиля .....	15
3.2. Воздействие токсичных веществ отработавших газов автомобиля на биосферу.....	16
3.3. Уменьшение токсичности двигателей.....	19
3.4. Нейтрализаторы токсичных компонентов отработавших газов. ....	21
3.5. Конструкция каталитических нейтрализаторов. ....	23
3.6. Применение каталитических нейтрализаторов.....	25
<b>4. Общие сведения о двигателях автомобилей .....</b>	<b>28</b>
4.1. Основные понятия о двигателях .....	28
4.2. Такты автомобильных поршневых ДВС. ....	33
4.3. Основные показатели и характеристики двигателей. ....	41
4.4. Увеличение мощности и повышение экономичности двигателей.....	49
4.5. Сравнительная оценка дизельного и карбюраторного двигателей.....	53
<b>5. Кривошипно-шатунный механизм.....</b>	<b>56</b>
5.1. Назначение механизма и классификация. Силы, действующие в механизме. ....	56
5.2. Детали кривошипно-шатунного механизма. ....	58
5.3. Неисправности кривошипно-шатунного механизма. ....	75
5.4. Контрольные вопросы. ....	76
<b>6. Механизм газораспределения .....</b>	<b>77</b>
6.1. Назначение и типы механизмов газораспределения .....	77
6.2. Детали механизмов газораспределения. ....	78
6.3. Фазы газораспределения. ....	85

Автомобили. Типаж и конструкция

6.4.	Неисправности механизма газораспределения.....	87
6.5.	Контрольные вопросы .....	87
<b>7.</b>	<b>Система охлаждения.....</b>	<b>88</b>
7.1.	Назначение и типы систем охлаждения. ....	88
7.2.	Конструкция жидкостной системы охлаждения. ....	91
7.3.	Охлаждающие жидкости и требования к ним. ....	100
7.4.	Неисправности системы охлаждения.....	102
7.5.	Контрольные вопросы: .....	105
<b>8.</b>	<b>Система смазки.....</b>	<b>106</b>
8.1.	Назначение и устройство системы смазки. ....	106
8.2.	Конструкция элементов системы смазки.....	110
8.3.	Масла и смазки, применяемые в автомобилях.....	115
<b>9.</b>	<b>Система питания карбюраторных двигателей. ....</b>	<b>120</b>
9.1.	Назначение и принцип действия системы. ....	120
9.2.	Топливо для карбюраторных двигателей. ....	121
9.3.	Режимы работы двигателя и необходимый состав горючей смеси.....	125
9.4.	Принцип работы простейшего карбюратора.....	128
9.5.	Устройство и работа карбюратора. ....	131
9.6.	Ограничитель максимального числа оборотов двигателя ЗИЛ-375.....	143
9.7.	Приборы системы питания. ....	144
9.8.	Контрольные вопросы: .....	151
<b>10.</b>	<b>Система питания дизельного двигателя .....</b>	<b>152</b>
10.1.	Назначение системы питания и схема питания дизельного двигателя топливом.....	152
10.2.	Распыл топлива и смесеобразование в дизельном двигателе.....	154
10.3.	Топливо для дизельных двигателей.....	158
10.4.	Требования к системе питания дизельного двигателя.....	164
10.5.	Устройство системы питания топливом.....	165
10.6.	Устройство системы питания воздухом и выпуска отработавших газов. ....	177

## 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ.

"Крестными отцами" современного автомобиля считаются немецкие изобретатели Карл Бенц и Готлиб Даймлер, которые построили свои первые экипажи с бензиновыми моторами с разницей в несколько месяцев (1885 – 1886) .

Однако более чем за сто лет до этих событий по улицам Парижа проехал первый самодвижущийся дорожный экипаж со скоростью около 5 км/ч – так Никола Кюньо продемонстрировал свою первую повозку ( 1770 г.)

В России в 80-е годы того же столетия И.П.Кулибин работал над подобным проектом. Кстати "тележка Кюньо" (трехколесный артиллерийский тягач) считается прообразом не только автомобиля, но и паровоза.

Между тем первый четырехтактный двигатель внутреннего сгорания появился в Германии. Его создал Николаус Отто в 1876 году. Маленький четырехтактный бензиновый двигатель в 1805 г. Готлиб Даймлер установил на раме велосипеда и через год он провёл свой первый четырехколесный экипаж по Каништату, а в соседнем Мангейме Бенц испытал трехколесный экипаж.

Даймлер передал лицензию на создание двигателя французской фирме "Панар-Левасор". Левасор разместил двигатель впереди, который приводил движение задние колеса через сцепление и коробку передач. Так в 1891 году появился первый автомобиль.

Автомобильная промышленность в России возникла в конце 19 века и до первой Мировой войны сделала значительные успехи. Крупнейшим предприятием того времени считался Русско-Балтийский вагоностроительный завод в Риге. Вторым по значению считался Балтийский завод Санкт-Петербурга, считавшийся производством автомобилей для военных целей. Кроме того, сборкой автомобилей занимались множество механических мастерских. Однако их зависимость от импорта ряда агрегатов и узлов стала роковой, и даже крупнейшее предприятие (Русско-Балтийское), с началом войны эвакуированное в Москву в 1915 году, прекратило выпуск автомобилей.

После революции отечественную промышленность пришлось возрождать заново. В развитии отечественного автомобилестроения можно выделить несколько основных этапов.

Первый этап (1924 – 1930 г.г.) характеризовался мелкосерийным производством автомобилей. Первые автомобили АМО-Ф-15 грузоподъемностью 1,5 т. были выпущены в 1924 г. в г. Москве

## Автомобили. Типаж и конструкция

на заводе АМО – ныне завод им. Лихачева, а с 1920 года приступил к выпуску грузовых автомобилей Ярославский автомобильный завод.

На втором этапе (1931 – 1946 г.г.) главное внимание уделялось созданию материальной базы для массового производства автомобилей. В это время накапливался производственный опыт, и готовились кадры для автомобильной промышленности. Автомобили выпускались малыми партиями для развития народного хозяйства.

В это время был реконструирован ЗИЛ, в 1932 г. с помощью американских инженеров построен Горьковский автомобильный завод, который стал выпускать грузовые автомобили ГАЗ-АА (на базе грузовой модели Форд-АА) и ГАЗ-ММ (отечественной разработки), а так же легковой автомобиль М-1 – знаменитая "Эмка". Московский же завод приступил к выпуску грузового автомобиля ЗИС-5 и легкового – ЗИС-101. Эти автомобили и их модернизированные модели стали основными в годы Великой Отечественной войны. Эвакуированный ЗИЛ уже в начале 1942 г, параллельно с московским производством стал выпускать ЗИС-5, "Урал" (г. Миасс).

На Горьковском автомобильном заводе в 1943 году был освоен выпуск первых российских джипов – ГАЗ-67Б, а в 1946 – грузовых автомобилей ГАЗ-51 и легковых М-20 "Победа".

На втором этапе автомобильная промышленность значительно увеличила производство.

На третьем этапе (1947 – 1958 г.г.) были разработаны и выпущены автомобили новых конструкций, ГАЗ-63 (грузовой автомобиль повышенной проходимости), ЗИС-150 (на базе знаменитого военного грузовика "Студебеккер") и первый представительский легковой автомобиль ЗИС-110. На базе трофейного немецкого оборудования в 1947 г. Московский завод малогабаритных автомобилей выпустил первый советский массовый легковой автомобиль "Москвич-400".

В эти же годы были построены заводы в Минске (Белоруссия), Павловске (Казахстан), Кутаиси (Грузия), Кременчуге и Львове (Украина). К концу третьего этапа на дорогах страны появились "Москвич-407", М-21 "Волга", ГАЗ-13 "Чайка", ЗИЛ-111. Грузовые автомобили стали более экономичны и повысили производительность за счет новых марок: ГАЗ-51А. ЗИЛ-164А, УРАЛ-355М и другие.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Четвертый этап (1959-1965 г.г.) характеризовался увеличением количества выпускаемых автомобилей, повышением их качества, а также специализацией заводов и кооперацией в масштабе СССР.

В этот период были построены и стали выпускать продукцию завод "Коммунар" (Украина) ЗАЗ-965А "Запорожец", Ульяновский завод УАЗ-469, УАЗ-452, Белорусский автомобильный завод – приступил к выпуску карьерных самосвалов большой грузоподъемности. В тоже время вышли на дороги ГАЗ-52, ГАЗ-53, ГАЗ-66, ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, МАЗ-500, УРАЛ-375, УРАЛ-377.

Пятый этап ( 1966-1970 г.г. ) характерен реконструированием и переоборудованием заводов ГАЗ, ЗИЛ, АЗЛК, МАЗ, БелАЗ, КАЗ, КраЗ и др. Вступили в строй Ижевский автомобильный завод и Волжский автомобильный завод Шестой этап (1970-1980г.г.) – повышение интенсификации автомобильной промышленности и модернизации автомобильных конструкций. Значительных успехов по выпуску продукции добилось ПО АвтоВАЗ.

Кроме того, страна сдала в эксплуатацию автогигант в г. Набережные челны – Камский автомобильный завод.

Седьмой этап ( 1981 – 1994 г.г.) характеризовался все увеличивающимся застоем в автомобильной промышленности и постепенным спадом производства. Назревшие экономические преобразования в стране сказались и во всей отрасли. Не выпущена ни одна новая марка на Камском автомобильном заводе, Волжский завод "10-ю модель" проектировал дважды.

АЗЛК наладив выпуск модели "Москвич-2141", не снабдил ее двигателем необходимой мощности. Горьковская "Газель" страдает болезнью всего семейства советских автомобилей – большим удельным расходом топлива и малой мощностью установленного двигателя. Намеченная на 1985 г. (в армии на 1990) так называемая "дизелизация парка" автомобильного транспорта страны из-за неудач в проектировании на ГАЗе и ЗИЛе не удалась.

Восьмой этап: (с 1995 г.) характеризуется налаживанием нового производства экономичных автомобилей.

Автомобили завтрашнего дня – это малогабаритный и мощный грузовик с грузоподъемностью до 15 т., с большим семейством специальных модификаций в интересах современного производства, торговли и фермерских хозяйств, мощный и экономичный грузовой автомобиль средней и высокой грузоподъемности, а также комфортабельные легковые автомобили, удовлетворяющие мировым стандартам.



Автомобили. Типаж и конструкция

Данный этап характеризуется и повышением экономического сотрудничества с различными зарубежными автомобильными фирмами.



## 2. ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТИПЫ АВТОМОБИЛЕЙ.

### 2.1.Тактико-технические требования к автомобилям.

К автомобилю, как к машине предъявляются следующие общие требования:

- простота конструкции;
- надежность и живучесть;
- компактность;
- малые габариты и вес;
- простота обслуживания и ремонта;
- экономичность.

Важной весовой характеристикой автомобиля является коэффициент грузоподъемности, представляющий собой отношение номинальной грузоподъемности автомобиля  $G_r$  к его весу в снаряженном состоянии  $G_a$

$$K_r = G_r / G_a.$$

Для современных автомобилей многоцелевого назначения  $K_r = 0,4-0,8$ , где нижний предел относится к автомобилям малой грузоподъемности, а верхний – к автомобилям большой грузоподъемности.

Оперативно-тактическая подвижность автомобилей обеспечивается высокими тягово-скоростными свойствами, проходимостью по грунтовым дорогам, колонным путям и местности, приспособленностью автомобилей для совершения маршей. Параметры автомобилей, должны находится в пределах :

- максимальная скорость движения по шоссе 70-100 км/ч;
- минимально устойчивая скорость 2-3 км/ч;
- максимальный динамический фактор на низшей передаче: передаточное число в раздаточной коробке – 0,7-0,9, на прямой передаче – 0,06-0,15;
- вес буксируемого прицепа до 70 % от полного веса автомобиля с грузом;
- средняя скорость движения по дорогам с твердым покрытием – 50-60 км/ч, по грунтовым – 30-40 км/ч.

По проходимости многоцелевые автомобили должны обеспечивать:

- средние скорости движения по размытым и заснеженным грунтовым дорогам и колонным путям – 15-20 км/ч;

## Автомобили. Типаж и конструкция

- уверенное преодоление труднопроходимых участков местности
- преодоление крутых подъемов (до  $35^{\circ}$ ), затяжных спусков, косогоров (до  $25^{\circ}$ ), пороговых препятствий высотой 0,8-1,0 и рвов шириной 1,0-1,3 радиуса колеса; многоосные шасси – 1,5-2 радиуса колеса.
- преодоление водных преград на плаву или вброд:
- глубина преодолеваемого брода без подготовки автомобиля до 1,2 м.

Для совершения многоцелевыми автомобилями форсированных маршей без длительных остановок требуется:

- запас хода по топливу – 650-800 км;
- высокая плавность хода, обеспечивающая минимальную утомляемость экипажа и перевозимого личного состава.

Работоспособность автомобиля и экипажа должна сохраняться в различных эксплуатационных условиях;

- при температуре окружающего воздуха от  $-50^{\circ}$  до  $+50^{\circ}$  C;
- при относительной влажности воздуха до 98 %;
- в горах на высоте до 3000 м над уровнем моря (на больших высотах падение мощности двигателя должно компенсироваться путем наддува);

Надежность автомобиля характеризуется способностью его конструкции длительно работать в заданных условиях эксплуатации без вынужденных остановок по техническим причинам.

Одним из основных показателей надежности автомобилей является среднее время наработки на отказ, равное среднему числу часов работы автомобиля между двумя смежными остановками из-за поломок или других технических неисправностей.

Долговечность, или срок службы, автомобилей характеризуется продолжительностью их работы в километрах пробега или часах, включая пробеги после капитальных ремонтов, до полного износа, разрушения и списания.

В нормальных условиях эксплуатации минимальный пробег многоцелевых автомобилей до первого капитального ремонта должен быть 160-250 тыс. км, а при эксплуатации в трудных условиях 80-120 тыс. км, причем меньший пробег относится к легким автомобилям, а больший – к тяжелым.

Общий пробег до списания легких и средних автомобилей должен быть 300-400 тыс. км при одном капитальном ремонте. Увеличение срока службы этих автомобилей за счет дополнительных капитальных ремонтов экономически не целесообразно.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту.

Измерителями этого качества конструкций автомобилей являются периодичность и трудоемкость работ технического обслуживания и ремонта.

### 2.2. Классификация автомобилей.

Автомобили в зависимости от назначения и приспособленности к дорожным условиям выпускаются различных типов. По назначению автомобили подразделяются на пассажирские, грузовые, специальные и специализированные. К пассажирским автомобилям, предназначенным для перевозки людей, относятся легковые автомобили и автобусы. Пассажирские автомобили, вмещающие не более восьми человек (включая водителя), называются легковыми, а вмещающие более восьми человек – автобусами.

Система обозначения (индексация) автомобилей включает буквы, обозначающие завод-изготовитель и индекс, состоящий из четырех цифр. Модификации моделей имеют пятую цифру, указывающую порядковый номер модификации, а экспортный вариант модели имеет шестую цифру. Первая цифра, входящая в состав индекса, указывает на класс автомобиля, вторая на вид, третья и четвертая номер – модели. Виды автомобилей обозначаются:

1-легковые; 2-автобусы; 3-грузовые; 4-сед. тягачи; 5-самосвалы; 6-цистерны; 7-фургоны; 8-резервная; 9- специальные.

Классы легковых автомобилей, определяемые по рабочему объему двигателя приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Класс автомобиля	Особо малый	Малый	Средний	Большой
Рабочий объем, л	<1,2	1,2 – 1,8	1,8-3,5	>3,5
Пример	Заз – 1111	Ваз – 2107	Газ- 3102	Зил-4101

Грузовые автомобили различают по полной массе и грузоподъемности, т.е. по массе груза, перевозимого в кузове. Грузоподъемность обычно указывают для дорог с твердым покрытием. При работе на грунтовых дорогах грузоподъемность должна быть снижена на 25%. Классы грузовых автомобилей, определяемые по полной массе, приведены в таблице 2.2.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Таблица 2.2.

Класс автомобиля	Особо малый	Малый	Средний	Большой		Особо большой	
				8-14	14-20	20-40	> 40
Полная масса, т.	< 1,2	2-2	2-8	8-14	14-20	20-40	> 40
Обозначение	13	23	33	43	53	63	73
Пример		ИЖ-2715	Газ-3302	КамАЗ-4310	КамАЗ-5322		МАЗ-7301

Автобусы, предназначенные для внутригородского и пригородного общественного транспорта, называют городскими, а предназначенные для междугородних сообщений – между гор одними и туристическими. Классы автобусов различают по их длине. Классы автобусов, определяемые по длине, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3.

Класс автобуса	Особо малый	Малый	Средний	Большой	Сочленен.
Длина, м	< 5	5-7,5	8-9,5	0,5 – 12	> 11
Обозначение	12	22	32	42	52

Специальные автомобили предназначены для выполнения специальных работ или приспособлены для перевозки определенного вида груза. К ним относятся подвижные мастерские, радиостанции, топливозаправщики, краны, хлебовозки и др. К армейским специальным автомобилям относятся и специальные шасси для транспортировки, подготовки и пуска ракет, залпового огня, комплексов ПВО и др.

По приспособленности к дорожным условиям различают автомобили обычной (дорожной), повышенной и высокой проходимости. Автомобили обычной проходимости предназначены для работы по дорогам с твердым покрытием и сухим улучшенным грунтовым дорогам, а повышенной и высокой, кроме того, по бездорожью, снегу и мокрым грунтовым дорогам.

Проходимость автомобиля определяется по общему числу колес и числу ведущих колес и обозначается колесной формулой :

## Автомобили. Типаж и конструкция

4x2 ( Ваз-2107); 4x4 ( Ваз-2121); 6x4 ( КамАЗ-5322);  
6x6 ( Урал-375Д, КамАЗ-4310); 8x8 ( МАЗ – 7301).

По типу двигателя автомобиля делятся на бензиновые (карбюраторные, инжекторные), дизельные, газобаллонные и газогенераторные. Карбюраторные и инжекторные двигатели работают на бензине, дизельные – на тяжелом (дизельном) топливе, газобаллонные – на сжатом или сжиженном газе, а газогенераторные – на твердом топливе (древесине, угле).

Существуют экспериментальные разработки автомобилей с электрическим двигателем.

### 2.3. Общее устройство автомобиля

Современный автомобиль представляет собой сложную машину, состоящую из отдельных агрегатов, механизмов и устройств. Конструкция и взаимное расположение (компоновка) этих агрегатов и механизмов могут быть различными. Однако у большинства автомобилей принципы устройства и работы основных механизмов, так же, как и общая схема всего автомобиля, одинакова.

В общем при рассмотрении конструкции автомобиля выделяют следующие основные его части: силовую передачу, ходовую часть, управляющие механизмы (рулевое управление и тормозную систему), двигатель и кузов.

Силовая передача (трансмиссия), состоит из узлов и агрегатов, передающих крутящий момент от двигателя к ведущим колесам и изменяющих крутящий момент (частоту оборотов) по величине и направлению.

Силовая передача состоит из сцепления, коробки передач, карданной передачи, раздаточной коробки (на автомобилях повышенной проходимости с двумя и более ведущими мостами) главной передачи, дифференциала и полуосей.

Ходовая часть является основой автомобиля, к ней относятся оси автомобиля, подвеска, колеса и шины.

Механизмы управления дают возможность управлять автомобилем – рулевым управлением изменяют направление движения, а тормозными системами замедляют скорость движения и останавливают автомобиль.

Кузов грузового автомобиля предназначен для размещения груза и состоит из платформы и кабины водителя. К нему относятся крылья, облицовка, капот и брызговики.

Двигатель преобразует тепловую энергию, получающуюся при сгорании топлива в цилиндрах в механическую работу.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Краткая характеристика изучаемых автомобилей приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Основные данные	Марки автомобилей	
	Урал-375	КамАЗ-4310
Тип двигателя	Карбюраторный ЗИЛ-375	Дизельный КамАЗ-740
Длина, мм .	7370	7650
Ширина, мм .	2074	2900
Грузоподъемность, кг.	5000	6000
Колесная формула	6х6	6х6
Полная масса, кг.	13150	15100
Радиус поворота м .	10,8	10,8
Расход топлива на 100 км , л .	75 (АИ-93)	47 (дизтопливо)

### 3. ЭКОЛОГИЯ И АВТОМОБИЛЬ

Атмосфера нашей планеты постоянно загрязняется токсичными веществами (газами и аэрозолями), вследствие естественных (космических и геологических процессов, продуктов жизнедеятельности живых организмов) и антропогенных (связанных с человеческой деятельностью) источников.

Выброс токсичных веществ, поступающих в окружающую среду от естественных источников, составляет 90,5% CO и CO<sub>2</sub> (соответственно 210 тыс. и 3000 млн. т в год), 74,3% CH (300 млн. т в год), 85% твердых частиц (1700млн. т в год). Токсичность от антропогенных источников составляет 96,5% (52 млн. т в год) всех поступлений в атмосферу NO<sub>x</sub>.

Рост автомобильного парка РФ происходит на 65-75% за счет перепродажи подержанных автомобилей из развитых стран Западной Европы и Японии. В связи с этим в крупных городах, где проживает более 45% населения страны, на легковые и грузовые автомобили, автобусы, мотоциклы приходится 65-75% выбросов CO, 55-75% CH и 48-68% NO<sub>x</sub>.

Такие показатели в начале 70-х годов соответствовали данным Агентства по защите окружающей среды США. Однако рост автомобильного парка в США сопровождался и усилением требований природоохранных законов к содержанию токсичных веществ в составе отработавших газов, а численность этого парка в 1970 г. превышала, наш нынешний в 1,5-2 раза.

Первый в мире стандарт, регламентирующий токсичность веществ, выбрасываемых двигателями, был введен в 1959 г. в штате Калифорния. В Европе в 1970 году были введены Нормы Европейской экономической комиссии, определявшие предельные концентрации токсических веществ в отработавших газах механических транспортных средств, а с 1995 года действуют нормы ЕВРО-П. Таким образом, продажа отечественных автомобилей в развитые страны без соответствующих доработок представляется невозможной.

#### 3.1. Токсические вещества в составе отработавших газов автомобиля

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс освобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кис-

## Автомобили. Типаж и конструкция

лородом. В продуктах окислительных реакций содержатся токсичные компоненты – промежуточные соединения сложных цепных реакций: окиси углерода, несгоревшие углероды, в том числе фильтрат (преимущественно состоящий из твердого углерода), выбрасываемые двигателями в составе отработавших газов. Они разбавляются также побочными продуктами горения: присадок (барий, свинец и др.) и примесей присутствующих в нефтепродуктах, а именно окислы азота, соединения кислорода и водорода с серой. Поэтому осуществить процесс горения до конца, до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) не представляется возможным.

В поршневых двигателях внутреннего сгорания часть газов через неплотности поршневых колец проникает в картер, где смешивается с парами смазок и масел и образует картерные газы – второй источник выбросов токсичных веществ автомобилями. Распределение основных групп токсичных веществ по источникам в процентах приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Тип двигателя	Отработавшие газы %			Картерные газы %			Топливные испарения %		
	CO	CH	NOx	CO	CH	NOx	CO	CH	NOx
Карбюраторный	95	55	98	5	5	2	0	40	0
Дизельный	98	90	98	2	2	2	0	8	0

Третьим источником являются топливные испарения, поступающие в воздушную среду из топливных баков, карбюраторов, систем питания двигателей. Они состоят из углеродов топлива различного состава. Распределение основных групп токсичных веществ в выбросах автомобилей между указанными источниками (таблица 3.1) показывает, что определяющим источником являются отработавшие газы.

### 3.2. Воздействие токсичных веществ отработавших газов автомобиля на биосферу.

Оксид углерода. Поступая в атмосферу, CO сохраняется в ней около 4 месяцев, Над океанами и морями её концентрация составляет всего 0,01 – 0,1 ppm, в сельских районах – 0,1 ppm, в населенных пунктах обычно увеличивается более чем в 10 раз.

При повышении концентрации выше предельно- допустимой оксид углерода вызывает отравление. Поступая в организм чело-



## Автомобили. Типаж и конструкция

века, и соединяясь с гемоглобином крови, CO даёт устойчивое соединение – карбоксимгемоглобин, затрудняющий процесс газообмена клеток, что приводит к кислородному голоданию. Концентрация CO свыше 100 ppm вызывает признаки отравления. При концентрации свыше 200 ppm в течение нескольких часов – легкое отравление. Если в воздухе содержится 1200 ppm CO, то через 30 мин наблюдается повышенное сердцебиение, через 1,5 часа головокружение, а через 2 часа появляется головная боль, тошнота, иногда потеря сознания. Концентрация CO в 2000-2500 ppm приводит к обморочному состоянию.

Окислы азота. Азот, соединяясь вместе с кислородом воздуха, образует пять соединений: NO; NO<sub>2</sub>; N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Окружающий нас воздух в основном содержит окись NO и двуокись NO<sub>2</sub>. Токсичное воздействие окислов азота при его выбросах проявляется в двух слоях атмосферы: стратосфере и тропосфере. В стратосфере происходит каталитическое разрушение озонового (O<sub>3</sub>) слоя, находящегося на высоте от 10 до 50 км. Это разрушение или истончение влечет за собой возрастание биологически активной радиации и ставит под угрозу существование биосферы в целом. Основным источником NO<sub>x</sub> считаются испарения почв с внесенными в них азотными удобрениями. Кроме того, выбросы самолетных двигателей (на границе тропосферы и стратосферы) привносят окислы азота в сам озоновый слой. Определенный урон озоновому слою наносят старты ракет, окислитель которых азотный тетраксид, попадая в окружающую среду, полностью разрушают слой в месте прохода траектории полета, образуя так называемые "озоновые дыры".

Доля же автотранспорта в общем балансе поступления NO сравнительно невелика.

Повышение концентрации NO<sub>x</sub> (в основном NO<sub>2</sub>) в нижней атмосфере, где она сохраняется в течение 3-4 дней, пагубно воздействует на организм человека. При вдыхании человеком такого воздуха в дыхательных путях образуется азотная и азотистая кислоты в результате соединения окислов с водой. Раздражаются слизистые оболочки глаз, носа, рта. Степень воздействия NO, приблизительно в 10 раз сильнее CO.

Окислы азота являются исходными продуктами фотохимических реакций, протекающих в атмосфере, и приводящих к образованию грязных токсических туманов, так называемых смогов.

Углеводороды. Группа углеводородов, содержащихся в токсических выбросах автомобилей, поступает в окружающую среду в различном состоянии, начиная с простейших молекул до сложных

## Автомобили. Типаж и конструкция

многоядерных По характеру воздействия на организм человека различают две принципиально различные группы углеводов: раздражающую и канцерогенную. Соединения первой группы оказывают наркотическое воздействие на центральную нервную систему и раздражают слизистые оболочки. К ним относят альдегиды (в основном формальдегид  $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$  и акролеин  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$ ), все предельные и непредельные соединения углерода с водородом, не относящиеся к ароматическим соединениям.

Наибольшую опасность для человека представляют углеводородные соединения канцерогенной группы: 1,2- бензантрацен ( $\text{C}_{18}\text{H}_{12}$ ); 3,4- бензпирен (бенз(а)пирен) ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ); 1,2- бензпирен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ); 3,4 – бензфлуорантен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}$ ); 1,2,5,6 – дибензантрацен ( $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$ ); 1,2,3,4 -дипирен, коронен ( $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ ). Попадая в организм человека, в его дыхательные пути, полициклические ароматические углеводороды постепенно накапливаются до критических концентраций и стимулируют образование злокачественных опухолей.

Углеводороды  $\text{CH}$ , особенно олефинового ряда, наряду с  $\text{NO}_x$  участвуют в образовании смогов.

Сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ). При среднесуточной концентрации в воздушной среде более  $0,05 \text{ мг/м}^3$   $\text{SO}_2$  оказывает токсическое воздействие на флору, фауну и человека. Меньшие концентрации  $\text{SO}_2$ , в результате соприкосновения с серной кислотой способствуют закислению почв и воды.

При концентрациях  $0,0007-0,0010\%$  сернистый газ вызывает раздражение горла человека,  $0,0017\%$  – раздражение слизистых оболочек глаз, носоглотки и вызывает кашель,  $0,04\%$  – наступает общее отравление через 3 мин воздействия.

Выбросы в атмосферу оксидов серы и азота при нынешнем уровне развития индустриального общества стали настолько большими, что несколько десятилетий назад возникло новое понятие – кислотные дожди. Такая дождевая вода вызывает (особенно в непроточных водоемах) гибель всего живого: сначала рыбы, затем лягушек и других земноводных, и наконец растений.

Соединения свинца. При горении топлива содержащийся в этилированном бензине тетраэтилсвинец с выходом из реакции разрушается, образуя токсичные свинцовые соединения – бромистый свинец, окись свинца, хлористый свинец, фосфат свинца, сульфат свинца. Эти соединения способны аккумулироваться организмом, попадая в него не только через дыхательные пути, но даже через кожу, и прежде всего поражают центральную нервную систему и кровеносные органы.

С отработавшими газами в воздушную среду поступает от 37 до 85% соединений свинца, содержащихся на стенках цилиндров двигателя и в выпускном тракте. Свинец обнаруживается в смывах рук регулировщиков уличного движения и дорожных рабочих, на листьях и плодах деревьев, кустарников, бахчевых и грибах, растущих в придорожной полосе, и даже в молоке коров, пасущихся вблизи автомагистралей.

Углекислый газ. Содержание в воздухе  $\text{CO}_2$  нормировано и наблюдаются локальные его суточные и сезонные колебания, связанные с интенсивностью процесса фотосинтеза. При больших концентрациях он оказывает наркотическое действие, но образование таких зон маловероятно. Содержание его в атмосфере в среднем составляет 0,03% по объему (что составляет  $2,3 \cdot 10^{12}$  т.), но оно постоянно увеличивается в основном за счет природных и антропогенных пожаров лесных массивов. Так как  $\text{CO}_2$  трехатомный газ, то он задерживает инфракрасный спектр излучения планеты, чем и обуславливается перегрев ее поверхности. Этот перегрев в планетарном масштабе называют "парниковым эффектом", воздействие которого на глобальный климат с каждым годом усиливается, так как годовой прирост  $\text{CO}_2$  за счет всей Земли. Повышение концентрации углекислого газа в воздухе снижает содержание в нем кислорода и тем самым уменьшает значение пороговых, опасных для человека концентраций токсичных веществ.

### 3.3. Уменьшение токсичности двигателей.

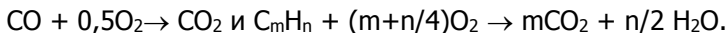
В настоящее время учеными-химиками разработано множество способов борьбы с токсичными выбросами автомобилей, использующих традиционные виды топлива, но наиболее эффективными оказались два из них. Первый основан на регулировках основных систем двигателя, а второй – на использовании нейтрализаторов для каталитического дожигания отработавших газов.

Регулировки основных систем дизельных двигателей основаны на изменении угла опережения впрыска топлива, что ведет к снижению выброса  $\text{NO}_x$ . Так уменьшение угла на 1/3 от оптимального значения по экономичности ведет к снижению концентрации  $\text{NO}_x$  в 2,5-3 раза, однако при этом происходит увеличение содержания сажи. Тогда как увеличение угла на  $5-10^\circ$  ведет к снижению концентрации  $\text{NO}_x$  в 1,5 раза и более, при этом не происходит практического увеличения расхода топлива, а также не отмечается заметного роста выброса газообразных продуктов неполного сгорания топлива и сажи.

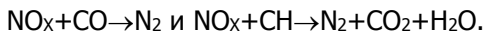
## Автомобили. Типаж и конструкция

Уменьшение токсичности карбюраторных двигателей заключается в регулировании состава горючей смеси и угла опережения зажигания, однако даже правильных регулировок такого рода недостаточно для снижения токсичности отработавших газов.

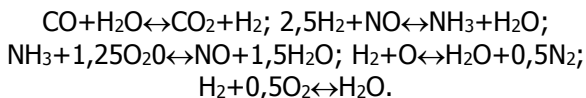
Цель установки различных видов нейтрализаторов на автомобилях-превратить токсичные компоненты отработавших газов в нетоксичные, то есть нейтрализовать. Нейтрализаторы устанавливаются в системе выпуска отработавших газов двигателей. К ним относят нагнетатели, пульсаторы, эжекторы, фильтры для задержания аэрозольных частиц, предназначенные в основном для окисления (дожигания) продуктов неполного сгорания топлива до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Согласно формулам:



В некоторых случаях азот из его токсичных окислов восстанавливается



В нейтрализаторах протекает ряд побочных реакций:



При наличии в топливе серы часть сернистого ангидрида, образовавшегося при горении, превращается в серный ( $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ ) и далее в серную кислоту  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

В жидкостных аппаратах альдегиды и  $\text{NO}$ , связываются между собой. Такие нейтрализаторы способствуют снижению токсичности двигателей, особенно карбюраторных.

Считается, что прорывом в очищении от токсичных выбросов отработавших газов является повышение температуры горения топлива в камерах сгорания. Одним из прогрессивных направлений этого пути является создание керамических двигателей внутреннего сгорания, в которых возможно повысить температуру горения в несколько раз и при этом не произойдет его разрушение.

### 3.4. Нейтрализаторы токсичных компонентов отработавших газов.

На автомобилях находят применение главным образом каталитические нейтрализаторы отработавших газов. В присутствии твердых катализаторов реакции нейтрализации токсичных компонентов протекают эффективно при относительно низких температурах. Поэтому каталитические нейтрализаторы имеют низкую температуру начала эффективной работы (температуру зажигания) 250–270° С и обладают следующими свойствами: быстро вступают в действие после пуска холодного двигателя;

- имеют небольшие размеры и массу, так как реакции нейтрализации эффективно протекают при высокой скорости газов у поверхности катализатора;
- эффективно действуют во всем диапазоне режимов работы автомобильных двигателей;
- не вызывают снижение мощности двигателя и повышение расхода топлива;
- имеют достаточный срок службы.

В качестве катализаторов применяют преимущественно благородные металлы: платину, палладий, платинопалладиевые сплавы. Лучшими свойствами обладают катализаторы из платины и палладия с добавками родия, рутения, иридия. Ограниченное применение находят окисные катализаторы, представляющие собой соединения металлов переходной группы, например, окислы кобальта  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , марганца  $\text{MnO}_3$ , никеля  $\text{NiO}$ , меди  $\text{CuO}$ , хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и др. По основным показателям эффективности (активности и селективности) окисные катализаторы уступают катализаторам из благородных металлов. Их стойкость при высоких температурах ниже, они не обеспечивают достаточно устойчивого протекания реакций при повышенной скорости реагирующих газов.

Активность катализатора характеризуется степенью превращения исходных веществ в реакции при определенной температуре:

$$\eta = \Delta P / \text{CO} = (\text{CO} - \text{O}) / \text{CO} = C / \text{CO},$$

где:  $\text{CO}$  и  $C$  – начальная и конечная концентрации исходных веществ (например, окиси углерода, углеводородов в реакциях нейтрализации отработавших газов).

Для сравнения и оценки активности катализаторов строят экспериментальные зависимости степени превращения веществ (в

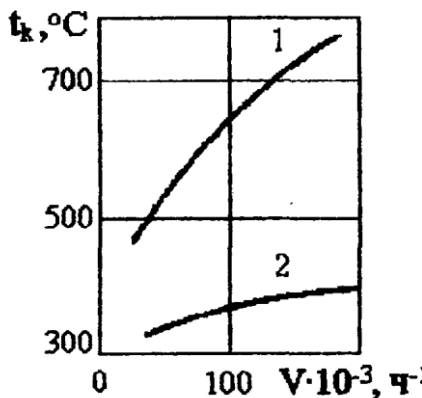
## Автомобили. Типаж и конструкция

данном случае газовых токсических компонентов) от температуры в зоне реакции при одинаковых условиях, а в общем случае – при бесконечно большом времени реакции.

Используя эти зависимости, сравнение активности различных катализаторов проводят по температуре, при которой степень превращения достигает заданной величины, или, наоборот, сравнивают значения степени превращения при заданной, характерной для изучаемого процесса температуре.

Понятие степень превращения (или степень очистки, степень нейтрализации) применяют также для оценки эффективности каталитического нейтрализатора, хотя степень превращения токсичных веществ зависит не только от свойств катализатора, но и от условий протекания физико-химических процессов. В частности, она зависит от времени пребывания газов у поверхности катализатора (рисунок 3.1). Это время характеризуется объемной скоростью  $V$ , равной отношению часового объемного расхода газа, приведенного к нормальным условиям, к насыпному объему катализатора. Время пребывания ( $\tau$ ) – величина, обратная объемной скорости, т.е.  $\tau = 3600 / V$ . Максимальное значение объемной скорости не превышает  $105 \text{ ч}^{-1}$ .

Селективностью катализатора применительно к процессам нейтрализации отработавших газов называют его способность ускорять только те реакции, конечные продукты которых токсичны. Платина и палладий обладают достаточно высокой селективностью. Установлено, что селективность родия, рутения, осмия и иридия в реакциях нейтрализации основных токсичных веществ выше, чем платины и палладия. Добавка этих катализаторов позволяет уменьшить образование аммиака и сернистого ангидрида в побочных реакциях, а родий и рутений повышают также эффективность восстановления окиси азота.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1 – Зависимость температуры 90%-ной степени превращения окиси углерода CO от объемной скорости газа для различных катализаторов: 1-окисного, 2-платинового.

Время пребывания равно времени, за которое через нейтрализатор проходит объем газа, равный объему нейтрализатора.

Сокращение времени пребывания (или повышение объемной скорости) позволяет уменьшить размеры и массу нейтрализатора.

### 3.5. Конструкция каталитических нейтрализаторов.

Реакции окисления или восстановления токсичных веществ, происходят в поверхностном слое катализатора, и их скорость определяется обычно процессами массопереноса реагирующих веществ к поверхности катализатора. В связи с этим оказывается целесообразным применение катализаторов, нанесенных тонким слоем на внешнюю поверхность химически инертного материала, называемого носителем.

По виду геометрических форм носителя различают каталитические нейтрализаторы с гранулированным носителем и блочным или монолитным носителем. Гранулированный носитель выполняют чаще в форме шариков диаметром 2-5 мм, а также в форме цилиндрических тел, колец и т. п. Чем меньше размеры гранул, тем выше степень превращения. Однако следует учитывать, что с уменьшением размеров гранул возрастает гидравлическое сопротивление нейтрализатора.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Гранулы изготавливают обычно из окиси алюминия  $Al_2O_3$ , алюмосиликатов или из окислов кальция, циркония, бериллия. Насыпная масса гранулированного носителя составляет 0,4-0,8 г/см<sup>3</sup>; удельная площадь «активной» поверхности, вычисленная по поверхности пор, 50-100 м<sup>2</sup>/г.

Гранулы с нанесенным на их поверхности катализатором помещают в пространство между двумя перфорированными решетками из листовой жаропрочной стали с приваренной к ним металлической сеткой. Этот узел каталитического нейтрализатора называют реактором. Реактор устанавливают в корпусе из жаропрочной стали, который имеет входной и выходной патрубки (рисунок 3.2)

В нейтрализаторах с гранулированным носителем скорость газа, вычисленная для общей фронтальной площади реактора, не превышает 1м/с.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**2 Схема каталитического нейтрализатора автомобильного типа:**

**1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – реактор; 4 – выходной патрубок.**

Скорость газа в каналах нейтрализатора с блочным носителем составляет не более 10 м/с.

В блочном или монолитном носителе отработавшие газы проходят по поперечным каналам, образованным тонкими стенками единого, монолитного тела-блока. В поперечном сечении каналы имеют треугольную, прямоугольную или круглую форму. Гидравлический диаметр каналов равен 1-2 мм. Чем меньше размеры поперечного сечения и тоньше стенки каналов, тем больше число каналов, приходящихся на единицу площади блока (плотность расположения ячеек), и тем больше площадь активной поверхности катализатора, меньше размеры и масса реактора и нейтрализатора при заданном расходе отработавших газов.

Плотность расположения ячеек нейтрализаторов составляет 30-60 на см<sup>2</sup>, а в некоторых конструкциях она повышена до 95 на см<sup>2</sup>. Отношение суммарной площади поперечного сечения каналов к общей площади блока равно 0,65 – 0,7. Необходимо учитывать,



что по мере уменьшения размеров поперечного сечения канала повышается их гидравлическое сопротивление.

Блочные носители изготавливают из окиси алюминия, кордиерита, муллита и т.п. Площадь активной поверхности материала носителя, как правило, недостаточна (до  $0,5 \text{ м}^2/\text{г}$ ), эффективность нейтрализатора оказывается невысокой, если слой катализатора наносят непосредственно на материал носителя. Чтобы повысить площадь активной поверхности катализатора до необходимой величины ( $8\text{-}10 \text{ м}^2/\text{г}$ ), поверхность носителя покрывают тонким слоем окиси алюминия.

Масса блочного носителя обычно меньше, чем гранулированного, поэтому нейтрализатор с блочным носителем быстрее нагревается и быстрее вступает в действие после пуска двигателя. Нейтрализаторам с блочными и гранулированными носителями присущи свои преимущества и недостатки. Нейтрализаторы с блочными носителями применяют на автомобилях с двигателями небольшой мощности, отработавшие газы которых имеют высокую температуру, а с гранулированными носителями используют для двигателей большой мощности с умеренной температурой газов.

Срок службы катализаторов из благородных металлов в нейтрализаторе легкового автомобиля составляет 2000 ч, или 80 тыс. км пробега.

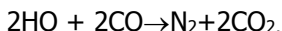
Эффективность действия каталитического нейтрализатора в значительной степени зависит от равномерности распределения расхода газа в поперечном сечении реактора. Чтобы обеспечить приемлемую равномерность потока, скорость газов во входном и выходном патрубках нейтрализатора выбирают относительно невысокой. Гидравлическое сопротивление реактора должно составлять не менее 30-40% общего сопротивления нейтрализатора.

### **3.6. Применение каталитических нейтрализаторов.**

В зависимости от состава отработавших газов, который определяется составом горючей смеси, т.е. коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ , в нейтрализаторе протекают преимущественно окислительные или восстановительные реакции. В узком диапазоне состава горючей смеси, близкого к стехиометрическому (при  $0,95 < \alpha < 0,98$ ), с высокой скоростью протекают как окислительные, так и восстановительные реакции, и происходит эффективная нейтрализация всех трех основных токсических компонентов (рисунок 3.3). Окись углерода и углеводороды окисляются с образованием конечных продуктов сгорания топлива – углекислого газа и воды,

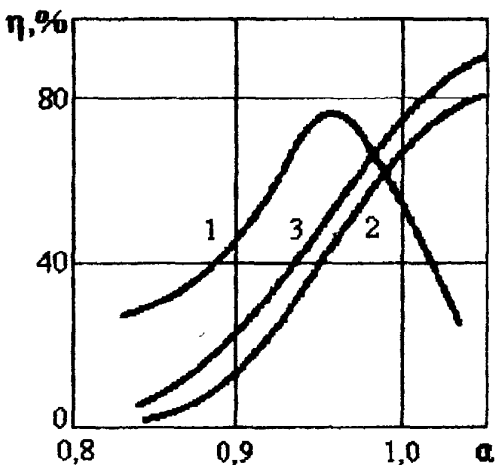
## Автомобили. Типаж и конструкция

а окись азота восстанавливается преимущественно в реакции с окисью углерода



В автомобильных двигателях с принудительным воспламенением и в дизелях широко применяют окислительные каталитические нейтрализаторы (дожигатели). Так как высокую степень превращения окиси углерода и углеводородов в каталитическом нейтрализаторе можно получить при наличии избытка кислорода в отработавших газах (рисунок 3.3) т.е. при  $\alpha > 1$ , поэтому на двигателях с принудительным воспламенением осуществляют подачу дополнительного воздуха в выпускной трубопровод при работе двигателя на богатой смеси (при  $\alpha < 1$ ). В отработавших газах дизелей необходимое количество свободного кислорода содержится при всех режимах и подача дополнительного воздуха не требуется.

В результате дожигания продуктов неполного сгорания топлива при работе двигателей с принудительным зажиганием на богатой смеси температура газов может повышаться до 900-1100°C. В таких системах предусматривают автоматическую систему защиты нейтрализатора от перегрева.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3 Зависимость степени превращения токсичных компонентов отработавших газов от коэффициента  $\alpha$ :

**1 – окиси азота; 2 – окиси углеводов; 3 – окиси углерода.**

Восстановление окиси азота происходит с достаточной эффективностью при работе на слегка обогащенной смеси (рисунок 4) и поэтому возможно лишь на двигателях с принудительным воспламенением. В настоящее время на легковых автомобилях с такими двигателями находят применение каталитические нейтрализаторы тройного действия. Для эффективной нейтрализации всех трех основных токсичных компонентов состав горючей смеси должен изменяться в узких пределах. Например, если применяется платинородиевый катализатор, наиболее активный в нейтрализаторе тройного действия, то коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  должен быть равен  $0,96 \pm 0,03$ .

Современные системы смесеобразования с карбюратором не способны поддерживать состав смеси в требуемых узких пределах, поэтому на двигателях с каталитическим нейтрализатором тройного действия чаще применяют систему смесеобразования с впрыском бензина, хотя возможно применение систем с карбюратором, отрегулированным на всех режимах на богатую смесь. В этом случае необходимый для действия катализатора тройного действия состав отработавших газов обеспечивают подачей дополнительного воздуха на входе в нейтрализатор.

И в том и в другом случае необходима электронная система регулирования, включающая электронное анализирующее устройство, датчик концентрации кислорода в отработавших газах, и исполнительное устройство, которое в системе с впрыском бензина воздействует на орган регулирования цикловой подачи топлива, а в системе с дополнительной подачей воздуха-на клапан, регулирующий расход воздуха.

Активность катализатора существенно уменьшается со временем, если в отработавших газах содержится свинец (например, при работе на этилированном бензине), фосфор и сера. Заметное отрицательное действие оказывают также соединения магния, бария, цинка, кальция, магний, кальций и другие элементы содержатся в присадках к маслу и топливу, повышающих, их качество.

## 4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЯХ АВТОМОБИЛЕЙ

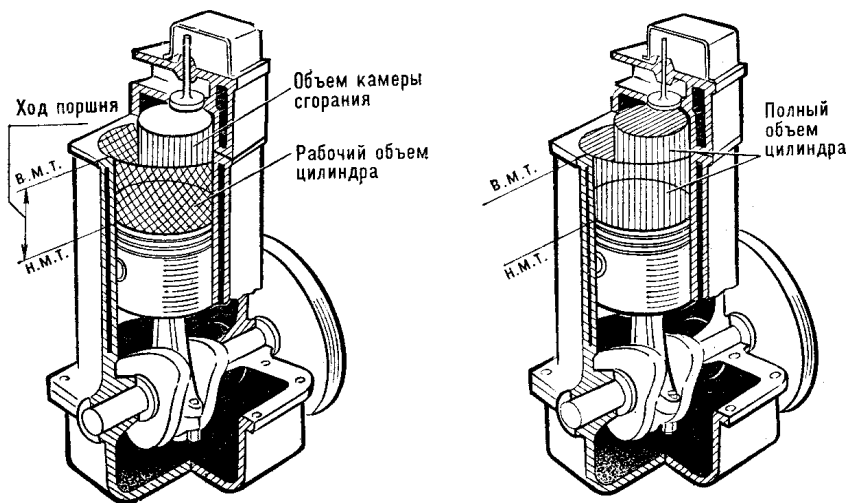
### 4.1. Основные понятия о двигателях

Двигателем называется машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу. На автомобилях наибольшее распространение получили тепловые двигатели, преобразующие тепловую энергию в механическую работу, которые делятся на двигатели внутреннего и внешнего сгорания. Двигатели внешнего сгорания (паровые) имеют большую массу и низкий КПД, поэтому на автомобилях они не применяются, а двигатели Стерлинга сложны по конструкции и имеют низкую топливную экономичность, поэтому они применяются редко. Наибольшее распространение в качестве автомобильных, получили двигатели внутреннего сгорания.

Двигателем внутреннего сгорания называется такой двигатель, в котором сгорание топлива, выделение и преобразование тепла происходит непосредственно внутри двигателя. В зависимости от способа преобразования теплоты в механическую работу двигатели внутреннего сгорания делятся на поршневые и беспоршневые. Беспоршневые двигатели (реактивные и газотурбинные) имеют высокую мощность при малых размерах, однако они не экономичны и на автомобилях практически не применяются. Поэтому в настоящее время на автомобилях применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания, представляющие собой комплекс механизмов и систем, обеспечивающих преобразование в механическую работу части тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлива непосредственно в цилиндрах.

Рассмотрим устройство и принцип работы двигателя внутреннего сгорания на примере четырехтактного одноцилиндрового карбюраторного двигателя. В цилиндре находится поршень с поршневыми кольцами, соединенный с коленчатым валом шатуном. При вращении коленчатого вала поршень совершает возвратно-поступательное движение. Одновременно с коленчатым валом вращается распределительный вал, который через промежуточные детали механизма газораспределения открывает или закрывает впускной и выпускной клапаны. Когда поршень опускается вниз, открывается впускной клапан, и за счет разрежения в цилиндре поступает горючая смесь (мелкораспыленное топливо и воздух), приготовленная в карбюраторе, которая при движении вверх

сжимается. При проскакивании электрической искры между электродами свечи зажигания смесь, сжатая в цилиндре, воспламеняется и сгорает. Вследствие этого образуются газы, имеющие высокую температуру и большое давление. Под давлением расширяющихся газов поршень опускается вниз и через шатун приводит во вращение коленчатый вал. Так преобразуется прямолинейное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. При движении поршня вверх открывается выпускной клапан и отработавшие газы удаляются из цилиндра.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4 **Ход поршня и объёмы цилиндров**

С работой двигателя связаны следующие понятия (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5):

- верхняя мёртвая точка (**ВМТ**) – точка, когда поршень занимает крайнее верхнее положение; – нижняя мертвая точка (**НМТ**) – точка, когда поршень занимает крайнее нижнее положение; – **радиус кривошипа** – расстояние от оси коренной шейки коленчатого вала до оси его шатунной шейки;

- **ход поршня  $S$**  – расстояние между крайними положениями поршня, равно удвоенному радиусу кривошипа коленчатого вала. Каждому ходу поршня соответствует  $180^\circ$  поворота коленчатого вала (пол-оборота);

## Автомобили. Типаж и конструкция

- **такт** – часть рабочего цикла, происходящая за один ход поршня;
- **объем камеры сгорания  $V_c$**  – объем пространства над поршнем при его положении в **ВМТ**;
- **рабочий объем** цилиндра  **$V_h$**  – объем пространства, освобождаемого поршнем при перемещении его от **ВМТ** к **НМТ**;
- **полный объем** цилиндра  **$V_p$**  – объем пространства над поршнем при нахождении его в НМТ.

Очевидно, что полный объем цилиндра  **$V_a$**  равен, сумме рабочего объема  **$V_h$**  и объема камеры сгорания  **$V_c$** , т.е.  **$V_p = V_h + V_c$** ;

- **литраж двигателя** для многоцилиндровых двигателей – это произведение рабочего объема  **$V_h$**  на число  **$i$**  цилиндров.

Ход поршня  **$S$**  и диаметр  **$D$**  цилиндра обычно определяют размеры двигателя. Если отношение  **$S/D < 1$** , то двигатель называют коротко-ходовым, если  **$S/D > 1$**  – длинноходовым. Большинство современных двигателей – короткоходовые.

Термический КПД двигателя  **$\eta_t$**  характеризует наиболее возможное значение экономичности идеального (лишенного всех потерь, кроме принципиально неизбежных) рассматриваемого теплового двигателя, который всегда меньше единицы. Двигатели внутреннего сгорания имеют сравнительно небольшие термические **КПД** (30-40%), что обусловлено особенностями цикличности их работы.

В тепловых **ДВС** не вся тепловая энергия топлива  **$Q$**  превращается в полезную работу  **$L$** . Часть тепловой энергии  **$Q_1$**  непременно отдается внешней среде, например, с отработавшими газами. Это необходимо для организации цикла. Таким образом, в полезную работу преобразуется только часть тепловой энергии горения топлива, равная

$$L = Q - Q_1.$$

Термический **КПД  $\eta_t$**  равен отношению полезной работы двигателя  **$L$**  к тепловой энергии сгоревшего топлива  **$Q$** , т.е. определяется отношением:

$$\eta_t = L/Q = (Q - Q_1)/Q.$$

Из этого соотношения видно, что **КПД** любого теплового двигателя даже самого совершенного идеального теплового двигателя С.Карно, всегда меньше единицы.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Для карбюраторных **ДВС**  $\eta_t=0,30-0,38$ , для дизелей  $\eta_t=0,40-0,45$ . Термический **КПД** во многом зависит от степени сжатия в нем газов.

**Степенью сжатия**  $\varepsilon$  называется отношение полного объема цилиндра  $V_a$  к объему его камеры сгорания  $V_c$

$$\varepsilon = V_a / V_c = (V_h + V_c) / V_c.$$

Степень сжатия определяет эффективность преобразования теплоты топлива в работу (экономическое совершенство двигателя), т.е. термический **КПД** двигателя.

С увеличением степени сжатия смесь сгорает быстрее, полнее и в меньшем объеме. Например, скорость распространения фронта пламени, определяющего скорость горения топлива, в несжатой горючей смеси равна 4-5 м/с, а в предварительно сжатой 25-50 м/с. Увеличение скорости горения приводит к тому, что мощность растет без предварительных затрат горючего и экономичность двигателя увеличивается.

Кроме того, с увеличением степени сжатия происходит и более глубокое последующее расширение газов, совершающих работу, а следовательно, их более интенсивное охлаждение. При этом происходит уменьшение количества тепла, уносимого с отработавшими газами.

Наряду с этим, с увеличением степени сжатия уменьшается поверхности камеры сгорания, а, следовательно, и потери тепловой энергии, связанные с излучением с поверхности камеры и теплоотдачей в систему охлаждения.

Наконец, с увеличением степени сжатия снижается отрицательное влияние отработавших газов в камере сгорания на скорость горения свежей порции смеси, т.к. относительный объем остаточных газов (отношение объема остаточных газов к объему свежего заряда газов) уменьшается.

Для карбюраторных двигателей степень сжатия равна 6-12 и ограничена появлением преждевременного самовоспламенения смеси (не от искры), а также возникновением детонационного (взрывного) горения смеси.

При детонационном горении скорость горения приближается к скорости распространения взрывной или ударной волны и равна 1500-2500 м/с. Это приводит к взрывным нагрузкам на детали двигателя, увеличивает их износ, ухудшает качество горения, увеличивает перегрев двигателя, резко снижает его мощность и **КПД**.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Для дизельных **ДВС** значение степени сжатия существенно больше ( $\epsilon = 14-24$ , иногда повышается до 26), поэтому экономичность дизелей существенно выше карбюраторных **ДВС**. Это основное достоинство дизелей. Для дизельных двигателей степень сжатия ограничена, в основном, потерей его мощности на предварительное сжатие воздуха и возрастанием в связи с этим прочности и массы деталей кривошипно-шатунного механизма.

Под весовым зарядом двигателя понимается вес поступающей в двигатель во время такта впуска свежей горючей смеси (для карбюраторных **ДВС**) либо воздуха (для дизелей).

От величины весового заряда зависит масса подаваемого в двигатель кислорода, а следовательно, качество горения и количество выделившегося при горении тепла, и в конечном итоге мощность двигателя.

Различают теоретический и действительный весовые заряды.

Теоретический весовой заряд  $G_T$  – это вес горючей смеси (воздуха), поступающей в цилиндр в течение такта впуска при температуре и давлении атмосферного воздуха.

Действительный весовой заряд  $G_d$  всегда меньше (для двигателей без наддува) теоретического. Это связано с повышением давления и высокой температурой поступающих в цилиндр газов в конце впуска. Это приводит к снижению плотности (веса) заряда, поступающего в цилиндр.

Величина действительного весового заряда зависит также еще и от давления остаточных газов. Чем выше это давление – тем меньше свежей смеси или воздуха поступит в цилиндр при впуске.

В карбюраторных двигателях с целью улучшения смесеобразования смесь предварительно нагревается, т.к. при отсутствии такого подогрева во впускном трубопроводе, особенно при запуске холодного двигателя, горючее конденсируется на холодных стенках с образованием тонкой пленки. При этом количество горючего, поступающего в цилиндры, уменьшается, кроме этого оно не равномерно распределяется по цилиндрам – это затрудняет запуск холодного двигателя. Излишний подогрев ведет к уменьшению весового заряда, а значит и к уменьшению плотности и массы кислорода. Абсолютная величина весовых зарядов не позволяет, однако, судить о совершенстве наполнения цилиндров двигателей, имеющих различные размеры. Для такой оценки вводят относительный параметр – коэффициент наполнения.



## Автомобили. Типаж и конструкция

Коэффициент наполнения  $K_v$  – это отношение действительного весового заряда к теоретическому. Для двигателей с принудительным наддувом (например, с турбонаддувом) этот коэффициент больше единицы, без наддува – всегда меньше единицы.

Если предварительный наддув отсутствует, то для карбюраторных двигателей  $K_v=0,6-0,85$ , для дизелей  $K_v=0,75-0,9$ .

Более высокое значение  $K_v$  для дизелей объясняется меньшим сопротивлением впуску, вследствие отсутствия карбюратора и предварительного подогрева воздуха, а также более низкой температурой и давлением вначале впуска.

С целью повышения  $K_v$  современные двигатели имеют многокамерные карбюраторы с падающим потоком смеси, а также шатровые камеры сгорания с верхним расположением клапанов.

Величина  $K_v$  существенно увеличивается с применением принудительного наддува. Сущность такого наддува заключается в увеличении степени наполнения цилиндра путем повышения давления свежих газов в процессе впуска с помощью дополнительного агрегата – например турбокомпрессора.

Наддув позволяет повысить коэффициент наполнения до 1,3-1,4, что позволяет существенно увеличить мощность двигателя.

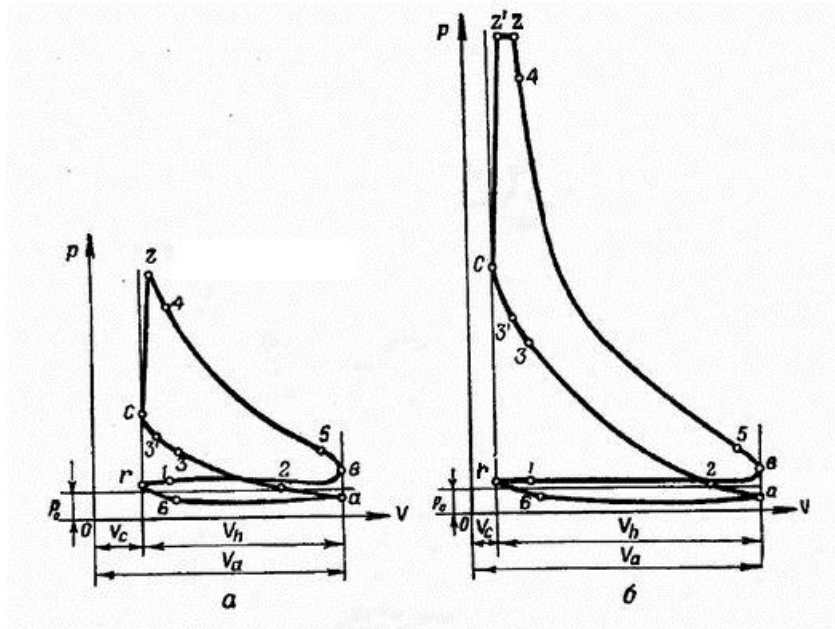
Величина давления наддува ограничивается у карбюраторных двигателей опасностью возникновения детонации, а у дизелей – силовой и прочностной напряженностью его деталей.

### 4.2. Такты автомобильных поршневых ДВС.

В поршневых двигателях, работающих по четырехтактному циклу, все процессы осуществляются за четыре хода поршня, или за два оборота коленчатого вала. Их строят как с внешним, так и с внутренним смесеобразованием, а воспламенение рабочей смеси обеспечивают или принудительно, или от сжатия рабочего тела (дизели). В двигателях с принудительным зажиганием величину степени сжатия выбирают в пределах 6-12 так, чтобы при данном виде топлива в цилиндрах не возникло произвольное воспламенение (самовоспламенение) рабочей смеси. В дизелях, наоборот, рабочее тело сжимают из расчета, чтобы к моменту подачи топлива температура в цилиндре была выше температуры самовоспламенения топлива, поэтому степень сжатия для них выбирают в пределах 14-24.

Таким образом, при использовании одного и того же рабочего цикла, условия протекания отдельных процессов в цилиндрах

четырёхтактных двигателей резко различаются. В этом можно убедиться, например, по значениям давлений, возникающих в цилиндре, которые принято изображать в виде диаграмм. Такие диаграммы, получаемые с помощью специального прибора – индикатора, называют индикаторными. Индикаторные диаграммы строят в координатах  $p$ - $V$  (зависимость давления в цилиндре от объема его надпоршневой полости).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**6 Индикаторные диаграммы:**  
**а – четырехтактного карбюраторного двигателя;**  
**б – четырехтактного дизеля**

Чтобы повысить наглядность примера, на рисунке 4.2 сопоставлены диаграммы бензинового (карбюраторного) двигателя и дизеля, имеющих одинаковые размеры (в частности, ход поршня), причем сами диаграммы построены в одинаковом масштабе. Значение средних величин давлений и соответствующих температур в узловых точках обеих диаграмм А – бензинового (карбюраторного) двигателя и Б – дизеля сведены в общую таблицу; здесь же приведена так называемая круговая диаграмма фаз газораспределения,

## Автомобили. Типаж и конструкция

характеризующая длительность открытия клапанов, выраженную в градусах поворота коленчатого вала, и моменты их открытия и закрытия относительно мертвых точек.

I такт – такт впуска в четырехтактных двигателях начинается с движения поршня от верхней мертвой точки к нижней. Ход впуска совершается поршнем за счет поворота коленчатого вала двигателя на угол от 0 до 180°. В работающем двигателе к началу хода впуска объем камеры сжатия заполнен остаточными газами, находящимися под давлением 0,005-0,012 МПа. По мере удаления поршня от ВМТ и увеличения объема надпоршневой полости давление в цилиндре уменьшается, сравнивается с атмосферным  $P_0$ , а затем становится ниже атмосферного. Поскольку перед началом движения поршня впускной клапан с помощью механизма газораспределения уже приоткрыт, то под действием перепада давлений  $P_0 - P_a$  горючая смесь (в бензиновых и газовых двигателях) или чистый воздух (в дизелях) устремляется в цилиндр и заполняют его надпоршневую полость.

На диаграммах А и Б процесс впуска изображен линией г-а. Среднее давление на впуске  $P_a$  обычно составляет 0,07-0,95 МПа и зависит от следующих факторов: сопротивления трубопроводов и приборов системы впуска, величины проходного отверстия у клапана, частоты вращения коленчатого вала, степени подогрева свежего заряда, инерционных и волновых движений газа в трубопроводе, сопротивления на выпуске и т.д. Поскольку в цилиндры дизеля поступает атмосферный воздух, не содержащий топлива, то необходимость в карбюраторе или смесителе газа, оказывающем заметное сопротивление потоку, отпадает, поэтому величина  $P_a$  в дизелях получается несколько больше, чем, например, в цилиндрах бензиновых двигателей. Поступающий в цилиндр свежий заряд соприкасается с нагретыми стенками впускного тракта и надпоршневой полости цилиндра, а также смешивается с горячими остаточными газами, температура которых равняется примерно 700°С, вследствие чего температура в цилиндре в конце хода поршня составляет 100-150°С.

Поскольку мощность двигателя зависит от массового наполнения цилиндров, то для его улучшения принимают ряд мер. Например, впускной клапан открывают с опережением на 3-20° угла поворота коленчатого вала, т.е. еще до начала хода впуска, а закрывают с запаздыванием на 40-70°, когда поршень минует НМТ и коленчатый вал продвигает поршень в сторону ВМТ, т.е. осуществляется ход сжатия. Следовательно, продолжительность открытия впускного клапана бывает значительно больше 180°.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Некоторое опережение открытия впускного клапана позволяет лучше использовать изменяющееся по величине проходное сечение клапанного отверстия, а необходимость в запаздывании закрытия этого клапана выявляется из индикаторных диаграмм А и Б. Действительно, в конце хода впуска давление в цилиндре  $P_a$  ниже атмосферного давления  $P_0$ , поэтому цилиндр может наполняться еще и после того, как поршень изменит направление своего движения. Более того, в быстроходных автомобильных и тракторных двигателях при соответствующем скоростном напоре столба горючей смеси или воздуха возможна дозарядка цилиндра при давлении, несколько превышающем давление в точке 1. Этот принцип широко используют в современных двигателях, хотя на режимах работы с малыми частотами вращения и, следовательно, небольшим скоростным напором потока на входе в цилиндр в таких двигателях наблюдается так называемый обратный выброс.

II такт – такт сжатия осуществляется при движении поршня от НМТ к ВМТ поворотом коленчатого вала на угол от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ . В начальной стадии хода сжатия, как было показано выше, происходит поджатие рабочего тела и одновременное увеличение его массового содержания за счет продолжающегося поступления свежего заряда, пока давление в цилиндре двигателя, работающего без наддува, не сравняется с давлением  $P_0$ . С момента закрытия впускного клапана происходит сжатие рабочего тела в цилиндре до тех пор, пока поршень не достигнет ВМТ.

На диаграммах процесс сжатия изображен линией а-с. Состояние рабочего тела в конце сжатия определяется степенью сжатия  $\varepsilon$  начальным давлением  $P_a$ , качеством уплотнения цилиндра и т.д. В двигателях с принудительным сжатием, работающих без наддува, конечное давление сжатия составляет 1,2 – 1,7 МПа, а в дизелях 3-4 МПа и соответственно температура достигает  $350-400^\circ\text{C}$  и  $600-650^\circ\text{C}$ . Опыт показывает, что топливо сгорает с наибольшей эффективностью, если в режиме работы двигателя с номинальной мощностью подачу в цилиндры электрической искры высокого напряжения или впрыскивание топлива в дизелях осуществляют с опережением  $20-30^\circ$  по углу поворота коленчатого вала. На диаграммах А и Б моменты подачи искры (в бензиновых двигателях) и впрыска топлива (в дизелях) отмечены точкой 2. Но воспламенение топлива (появление открытого пламени) возникает несколько позднее, после окончания необходимых предпламенных окислительных процессов (так называемого периода индукции).

## Автомобили. Типаж и конструкция

Заметное повышение давления над поршнем при подходе его к ВМТ несколько преждевременно нагружает кривошипно-шатунный механизм двигателя, однако это необходимо для повышения эффективности сгорания. Позднее зажигание (непосредственно в ВМТ), так же как и слишком раннее воспламенение топлива, нарушает нормальное протекание последующих процессов рабочего цикла и приводит к ухудшению мощностных и экономических показателей двигателя.

Таким образом, ход сжатия в начальной стадии совмещается с продолжающимся еще наполнением цилиндра, а в конце его начинается уже процесс сгорания топлива, но основным процессом этого хода является процесс сжатия, поэтому второй такт работы четырехтактного двигателя называется тактом сжатия.

III такт – такт расширения в четырехтактном двигателе начинается при обоих закрытых клапанах и продолжающимся процессом сгорания, подготовленным в конце хода сжатия. Интенсивное протекание процесса сгорания топлива и выделения при этом большого количества теплоты приводит к резкому повышению температуры и давления в надпоршневой полости. Под действием давления расширяющихся газов поршень перемещается от ВМТ к НМТ, и через шатун поворачивает коленчатый вал на угол от 360-540°, совершая полезную работу. Ход поршня, соответствующий такту расширения и связанный с выделением теплоты и частичным превращением ее в механическую работу, называется рабочим ходом. На индикаторных диаграммах А и Б процесс расширения изображен линией Z – в.

Интенсивность процесса сгорания на индикаторной диаграмме оценивают вертикальным отрезком С – Z линии повышения давления в цилиндре. В действительности линия повышения давления на упомянутых диаграммах несколько отклоняется вправо от вертикали С – Z, т.к. поршень при этом удаляется от ВМТ. Опыт показывает, что работа расширения газов лучше всего используется, когда максимальное давление в цилиндре PZ возникает при положении поршня, соответствующем примерно 10-15° угла поворота коленчатого вала от ВМТ. В этом случае, несмотря на некоторое увеличение объема надпоршневой полости, максимальное давление в цилиндрах двигателей, работающих без наддува с принудительным зажиганием, составляет примерно 4,0-5,5 МПа, в дизелях находится в пределах 5,5-8,0 МПа, в тракторных, тепловозных, судовых и других дизелях, работающих с наддувом, достигает 10 МПа и более. Поскольку в дизелях подача топлива заканчивается

## Автомобили. Типаж и конструкция

после ВМТ, то в ходе расширения вблизи ВМТ в цилиндре практически поддерживается постоянное давление. На индикаторной диаграмме Б этот участок хода расширения, изображенный линией  $Z - Z'$ , характеризует степень предварительного расширения, которую учитывают при расчете дизеля.

В связи с особенностями протекания процесса сгорания в двигателях с внешним и внутренним смесеобразованием максимальная температура в их цилиндрах в первом случае достигает  $2500-2800^{\circ}\text{C}$ , а во втором ( в дизелях) составляет  $1900-2200^{\circ}\text{C}$ . По мере удаления поршня от ВМТ при ходе расширения давление и температура в цилиндре понижаются. В конце хода расширения давление в цилиндре составляет  $(0,3-0,5\text{МПа}$ , а температура  $800-1600^{\circ}\text{C}$ . Двигателям с высокими степенями сжатия и сравнительно большого расширения соответствует и более низкие значения указанных величин.

Для лучшей очистки цилиндров от продуктов сгорания, (отработавших газов) выпускной клапан открывается значительно раньше прихода поршня в НМТ. опережение открытия выпускного клапана обычно составляет  $4 - 60^{\circ}$  угла поворота коленчатого вала. На индикаторной и круговой диаграммах момент открытия выпускного клапана отмечен точкой  $З$ . К моменту открытия клапана в цилиндре сохраняется еще довольно высокое давление, поэтому истечение продуктов сгорания в атмосферу происходит под действием значительного перепада давления с критической (звуковой) скоростью, порождающей характерный шум выхлопа. Поскольку газы выпускают до прихода поршня в НМТ, давление в нем в конце хода расширения, резко понижается.

Рабочий ход поршня совмещается, как было показано, с процессом сгорания и с первой стадией выпуска продуктов сгорания, но основным процессом этого хода и такта является процесс расширения.

IV такт – такт выпуска начинается (при несколько открытом уже выпускном клапане) движением поршня от НМТ к ВМТ под действием коленчатого вала, совершающего поворот на угол от  $540$  до  $720^{\circ}\text{C}$ .

За ход выпуска поршень выталкивает отработавшие газы из цилиндра в атмосферу, завершая этим вторую принудительную стацию очистки цилиндра. На индикаторных диаграммах А и Б процесс выпуска изображен линией  $b-g$ . Из-за сопротивления клапанного отверстия, глушителя и газопроводов выпускной системы давление в цилиндре при завершении поршнем хода выпуска остается

## Автомобили. Типаж и конструкция

выше атмосферного и составляет в среднем 0,10 – 0,12 МПа. Температура газов к концу выпуска снижается и для различных двигателей составляет 600-1000°С.

Если сопоставить общую продолжительность открытия выпускного клапана, выраженную в градусах угла поворота коленчатого вала с углом поворота кривошипа, за который поршень совершает ход выпуска, то легко можно обнаружить, что выпускной клапан бывает открыт почти в полтора раза больше, чем совершается сам ход выпуска. Тем не менее, полностью очистить цилиндры от продуктов сгорания, как отмечалось уже, не удается. Чтобы свести к минимуму количество остаточных газов, выпускной клапан закрывают с некоторым запаздыванием, достигающим иногда 20 и более градусов угла поворота коленчатого вала. Вследствие этого между двумя смежными рабочими циклами одновременно бывают открыты оба клапана, т.е. имеет место так называемое перекрытие клапанов.

Итак, в двигателях, работающих по четырехтактному циклу, полезная работа совершается только в период такта расширения, когда поршень перемещается под действием расширяющихся газов, проворачивая коленчатый вал на 180°, т.е. всего на пол-оборота. Остальные три такта являются подготовительными и выполняются при проворачивании коленчатого вала на 540°, или на полтора оборота за счет инерции маховика и работы других цилиндров (в многоцилиндровых двигателях). Такое соотношение между четырьмя ходами поршня является причиной неравномерности вращения вала, т.е. неравномерности хода двигателя. Однако один из подготовительных ходов поршня (ход сжатия) необходим для повышения термического коэффициента полезного действия двигателя, а в продолжении двух ходов (впуска и выпуска) четырехтактный двигатель работает как насос при низких давлениях в цилиндре.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания можно классифицировать по наиболее характерным их признакам, которых достаточно много, поэтому ниже приведена только одна из возможных классификаций.

### 1. По назначению:

- стационарные, используемые для привода различного технологического оборудования;
- транспортные, используемые в составе силовых агрегатов различных транспортных средств и самоходных машин.

В свою очередь транспортные двигатели подразделяются на судовые, тепловые, тракторные (включая комбайновые двигатели

## Автомобили. Типаж и конструкция

и двигатели различных строительно-дорожных машин), двигатели машин специального назначения, авиационные, автомобильные, мотоциклетные и т.п. Каждая из этих групп отличается особенностями, обусловленными характером их эксплуатации.

2. По способу регулирования мощности:

- с качественным регулированием;
- с количественным регулированием.

3. По виду применяемого топлива:

– газовые, т.е. работающие на газообразном топливе (природном, промышленном и синтетических газах);

– двигатели, работающие на жидких топливах, имеющих легко испаряющиеся фракции (газовый конденсат, бензин, керосин, спирты, эфиры, некоторые растительные масла и другие так называемые легкие топлива);

– двигателя, работающие на тяжелых топливах;

– жидком нефтяном топливе, не имеющем легко испаряющихся фракций (газойль, соляровое масло, мазут и т.п.);

– двигатели, работающие одновременно на двух топливах с разными свойствами, например газовом и тяжелом жидком топливе (газодизельный процесс) или легком и тяжелом жидком (бензинодизельный процесс);

– многотопливные, способные работать попеременно как на легких, так и на тяжелых нефтяных топливах. Такие двигатели называют также всеядными.

4. По способу смесеобразования:

- с внешним смесеобразованием;
- с внутренним смесеобразованием.

5. По способу воспламенения рабочей смеси:

– с принудительным воспламенением смеси от постороннего (электрического источника);

– с самовоспламенением топлива от сжатия;

– двигатели, в которых рабочую смесь легкого топлива принудительно зажигают вследствие самовоспламенения тяжелого жидкого (так называемого запального) топлива, подаваемого в цилиндр в конце хода сжатия. Такое воспламенение характерно для газо- или бензодизельного процесса.

6. По способу передачи движения поршня к выходному валу:

– с кривошипно-шатунным механизмом (тронковые и крейцкопфные);

– без кривошипно-шатунного механизма, т.е. свободнопоршневые с пространственным движением механизмов в виде рычагов или "качающейся" шайбы;



## Автомобили. Типаж и конструкция

- роторно-поршневые.
- 7. По способу действия:
  - двигатели простого действия в которых рабочий цикл осуществляется только в надпоршневой полости;
  - двигатели двойного действия, в которых рабочий цикл совершается в двух полостях (с двух сторон поршня).
- 8. По числу и расположению цилиндров:
  - одноцилиндровые (как правило, мотоциклетные, лодочные и др.);
  - многоцилиндровые, подразделяемые в свою очередь на : однорядные одновальные (или просто рядные); многорядные V – образные) одновальные (эти компоновки наиболее характерны для двигателей автотракторного типа); однорядные двухвальные (типа "боксер");
  - многорядные многовальные.
- 9. По способу охлаждения цилиндров:
  - с жидкостным охлаждением;
  - с воздушным охлаждением;
  - со смешанным охлаждением.
- 10. По степени быстроходности:
  - тихоходные двигатели со средней скоростью поршня до 10 м/с (ранее к тихоходным относили двигатели со скоростью поршня до 6 м/с);
  - быстроходные двигатели, в которых поршень имеет среднюю скорость выше 10 м/с.

### 4.3. Основные показатели и характеристики двигателей.

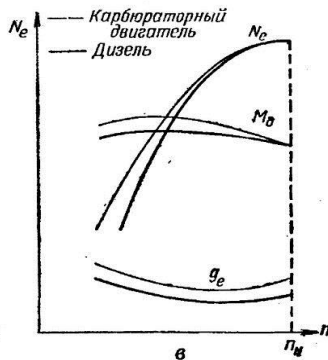
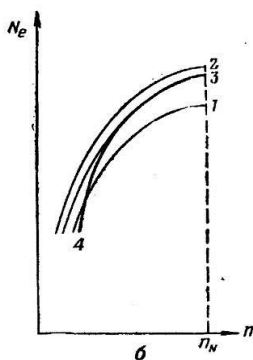
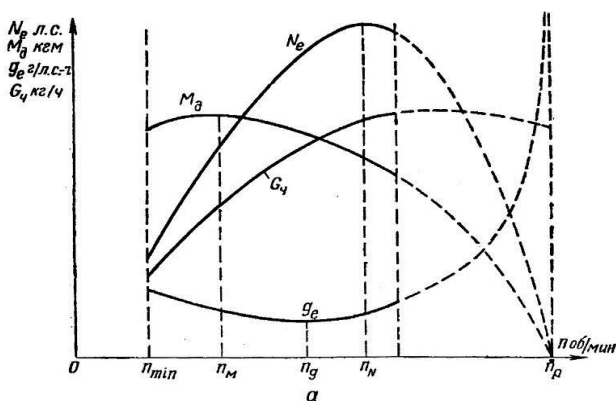
Чтобы оценить двигатели в отношении требований, предъявляемых к ним в различных условиях эксплуатации, вводят характеристики и показатели. Основной характеристикой автомобильного двигателя является внешняя скоростная характеристика, а показателями – индикаторная и эффективная мощность двигателя, эффективный и механический КПД, удельный расход топлива и удельная масса двигателя. Характеристики двигателей снимают при испытаниях на стендах. При испытании двигателя замеряется крутящий момент при разных числах оборотов, часовой и удельный эффективный расход топлива.

Скоростной характеристикой двигателя является диаграмма, снятая при низменном положении дроссельной заслонки (или рейки насоса высокого давления) и показывающая зависимость

Автомобили. Типаж и конструкция

мощности, крутящего момента и расхода топлива, от числа оборотов коленчатого вала. Скоростная характеристика, снятая при полном открытии дроссельной заслонки (максимальной подаче горючего), называется внешней. Двигатель в условиях скоростной характеристики работает тогда, когда автомобиль движется на одной и той же передаче при одном и том же положении дроссельной заслонки по дороге с различными уклонами.

Практически скоростная характеристика снимается на тормозной установке. При этом определяются тормозной момент для различных значений чисел оборотов, расход горючего для тех же чисел оборотов и время, в течение которого израсходовано горючее. Затем определяются мощность, удельный эффективный расход горючего и по полученным данным строится скоростная характеристика. Примерная скоростная характеристика двигателя изображена на рисунке 4.3.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7 **Скоростные характеристики:**  
**а – характеристика карбюраторного двигателя;**  
**б – характеристика дизеля; в – совмещенная характеристика**

Произведем анализ скоростной характеристики, в которой выясним законы изменения кривых.

Крутящий момент двигателя прямо пропорционален среднему эффективному давлению. При оборотах  $n_m$  величины  $p_e$  и  $M_d$  максимальны. С уменьшением оборотов от  $n_m$  до  $n_{min}$  (где  $n_{min}$  минимально устойчивые обороты при данном открытии дросселя) величина  $M_d$  уменьшается, так как уменьшается среднее эффективное давление.

Причинами уменьшения  $p_e$  являются:

- уменьшение коэффициента наполнения из-за несоответствия фаз газораспределения при работе на малых оборотах (не используется инерционный напор смеси);
- снижение скорости горения смеси из-за ухудшения распыливания горючего при малых скоростях воздуха в диффузоре и увеличения коэффициента остаточных газов;
- увеличенные потери тепла с охлаждением и большая утечка газов через неплотности вследствие увеличения продолжительности цикла.

Уменьшение  $M_d$  при увеличении оборотов от  $n_m$  до  $n_p$  (где  $n_p$  – разносные обороты) объясняется уменьшением коэффициента наполнения вследствие увеличения сопротивления впуску и несоответствия фаз газораспределения работе на больших оборотах, а также увеличенным догоранием смеси вследствие сокращения времени на цикл.

При разносных оборотах крутящий момент на валу двигателя равен нулю.

Мощность прямо пропорциональна крутящему моменту и числу оборотов. Поэтому при увеличении числа оборотов от  $n_{min}$  до  $n_m$  кривая мощности вследствие роста  $M_d$  и  $n$  круто поднимается вверх и при оборотах  $n_m$  имеет точку перегиба, так как, начиная с этих оборотов величина  $M_d$  начинает уменьшаться. При дальнейшем увеличении оборотов мощность увеличивается, но не так быстро вследствие все более прогрессивного уменьшения крутящего момента. При оборотах  $n_N$  величина мощности достигает своего наибольшего значения, а затем начинает уменьшаться и при оборотах  $n_p$  становится равной нулю. Это объясняется тем, что с

## Автомобили. Типаж и конструкция

ростом оборотов индикаторная мощность уменьшается из-за плохого наполнения цилиндров и увеличенного догорания, а мощность трения при росте оборотов увеличивается. При оборотах пр вся мощность, развиваемая газами внутри цилиндров, тратится на преодоление механических потерь. Разносные обороты – это обороты максимально возможные для данного двигателя при работе без ограничителя оборотов. Такие обороты двигатель может развить при работе без нагрузки (вхолостую) при полностью открытой дроссельной заслонке.

При  $n_{\min}$  часовой расход горючего имеет наименьшее значение. С ростом числа оборотов улучшается наполнение и увеличивается число циклов в единицу времени. Поэтому расход горючего быстро увеличивается до  $n_m$ . При дальнейшем увеличении наполнение цилиндров ухудшается, и расход горючего увеличивается медленнее и при  $n$  достигает своего конечного значения.

При оборотах  $n_g$  удельный эффективный расход горючего минимален, так как на этих оборотах условия протекания процессов в цилиндрах двигателя наиболее благоприятны. С уменьшением числа оборотов удельный эффективный расход горючего увеличивается вследствие снижения скорости горения смеси, а также вследствие увеличения потерь тепла с охлаждением и из-за большой утечки газов из цилиндра через неплотности. С увеличением оборотов удельный эффективный расход горючего увеличивается вследствие увеличения потерь на трение внутри двигателя и вследствие увеличения догорания смеси.

По скоростной характеристике можно определить коэффициент приспособляемости двигателя, который представляет отношение наибольшего крутящего момента к крутящему моменту при наибольшей мощности.

Для карбюраторных двигателей  $K=1,3-1,5$ , т.е. двигатель может преодолевать возросшие в  $1,3-1,5$  раза дорожные сопротивления за счёт уменьшения оборотов без перехода на низшую передачу.

Для бескомпрессорных дизелей наиболее показательной является внешняя характеристика.

Вследствие несовершенства процесса смесеобразования дизели работают с коэффициентом избытка воздуха, равным  $1,2-1,7$ , причем состав смеси регулируется путем изменения количества топлива, подаваемого насосом высокого давления. Если установить рейку насоса на максимальную экономичность, то при работе на таких смесях мощность двигателя будет занижена. При установке рейки насоса на максимальную мощность работа двигателя

## Автомобили. Типаж и конструкция

становится неэкономичной вследствие неполного сгорания топлива и сопровождается дымным выпуском. Всегда можно установить рейку насоса в такое положение, при котором мощность двигателя приближается к максимальной при удовлетворительной экономичности и бездымной работе.

Однако количество подаваемого насосом топлива при неизменном положении рейки не остается постоянным с изменением оборотов: с уменьшением оборотов увеличивается его утечка в зазор между плунжером и гильзой, а количество топлива, подаваемого на ход плунжера, уменьшается. Поэтому, если на оборотах  $nN$  мощность соответствует подаче топлива на пределе дымления, то с уменьшением оборотов кривая мощности падает более круто.

Для устранения указанного недостатка в работе насоса высокого давления и для приближения действительной скоростной характеристики к теоретической топливные насосы снабжаются корректорами подачи топлива.

Для сравнения скоростных характеристик карбюраторного и дизельных двигателей нанесем их на один график. При этом удобнее взять двигатели, у которых на оборотах  $nN$  мощность и крутящий момент равны.

Из графика видно, что с уменьшением оборотов крутящий момент двигателя увеличивается незначительно, а коэффициент приспособляемости приближается к единице. Незначительный рост  $M_d$  у дизеля объясняется увеличением коэффициента избытка воздуха с уменьшением оборотов. Этой же причиной объясняется и более крутое снижение кривой мощности дизеля.

Более экономичная работа дизеля объясняется более высокой степенью сжатия и работой на бедных смесях.

Скоростная характеристика таким образом дает возможность определить:

- характер, изменения  $Ne$ ,  $M_d$  и  $ge$  в зависимости от числа оборотов;
- наибольшие значения  $Ne$  и  $M_d$  и наименьшее значение  $ge$  на различных режимах работы;
- наивыгоднейший скоростной режим работы двигателя.

Данные скоростной характеристики используются для выполнения тягового расчета вновь проектируемого автомобиля.

Индикаторная мощность двигателя  $N_i$  это работа, совершаемая газами внутри цилиндров за единицу времени. Она определя-

## Автомобили. Типаж и конструкция

ется на основе индикаторной диаграммы данного двигателя и характеризует качество рабочего процесса (цикла) в цилиндрах данного двигателя.

Мощность, определяемая тепловой энергией сгорания топлива за единицу времени  $Q$  определяется:

$$Q = dQ/dt = m \cdot H$$

Здесь  $Q$  – тепловая энергия горения топлива;  $t$  – время;  $m$  – массовый (секундный) расход топлива;  $H$  – удельная теплота сгорания топлива.

Индикаторная мощность  $N_i$  всегда меньше мощности  $Q$ , т.к. не вся тепловая энергия  $Q$  превращается в индикаторную работу  $L_i$ . Эффективность этого превращения определяется индикаторным КПД двигателя, который определяется соотношением:

$$\eta_i = N_i / Q$$

Для бензиновых двигателей  $\eta_i = 0,25-0,35$ , для бескомпрессорных дизелей  $\eta_i = 0,4-0,5$ .

На величину индикаторного КПД влияют следующие факторы:

1. Степень сжатия. С её увеличением улучшается смесеобразование, уменьшаются тепловые потери и коэффициент остаточных газов, увеличивается продолжительность действия газов на поршень при рабочем ходе, растёт экономичность.

2. Форма камеры сгорания. Сферическая форма камеры обеспечивает наименьшую поверхность, с которой уносится тепло, а также – наиболее короткие пути горения смеси, в конечном итоге КПД увеличивается.

3. Размеры цилиндра. С уменьшением объема цилиндра увеличивается поверхность охлаждения, приходящаяся на единицу объема. Теплоотдача увеличивается, а КПД падает.

4. Состав смеси. Наиболее полное и достаточно быстрое сгорание топлива получается на смесях экономичного состава. Этим объясняются меньшие расходы топлива, а, следовательно, и высокие КПД дизелей.

5. Число оборотов. Высокий КПД реализуется при оптимальных оборотах. Обычно это средние обороты. С уменьшением оборотов ухудшается смесеобразование, увеличиваются потери тепла с охлаждением и утечка газов через неплотности, а с увеличением оборотов растут насосные потери. В обоих случаях КПД уменьшается.

## Автомобили. Типаж и конструкция

6. Тепловой режим работы двигателя. При низкой температуре увеличиваются потери (отвод) тепла в охлаждающую воду и КПД падает.

7. Опережение зажигания. При позднем зажигании смесь сгорает в большом объеме, увеличиваются потери с охлаждением и КПД падает. При раннем зажигании КПД снижается за счет преодоления противодействия газов.

Эффективная мощность  $N_e$  всегда меньше индикаторной мощности на величину механических потерь (потерь на трение, привод вспомогательных агрегатов и механизмов и т.п.). Эти потери оцениваются механическим КПД двигателя:

$$\eta_m = N_e / N_i.$$

При работе двигателя с полной нагрузкой на расчетных оборотах вала для карбюраторных двигателей  $\eta_m = 0,75-0,92$ , бескомпрессорных дизелей  $\eta_m = 0,7-0,85$ .

На величину механического КПД влияют следующие факторы:

1. Качество обработки и степень приработки трущихся деталей, лужение поршней ускоряют сроки приработки деталей и тем самым способствуют быстрому повышению КПД.

2. Сорт и качество применяемого масла. При применении масла с повышенной вязкостью увеличиваются потери на трение внутри самого масла. Маловязкое масло выдавливается из-под трущихся поверхностей, трение между деталями становится полужидкостным. В обоих случаях КПД снижается.

3. Температурный режим работы двигателя. При снижении температуры вязкость масла увеличивается, а при повышении значительно понижается. В обоих случаях КПД снижается.

4. Число оборотов коленчатого вала. При снижении оборотов и неизменной нагрузке увеличивается наполнение цилиндров и индикаторная мощность, а мощность сил трения уменьшается, при этом КПД, увеличивается.

5. Нагрузка двигателя. Уменьшение нагрузки при неизменном числе оборотов ведёт к уменьшению индикаторной мощности, а мощность сил трения практически не меняется. В этом случае КПД уменьшается. Эффективный КПД  $\eta_e$  характеризует совершенство превращения энергии топлива в механическую работу и равен отношению топливной энергии, преобразованной в эффективную работу, ко всей топливной энергии, полученной от сгорания топлива.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Следовательно, эффективный КПД учитывает как тепловые, так и механические потери в двигателе. Для поршневых автомобильных двигателей, работающих с полной нагрузкой эффективный КПД равен:

- для карбюраторных  $\eta_e=0,22-0,28$ ;
- для дизельных  $\eta_e=0,29-0,39$ .

На величину эффективного КПД влияют те же факторы, которые влияют на индикаторный и механический КПД. Удельный эффективный массовый расход топлива  $g_e$  позволяет сравнивать экономичность двигателей.

У современных карбюраторных двигателей  $g_e = 190 - 270$  г/л.с.ч, у бескомпрессорных дизелей –  $g_e = 130 - 200$  г/л.с.ч.

Таким образом, чем совершеннее конструкция двигателя и его рабочий процесс, тем экономичнее он работает. Чтобы в процессе эксплуатации двигателя его экономичность не уменьшалась, необходимо:

- систематически проверять и при необходимости регулировать карбюратор, топливный насос и форсунки, тепловые зазоры между клапанами и толкателями;
- следить за точностью установки момента зажигания и момента подачи топлива;
- постоянно поддерживать оптимальный тепловой режим двигателя;
- своевременно удалять нагар, накипь, притирать клапаны, менять кольца, поршени и т.д.

Литровая мощность двигателя – мощность, получаемая с одного литра рабочего объема цилиндров характеризует его способность реагировать на резкие перегрузки (тепловые и силовые), а, следовательно, и совершенство конструкции двигателя.

Современные автомобильные двигатели имеют литровые мощности в пределах:

- карбюраторные – 25 – 45 л.с./л;
- бескомпрессорные дизели – 14 – 18 л.с./л.

Удельная масса двигателя  $m_N$  является оценочным параметром. Она равна отношению сухой массы двигателя  $m_c$  к его наибольшей эффективной мощности  $N_{e\max}$ .

Этот параметр позволяет судить о совершенстве двигателя с точки зрения применяемых в нем материалов, технологии его изготовления, эффективности конструкции:

- у карбюраторных  $m_N = 2 - 5$  кг/л.с.;
- у бескомпрессорных дизелей  $m_N = 4,5 - 8$  кг/л.с..



### Автомобили. Типаж и конструкция

Относительная высокая масса дизелей объясняется большим (при равных мощностях) давлениями газов в цилиндрах, а, следовательно, большей прочностью и массой деталей их конструкций.

#### **4.4. Увеличение мощности и повышение экономичности двигателей.**

Повышение литровой мощности двигателя экономически выгодно, т. к. уменьшаются габариты и масса двигателя, приходящиеся на единицу мощности, снижается его металлоемкость и относительная стоимость производства.

Повышение литровой мощности можно обеспечить как увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя, так и увеличением среднего эффективного давления. Разумное увеличение частоты вращения вала, способствует улучшению смесеобразования, и сгорания горючей смеси при относительном уменьшении тепловых потерь. Однако с ростом частоты вращения растут механические потери, и ухудшается наполнение цилиндров, увеличиваются инерционные нагрузки в деталях кривошипно-шатунного механизма и повышается их износ. Поэтому частоту вращения вала ограничивают для малых двигателей легковых автомобилей пределами 5000 – 8000 об/мин. (для дизелей 4000 – 5000 об/мин), а у больших дизелей – 2500 – 3000 об/мин. В двигателях гоночных машин, где вопросы долговечности и экономичности отступают на второй план, вал раскручивается до 12000-17000 об./мин .

Среднее эффективное давление зависит от плотности заряда, т.е. количества горючей смеси, поступившей в цилиндры, и полноты использования теплоты, выделившейся при ее сгорании.

Полнота использования энергии топлива зависит от доли теплоты, теряемой в стенки цилиндров и с отработавшими газами. Поэтому в настоящее время интенсивно разрабатываются так называемые адиабатные двигатели, где существенно уменьшена потеря теплоты в стенки за счет применения керамических материалов с малым коэффициентом теплопроводности, и комбинированные силовые установки, где энергия отработавших газов, выходящих из цилиндров основного двигателя, используется для совершения работы в иных тепловых машинах (например, в двигателе Стерлинга или газотурбинных установках). В частности, энергия отработавших газов может быть использована и для повышения плотности заряда с помощью турбокомпрессора.

Несомненно, что полнота использования энергии топлива зависит и от качества приготовления горючей смеси, равномерности распределения ее по цилиндрам и полноты сгорания , а также от степени расширения продуктов сгорания в процессе рабочего хода.

Одним из наиболее распространенных средств повышения среднего эффективного давления является наддув двигателей , т.е. повышение давления на впуске и увеличение массового

## Автомобили. Типаж и конструкция

наполнения цилиндров в сравнении с возможным их наполнением в условиях давления окружающей среды. По степени повышения давления наддув подразделяется на низкий – давление на впуске до 0,15 МПа, средний – до 0,2 МПа и высокий – свыше 0,2 МПа.

Газодинамический наддув позволяет увеличивать массовое наполнение цилиндров без применения нагнетателей лишь путем использования скоростного напора потока и колебаний его давления во впускном и выпускном трубопроводах.

Чем больше скорость и масса газа, тем больше инерция потока и тем больший эффект можно получить при таком способе наддува. Заметное увеличение наполнения можно обеспечить, увеличив длину впускного трубопровода или применив аккумулирующие камеры.

Скорость распространения волны давления в трубопроводе равна скорости звука в данной среде, поэтому при неизменной длине и конфигурации трубопроводов эффект улучшения наполнения и очистки цилиндров можно получить только в сравнительно узком диапазоне скоростей вращения вала, когда частота собственных колебаний потока оказывается кратной частоте открытия клапанов. В зависимости от типа двигателя впускной и выпускной тракты настраивают для увеличения наполнения либо на режиме максимальной мощности, либо для получения максимального крутящего момента.

Наибольшую сложность представляет настройка впускного тракта карбюраторного двигателя. Конструкция его впускного трубопровода должна отвечать многим требованиям – обеспечивать минимальное гидравлическое сопротивление, равномерное распределение смеси по цилиндрам, предотвращать интенсивное образование топливной пленки, вписываться в заданные габариты подкапотного пространства и т.д. Все это вынуждает искать компромиссные решения, снижающие возможный эффект газодинамического наддува. Проще эта задача решается в дизелях и бензиновых двигателях с впрыском топлива, для которых характерны достаточно длинные, плавно скругляющиеся впускные трубопроводы.

Для лучшей очистки цилиндров широко применяют сдвоенные или еще более сложные выпускные патрубки, которые соединяют так, чтобы выпуск газов из смежных цилиндров позволял использовать наряду с колебательными процессами и эффект эжектора.

Газодинамический наддув позволяет на 15-20% улучшать наполнение цилиндров по сравнению с ненастроенной системой

## Автомобили. Типаж и конструкция

газообмена, но с учетом преодоления всех гидравлических сопротивлений давление впуска в лучшем случае незначительно превышает атмосферное.

Наддув нагнетателями широко применяют для дизелей и в последнее время – для бензиновых двигателей. В дизеле регулирование мощности качественное, поэтому увеличение подачи воздуха в его цилиндры целесообразно на всех нагрузочных режимах, так как при повышении плотности заряда можно получить ту же мощность при сжигании несколько меньшего количества топлива. В бензиновых двигателях регулирование мощности количественное, при котором на частичных нагрузках дроссельная заслонка прикрыта и в наддуве нет необходимости. Наддув нужен только для получения полной мощности.

Различают наддув с помощью нагнетателей, приводимых от коленчатого вала двигателя, и турбонаддув с приводом нагнетателя за счет энергии отработавших газов. В первом случае используют сравнительно тихоходные объемные нагнетатели – коловратные (или шиберные) насосы и роторные нагнетатели, а для турбонаддува – радиально-осевые или осевые турбины и нагнетатели. 4

Для дизелей наибольшее распространение получил турбонаддув. Объемные нагнетатели используются только для двухтактных дизелей с клапаннощелевой продувкой или в качестве дополнительных агрегатов наддува в комбинированных системах для повышения давления наддува при низких частотах вращения коленчатого вала, когда производительность турбокомпрессора оказывается недостаточной.

Для бензиновых двигателей в равной мере может быть использован как турбонаддув, так и наддув объемными нагнетателями с приводом от коленчатого вала.

Целесообразность использования того или иного способа наддува обусловлена особенностями смесеобразования и организации процесса сгорания в различных двигателях. При низком наддуве эффективная мощность увеличивается на 20-30%, а удельный расход топлива снижается на 3-5%; при среднем наддуве мощность увеличивается на 40-50%, а удельный расход топлива снижается на 5-7%; при высоком наддуве мощность может быть увеличена почти вдвое по сравнению с базовой моделью.

При среднем и высоком наддуве значительно увеличиваются нагрузки в кривошипно-шатунном механизме, поэтому необходимо увеличение жесткости всей конструкции двигателя и размеров шатунных и коренных подшипников, улучшение охлаждения двигателя. Для уменьшения максимальных механических и тепловых

## Автомобили. Типаж и конструкция

нагрузок в дизелях со средним и высоким наддувом снижают степень сжатия и применяют охладители подаваемого воздуха, которые по конструкции аналогичны радиаторам системы охлаждения или теплообменникам системы смазки.

Наддув бензиновых двигателей связан с существенными изменениями в процессе сгорания. Повышение плотности заряда приводит к увеличению скорости сгорания, повышает склонность двигателя к детонации. Для устранения детонации в бензиновых двигателях уменьшают степень сжатия (а это приводит к ухудшению экономичности, в том числе и на частичных нагрузках), применяют впрыск воды, спирта или рециркуляцию отработавших газов, уменьшают угол опережения зажигания. Увеличение коэффициента остаточных газов при турбонаддуве существенно ухудшает условия сгорания. Все это приводит к значительному снижению топливной экономичности бензинового двигателя при работе с наддувом.

Наддув с успехом может быть использован для газовых двигателей с искровым зажиганием, так как газоздушная смесь обладает высокой детонационной стойкостью.

Наддув карбюраторного двигателя связан с определенными техническими трудностями. При установке карбюратора до турбокомпрессора ухудшаются пусковые качества двигателя и распределение смеси по цилиндрам вследствие выпадения топливной пленки на стенки трубопровода и, особенно на стенки улитки. При расположении карбюратора за нагнетателем необходима его тщательная герметизация и введение системы компенсации (обогащение) состава смеси по мере повышения давления наддува.

Для низкого наддува бензиновых двигателей более приемлемыми оказываются объемные нагнетатели, расход мощности на привод которых оказывается меньше потерь мощности, связанных с нарушением процессов сгорания и газообмена в цилиндрах двигателя при турбонаддуве.

Турбонаддув бензиновых двигателей целесообразен только для спортивных машин, где компактный турбокомпрессор позволяет обеспечить высокий наддув.

Несмотря на ухудшение топливной экономичности на режиме наддува, в целом наддув бензиновых двигателей чрезвычайно выгоден, прежде всего, с точки зрения уменьшения расхода топлива на основных эксплуатационных режимах.

Турбонаддув поршневых двигателей основан на использовании энергии отработавших газов, вытекающих на рабочие лопатки колеса турбины, которую располагают на одном валу с лопаточным

## Автомобили. Типаж и конструкция

нагнетателем. В зависимости от принятой конструкции выпускного турбопровода и корпуса турбины турбокомпрессор может работать либо при постоянном давлении газов, либо при переменном (импульсном) давлении газов на входе в турбину. В импульсных системах наддува отработавшие газы подводят к турбине обособленными патрубками от каждого цилиндра или от группы цилиндров, подобранных с учетом порядка их работы так, что выпуски из них не перекрываются или чередуются с наибольшими промежутками времени. При импульсном наддуве более полно используется энергия отработавших газов, улучшается и очистка цилиндров от них. Патрубки в этом случае изготавливают возможно более короткими с минимально допустимым объемом.

В системах наддува с постоянным давлением газы из всех цилиндров приводят к турбокомпрессору по общему трубопроводу достаточно большого сечения, что и способствует выравниванию давления. Такой наддув характерен для многоцилиндровых быстрходных автомобильных двигателей.

Массовый расход компрессора определяется количеством и температурой протекающих через турбину отработавших газов. Увеличение подачи топлива в дизеле или открытие дроссельной заслонки в бензиновом двигателе приводит к увеличению количества отработавших газов и соответственно увеличению массового расхода компрессора. Турбонаддув позволяет несколько снизить требования к воспламеняемости топлива, так как вследствие повышенных температур и давлений сжатого воздуха в цилиндрах условия для воспламенения улучшаются, поэтому турбонаддув широко применяют как в обычных, так и в многопливных дизелях.

К недостаткам турбонаддува следует отнести замедленную реакцию двигателя на изменение нагрузки в связи с тепловой и механической инерцией турбоагрегата.

### **4.5. Сравнительная оценка дизельного и карбюраторного двигателей.**

Сравнительная оценка двух видов поршневых двигателей – дизельного и карбюраторного проводится с указанием их достоинств и недостатков, при этом предполагается, что мощности сравниваемых двигателей одинаковы.

Основными достоинствами дизелей являются их экономичность. Расход горючего на единицу мощности дизелей на 30-35% ниже карбюраторных, так как реализуемые в дизелях высокие степени сжатия позволяют достигать больших величин работы расши-

## Автомобили. Типаж и конструкция

рения газов. Это дает возможность значительно увеличить количество тепловой энергии топлива, преобразованной в полезную работу и уменьшить количество тепла, отводимого во внешнюю среду, поэтому термический КПД дизеля больше карбюраторного.

Эффективный КПД дизеля  $\eta_e$  с полной нагрузкой выше карбюраторного и составляет  $\eta_e=0,29-0,39$ , карбюраторного  $\eta_e=0,22-0,28$ . В дизелях применяются более тяжелые, а, следовательно, низкосортные и поэтому дешевые сорта горючего, механический распыл которого с помощью форсунки позволяет получить однородную и хорошо горящую смесь.

Надежность дизелей выше из-за отсутствия в них системы зажигания, что упрощает электрооборудование дизелей и устраняет радиопомехи при их работе.

Дизели обладают более высокой приемистостью, т.к. горючее в них подается непосредственно в камеру сгорания и при одной и той же мощности  $N$  дизель развивает более высокий крутящий момент  $M_{кр}$ .

Низкая испаряемость дизтоплива обеспечивает и его меньшую взрыво- и пожароопасность. Горючее дизелей обладает лучшими антикоррозийными свойствами, нежели бензин. Однако запуск дизелей затруднен высокими пусковыми оборотами коленчатого вала и давлениями в цилиндрах. Это связано со значительными тепловыми потерями через стенки цилиндров при малых пусковых оборотах коленчатого вала и необходимостью обеспечения высоких температур в камере сгорания для самовоспламенения дизтоплива с воздухом. Эта особенность дизелей объясняет необходимость при одинаковых мощностях сравниваемых двигателей применять для дизелей более мощные стартеры и аккумуляторные батареи.

Дизели имеют более сложную и дорогостоящую топливную аппаратуру, требующую более трудоемкого обслуживания и ремонта. Один из основных недостатков дизеля – тихходность. Максимальное число оборотов дизеля, обеспечивающего экономичность, не превышает 3000 об/мин. Это обусловлено большим периодом времени, затрачиваемым на распыл, перемешивание испарение и горение дизтоплива. Дизели имеют больший удельный вес (4,5-8 кг/л.с.), чем карбюраторные (2-5 кг/л.с.), что определяется высокими давлениями в цилиндрах и их большими рабочими объемами. Отсюда – выше требуемая прочность и вес двигателя, больше его габариты. Дизели обладают меньшей литровой мощностью (16-18 л.с./л), чем карбюраторные (25-45 л.с./л).

## Автомобили. Типаж и конструкция

Дизельные двигатели работают более жестче, поэтому они более шумные, чем карбюраторные.

Следует отметить, однако, что за последние годы успехи в конструировании карбюраторных двигателей, особенно при использовании компьютерной техники привели к значительному улучшению их экономических показателей. Поэтому разрыв в показателях экономичности карбюраторных двигателей и дизелей сокращается.



## 5. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ.

### 5.1. Назначение механизма и классификация. Силы, действующие в механизме.

Кривошипно-шатунный механизм двигателя воспринимает давление газов и преобразует прямолинейное возвратно-поступательное движение поршней во вращательное движение коленчатого вала, а также образует замкнутый объем, в котором протекает рабочий процесс.

Кривошипно-шатунный механизм может быть центральным или смещенным (дезаксиальным). Центральным называется такой механизм, в котором ось цилиндра пересекает ось коленчатого вала. При смещенном механизме ось цилиндра не пересекает ось коленчатого вала, а смещена относительно нее на некоторую величину. Это смещение применяется, главным образом, по соображениям конструктивной компоновки с целью увеличения расстояния между коленчатым и распределительным валами двигателя. Большинство современных двигателей имеет центральный кривошипно-шатунный механизм.

В зависимости от расположения цилиндров кривошипно-шатунные механизмы делятся на простые и разветвленные.

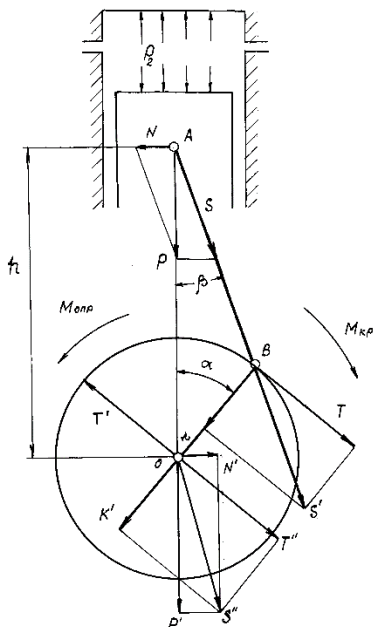
Простым называется такой механизм, в котором с каждой шейкой коленчатого вала соединяется только один шатун. Он применяется при расположении цилиндров в один ряд. В разветвленном механизме с каждой шейкой коленчатого вала соединяются два или несколько шатунов. У V-образных двигателей с расположением цилиндров под углом  $60^\circ$  –  $90^\circ$  кривошипно-шатунный механизм разветвленный.

При работе двигателя на детали кривошипно-шатунного механизма действует сила давления газов и сила инерции.

Схема сил и моментов, действующих в кривошипно-шатунном механизме, показана на рисунке 5.1. Когда поршень находится в ВМТ и шатун с кривошипом располагаются на одной линии, сила давления газов, действуя вдоль шатуна и кривошипа, передается на шейки коленчатого вала, не вызывая его поворота. При повороте коленчатого вала на некоторый угол  $\alpha$  шатун отклоняется в сторону от вертикального положения на угол  $\beta$ . Суммарная сила от давления газов и сил инерции, действующая вдоль оси цилиндра, может быть разложена на две составляющие: силу  $N$ , перпендикулярную к оси цилиндра и силу  $S$ , направленную по оси шатуна. Сила  $N$  – боковая сила – прижимает поршень к стенке цилиндра. Сила  $S$  сжимает или растягивает шатун и передается на

Автомобили. Типаж и конструкция

кривошип (шатунную шейку) коленчатого вала. Силу  $S$  можно перенести по линии ее действия в центр шатунной шейки в точку  $B$  и, обозначив через  $S'$ , разложить на две составляющие: нормальную силу  $K$ , направленную по радиусу кривошипа  $OB$ , и тангенциальную силу  $T$ , касательную к окружности радиуса кривошипа.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**8 Схема сил и моментов**

Нормальную силу  $K$  перенесем по линии ее действия в центр вала (точку  $O$ ) и обозначим через  $K'$ . Одновременно к центру вала приложим две взаимно-противоположные силы  $T'$  и  $T''$ , равные и параллельные тангенциальной силе  $T$ . Силы  $T$  и  $T'$ , имея плечо  $r$ , образуют пару сил с моментом  $M_{кр}$ , называемым крутящим моментом

$$M_{кр} = T \cdot r.$$

Силы  $K'$  и  $T'$  можно сложить и их результирующая  $S''$ , равная силе  $S$ , действующей по оси шатуна, нагружает коренные подшипники вала.

Сила  $S''$ , в свою очередь, может быть разложена на две составляющие: силу  $N'$ , перпендикулярную к оси цилиндра, и силу  $P'$  действующую по оси цилиндра. Сила  $N'$  вместе с силой  $N$ , имея плечо  $h$ , образуют пару сил, момент которой  $M_{\text{опр}} = -N' \cdot h$  равен моменту  $M_{\text{кр}}$ , но противоположен ему по знаку и называется опрокидывающим моментом.

Крутящий момент передается через трансмиссию ведущим колесам, а опрокидывающий момент через неподвижные части кривошипно-шатунного механизма воспринимается опорами двигателя, на которых в каждое мгновение возникает равный реактивный момент.

Сила  $P'$  равна силе  $P$  и складывается из двух сил: силы давления газов  $P_r$  и силы инерции  $P_j$  от возвратно-поступательно движущихся масс, т.е.

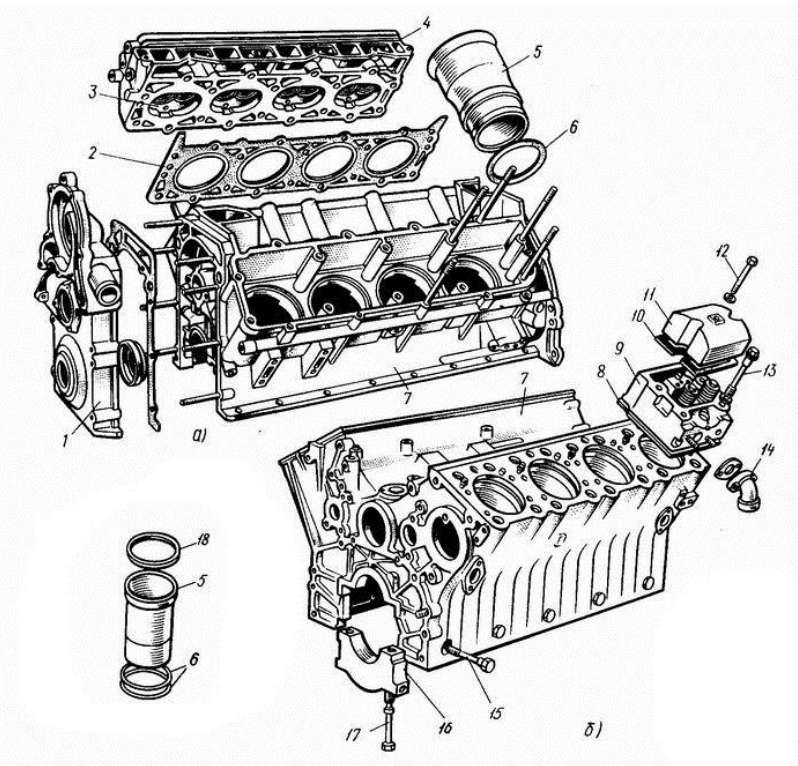
$$P' = P = P_r + P_j.$$

Сила давления газов  $P_r$ , действующая на поршень, уравновешивается равной и противоположно направленной силой, приложенной к головке цилиндра. А свободная неуравновешенная сила  $P_j$  передается на опоры двигателя.

## 5.2. Детали кривошипно-шатунного механизма.

Кривошипно-шатунный механизм состоит из двух групп деталей: неподвижных и подвижных. Неподвижные детали создают замкнутый объем, внутри которого происходит рабочий процесс двигателя. К ним относятся (рисунок 5.2):

- блок цилиндров (блок-картер);
- головка блока цилиндров;
- крышка блок – картера (впускной газопровод);
- гильзы цилиндров;
- прокладка головки блока цилиндров;
- крышка головки блока цилиндров;
- картер маховика;
- поддон;
- крышка блока распределительных шестерен.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9 **Детали кривошипно-шатунного механизма:**

***a* – V – образного карбюраторного двигателя;**

***б* – V – образного дизеля; 1 – крышка блока**

**распределительных шестерен; 2 – прокладка головки**

**блока; 3 – камера сгорания; 4 – головка блока цилиндров;**

**5 – гильза цилиндров; 7 – блок цилиндров (блок-картер);**

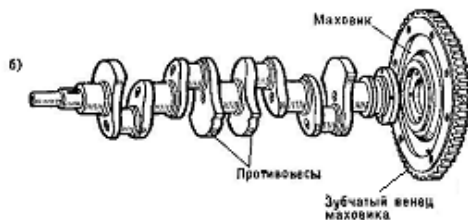
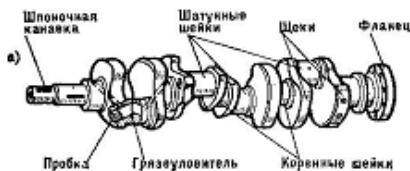
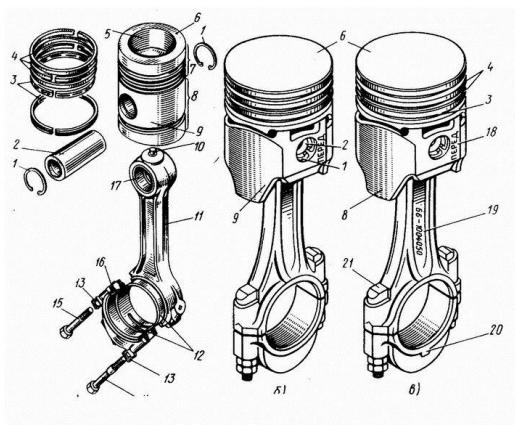
**9 – головка цилиндра; 11- крышка головки блока цилиндров;**

Подвижные детали воспринимают давление газов и преобразуют прямолинейное возвратно-поступательное движение поршней во вращательное движение коленчатого вала. К ним относятся (рисунок 5.3):

- поршни с кольцами;
- поршневые пальцы;
- шатуны;

## Автомобили. Типаж и конструкция

- коленчатый вал;
- маховик.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..10 **Подвижные детали кривошипно-шатунного механизма:**

- 1 – стопорное кольцо; 2 – поршневой палец;  
3 – маслосъёмное кольцо; 4 – компрессионные кольца;  
9 – поршень; 11 – шатун**

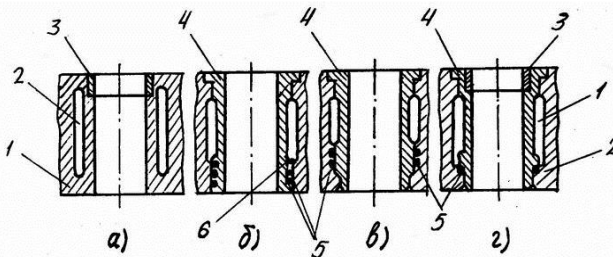
Неподвижные детали. Блок цилиндров является основной, базовой деталью двигателя. Внутри него размещаются и на нем крепятся все остальные детали и механизмы двигателя. Блок ци-

цилиндров отливается из чугуна или из алюминиевого сплава. Он может быть изготовлен отдельно от верхней части картера двигателя или вместе с ней.

Совместная отливка блока цилиндров с верхней частью картера применяется на двигателях ЗИЛ-375, КамАЗ-740 и др. Такую отливку называют блок – картером.

Внутри цилиндра происходит рабочий процесс двигателя. Стенки цилиндра направляют движение поршня. Внутренняя рабочая поверхность цилиндра тщательно обрабатывается и называется зеркалом цилиндра.

Цилиндры могут быть выполнены и обработаны непосредственно в блоке цилиндров (блок – картера) (рисунок 5.4 (а), или в отверстия блока могут быть установлены сменные чугунные (двигатели ЗИЛ-375, КамАЗ-740) или стальные гильзы (рисунок 5.4 (б, в, г).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..11 **Схемы цилиндров двигателей**

Сменные гильзы применяются в настоящее время на всех V-образных двигателях автомобилей. При применении сменных гильз цилиндров упрощается изготовление и ремонт блока цилиндров. В противном случае при выходе из строя хотя бы одного цилиндра возникает необходимость замены всего блока. Между стенками цилиндров и наружными стенками блока образуется полость, которая заполняется охлаждающей жидкостью, называемая рубашкой охлаждения.

Вставные гильзы делятся на сухие и мокрые. Сухой гильзой называется такая, наружная поверхность которой не омывается охлаждающей жидкостью. Мокрая гильза непосредственно омывается охлаждающей жидкостью. Мокрые гильзы применяются на V-образных двигателях ЗИЛ-375, КамАЗ-740. Верхняя часть гильзы

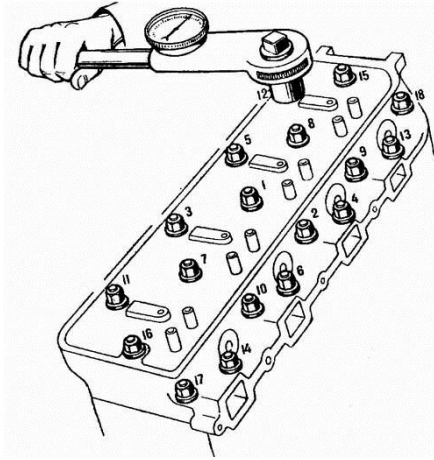
## Автомобили. Типаж и конструкция

цилиндра подвергается воздействию высокой температуры, разъедающему действию газов и изнашивается она быстрее, чем нижняя. Поэтому в верхнюю часть гильз запрессовываются еще короткие сухие гильзы из специального антикоррозионного аустенитного чугуна, повышающие сроки работы основной гильзы.

Мокрая гильза уплотняется от попадания охлаждающей жидкости в цилиндр и в картер двигателя в верхней части буртиком гильзы, прижимаемым головкой блока к блоку цилиндров, а в нижней части – резиновыми кольцами, расположенными в выточках гильзы (двигатель ЗИЛ-375), либо в выточках блок – картера (двигатель КамАЗ-740).

Головка блока цилиндров плотно прикрывает цилиндры сверху. Головка блока большинства двигателей изготавливается из алюминиевого сплава (двигатели ЗИЛ-375, КамАЗ-740). Стенки головки блока делаются двойными. Они образуют рубашку охлаждения, которая через специальные отверстия в прокладке сообщается с рубашкой охлаждения цилиндров. В двигателе ЗИЛ-375 головка блока цилиндров устанавливается на каждый полублок, в двигателе КамАЗ-740 – на каждый цилиндр. В головке блока карбюраторных двигателей выполнены камеры сгорания и отверстия для установки свечей зажигания, а в дизельных двигателях – отверстия для форсунок.

Если двигатель имеет верхнее расположение клапанов, то в головке блока выполняются всасывающие и выпускные каналы, отверстия для клапанов, штанг и устанавливаются направляющие втулки клапанов. Крепление головки блока к блоку цилиндров осуществляется болтами или шпильками с гайками. Порядок затяжки гаек на шпильках устанавливается для каждого двигателя (рисунок 5.5).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..12

Головка блока, выполненная из алюминиевого сплава, имеет хорошую теплопроводность. Вследствие этого в карбюраторных двигателях снижается температура рабочей смеси в конце такта сжатия. А это особенно важно, так как позволяет увеличивать степень сжатия смеси без опасности появления детонационного горения топлива.

Прокладка головки блока обеспечивает герметичное прилегание головки к блоку цилиндров. Прокладки на двигателях применяются: сталеасбестовая (ЗИЛ-375), многослойная стальная (ЯАЗ-206), алюминиевая (Д12А), двойная (стальная, резиновая) – КамАЗ-740.

Катером двигателя называется нижняя часть двигателя, отлитая вместе с блоком цилиндров. В картере делаются перегородки с ребрами жесткости, придающие ему жесткость и прочность. Плоскость разъема картера обычно бывает опущена ниже оси коленчатого вала для повышения жесткости картера.

В перегородках картера располагаются коренные подшипники, в которых устанавливается коленчатый вал. Снизу к картеру крепится штампованный из стали поддон, который служит резервуаром для масла.

Подвижные детали. Поршень воспринимает силу давления газов при рабочем ходе и передает её шатуну. Кроме того, при помощи поршня осуществляются вспомогательные такты рабочего



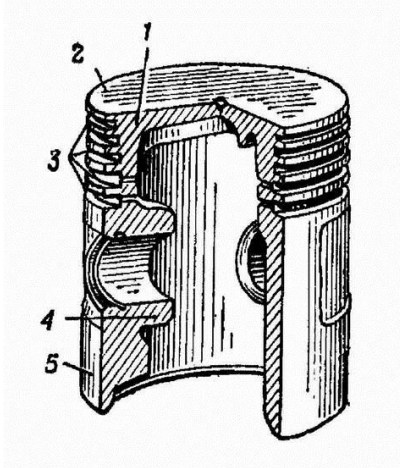
## Автомобили. Типаж и конструкция

процесса (всасывание, сжатие и впуск). Поршень работает в условиях больших давлений газов (до  $100 \text{ кг/см}^2$ ), больших температур (максимальная температура газов достигает  $2000^\circ$ ) и больших ускорений. Характер нагрузки, действующей на поршень, близок к ударному. Поэтому поршень наряду с высокой прочностью и износоустойчивостью должен иметь малый вес.

Поршни изготавливаются в большинстве случаев из алюминиевого сплава, реже из чугуна.

Положительными качествами алюминиевых поршней по сравнению с чугунными являются: малый вес, хорошие теплопроводность, антифрикционные свойства, обрабатываемость и прирабатываемость к зеркалу цилиндра.

Недостатками алюминиевых поршней являются: пониженная прочность и износоустойчивость, особенно при повышении температуры поршня, и большой коэффициент теплового расширения (примерно в 2-2,5 раза больше, чем у чугуна). Это требует больших зазоров между поршнем и цилиндром.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..13 **Поршень**

**1 – головка; 2 – днище; 3 – канавки; 4 – бобышка; 5 – юбка.**

Поршень (рисунок 5.6) состоит из головки с днищем и нижней направляющей части (юбки).

На головке поршня имеются канавки для поршневых колец. В юбке поршня имеются приливы – бобышки с отверстиями для

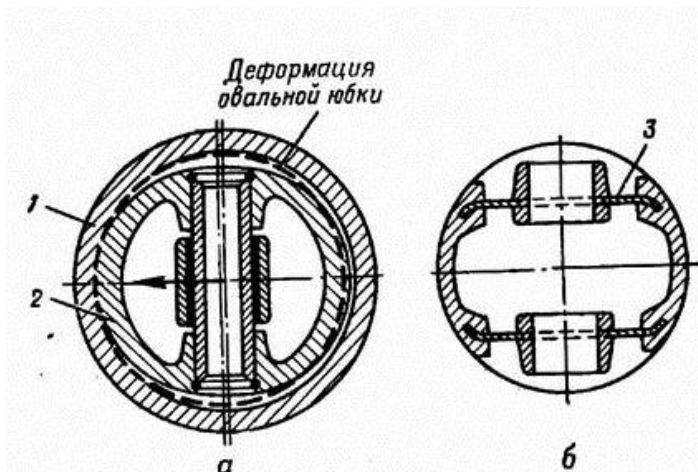
Автомобили. Типаж и конструкция

поршневого пальца. Днище поршней карбюраторных четырёхтактных двигателей выполняется обычно плоским, а в дизельных двигателях – почти всегда фасонным, образуя камеру сгорания (рисунок 5.7).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..14 **Формы днищ поршней**  
**а – плоская; б – вогнутая; в – выпуклая; г – фасонная**

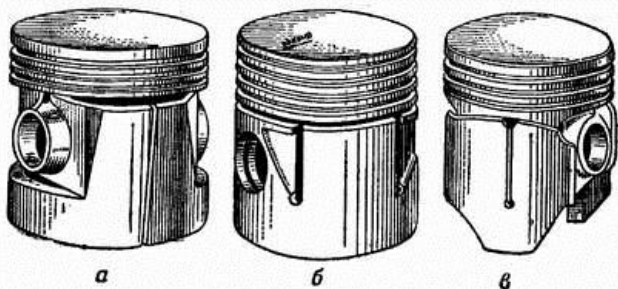
При работе двигателя поршень, нагреваясь, расширяется и, если между ним и зеркалом цилиндра не будет необходимого зазора, заклинит в цилиндре, и двигатель прекратит работу. Однако большой зазор между поршнем и зеркалом цилиндра также нежелателен, так как это приводит к прорыву части газов в картер двигателя, падению давления в цилиндре и уменьшению мощности двигателя. Чтобы поршень не заклинивало при прогревом двигателя, головку поршня выполняют меньшего диаметра, чем юбку.



Автомобили. Типаж и конструкция

**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**15 Конструкция юбки поршня**  
**а – овальная юбка; б – юбка со вставками; 1 – цилиндр;**  
**2 – поршень; 3 – вставка**

При этом саму юбку в поперечном сечении изготавливают не цилиндрической формы, а в виде эллипса с большей его осью в плоскости, перпендикулярной поршневому пальцу, т.е. в плоскости действия боковых сил, что уменьшает удары поршня о стенку цилиндра при непрогретом двигателе (рисунок 5.8).



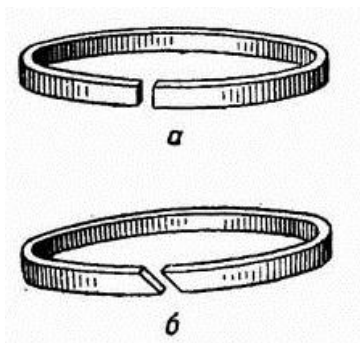
**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**16 Типы разрезов юбок поршней**  
**а – косой разрез; б – П-образный разрез; в – Т-образный разрез**

На юбке поршня может быть температурный разрез Т- или П-образной формы (рисунок 5.9). Таким образом, благодаря овальной форме и разрезу юбки предотвращается заклинивание поршня при работе прогретого двигателя.

При сборке поршни, имеющие разрез, устанавливают разрезом в сторону, обратную вращению коленчатого вала. При рабочем ходе к стенке цилиндра будет прижиматься с большей силой сторона поршня, не имеющая разреза.

Общее устройство поршней разных двигателей принципиально одинаковое, но каждый из них отличается диаметром и рядом особенностей, присущих только данному двигателю. Например, в головке поршня двигателей ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 залито чугунное кольцо, в котором сделана канавка под верхнее компрессионное кольцо. Такая конструкция способствует уменьшению износа канавки под поршневое кольцо. В днище же поршня двигателя КамАЗ-740 выполнена камера сгорания, в то время как днище поршня двигателя ЗИЛ-375 – плоское.

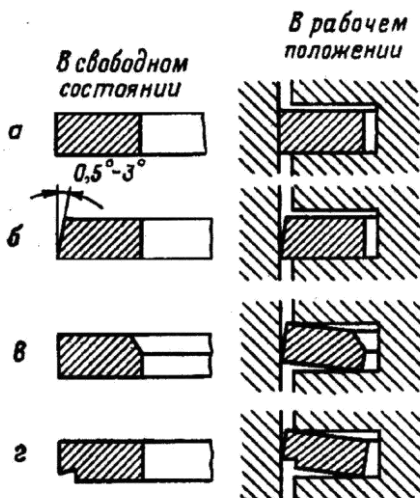
Юбка поршня двигателя КамАЗ-740 имеет коллоидно-графитовое покрытие, а поршни двигателя ЗИЛ-375 после механической обработки покрывают оловом.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**17 Типы замков поршневых колец**  
**а – прямой; б – косой**

Поршневые кольца, применяемые в двигателях, подразделяются на компрессионные и маслосъемные. Компрессионные кольца уплотняют зазор между поршнем и цилиндром и служат для уменьшения прорыва газов из цилиндров в картер. Маслосъемные кольца снимают излишки масла с зеркала цилиндров и не допускают проникновения масла в камеру сгорания. Кольца, изготовлены из чугуна или стали и имеют разрез (замок) (рисунок 5.10).

При установке поршня в цилиндр поршневое кольцо предварительно сжимают, в результате чего обеспечивается его плотное прилегание к зеркалу цилиндра. На кольцах имеются фаски, за счет которых кольцо несколько перекашивается и быстрее притирается к зеркалу цилиндра (рисунок 5.11).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**18** **Формы поперечного сечения компрессионных колец**  
**а** – прямоугольное; **б** – трапецевидное; **в** и **г** – кольца со снятыми фасками.

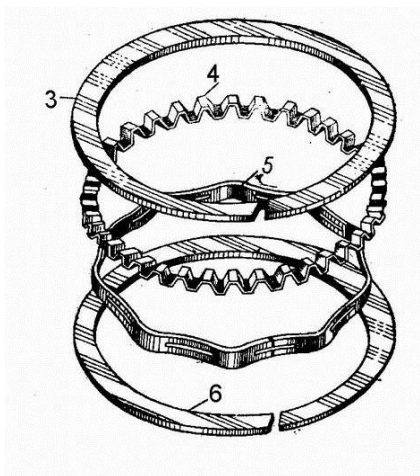
Количество колец, устанавливаемых на поршнях разных двигателей, неодинаковое. На поршнях двигателей ЗИЛ-375 три компрессионных кольца, два верхних хромированы по поверхности, соприкасающейся с гильзой.

В двигателе КамАЗ-740 по два компрессионных кольца на каждом поршне. Рабочая поверхность нижнего кольца покрыта молибденом.

Маслосъемных колец в двигателях обычно по одному. Маслосъемное кольцо собрано из четырех отдельных элементов – двух тонких, стальных разрезных кольца и двух гофрированных стальных расширителей (осевого и радиального). Маслосъемное кольцо двигателя ЗИЛ-130 (рисунок 5.12) — составное. В комплект одного кольца входит два плоских тонких стальных кольца **3** и два расширителя: радиальный **5**, прижимающий кольца к поверхности цилиндра, и осевой **4**, прижимающий их к стенкам канавки. Достоинствами этих колец являются повышенная приспособляемость к искаженной форме цилиндра, быстрая приработка, долговечность и

## Автомобили. Типаж и конструкция

большие проходные сечения для масла, что значительно уменьшает отложение кокса. На двигателе КамАЗ-740 маслоъемное кольцо коробчатого сечения с витым пружинным расширителем.

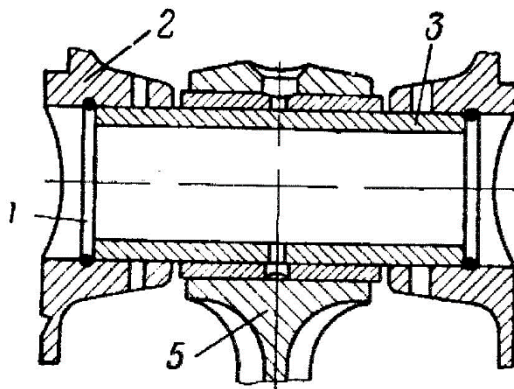


**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**19 Маслоъемные кольца 3 и 6 – стальные кольца; 4 – осевой расширитель; 5 – радиальный расширитель.**

При установке колец на поршень их замки следует размещать в разные стороны.

Поршневой палец шарнирно соединяет поршень с верхней головкой шатуна. Палец изготовлен в виде пустотелого цилиндрического стержня, наружная поверхность которого закалена нагревом током высокой частоты (рисунок 5.13).

На двигателях обычно применяются "плавающие" пальцы, т.е. такие, которые могут свободно поворачиваться как в верхней головке шатуна, так и в бобышках поршня, что способствует равномерному износу пальца. Во избежание задиров цилиндра при выходе пальца из бобышек, осевое перемещение его ограничивается двумя разрезными стопорными кольцами, установленными в выточках бобышек поршня.

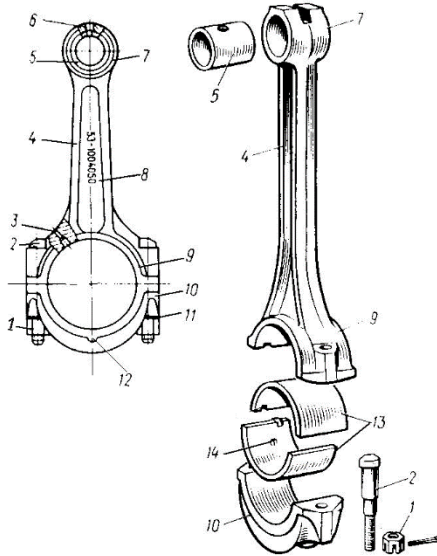


**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**20 Поршневой палец**

**1 – стопорное кольцо; 2 – поршень; 3 – палец; 5 – шатун.**

Шатун служит для соединения коленчатого вала с поршнем. Через шатун давление на поршень при рабочем ходе передается на коленчатый вал. При вспомогательных тактах (впуск, сжатие и выпуск) через шатун поршень приводится в действие от коленчатого вала.





**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**21 Шатун**

**1 – гака; 2 – болт 3 и 14; – отверстия для масла;  
4 – стержень шатуна; 5 – бронзовая втулка; 6 – отверстие для прохода масла к поршневому пальцу; 7 – верхняя головка шатуна; 8 – номер шатуна; 9 – нижняя головка шатуна; 10 – крышка нижней головки; 11 – стопорная шайба; 12 – метка; 13 – вкладыши.**

Шатун (рисунок 5.14) состоит из стального стержня двутаврового сечения, верхней неразъемной и нижней разъемной головок. В верхней установлен поршневой палец, а нижней шатун закреплен на шатунной шейке коленчатого вала.

Для уменьшения трения в верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая или биметаллическая с бронзовым слоем втулка. В нижнюю, состоящую из двух частей, установлены тонкостенные вкладыши, представляющие собой стальную ленту, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем антифрикционного сплава (ЗИЛ-375 – высокооловянистый алюминий, КамАЗ-740 – трехслойная с рабочим слоем из свинцовистой бронзы). Обе части нижней головки шатуна скреплены двумя болтами, гайки которых во избежание самоотвертывания фиксируются. В двигателе ЗИЛ-

Автомобили. Типаж и конструкция

375 под гайки подкладываются специальные шайбы, момент затяжки гаек 80-90 Н•м. В двигателе КамАЗ – затяжку гаек производят до удлинения шатунных болтов на 0,25-0,27мм. На стержне шатуна выштампован номер детали, а на крышке – метка. Номер на шатуне и метка на его крышке всегда должны быть – обращены в одну сторону. К верхней и нижней головкам шатуна подводится масло: к нижней головке – через канал в коленчатом валу, а к верхней – через прорезь. Из нижней головки шатуна масло через отверстие выбрызгивается на стенки цилиндров.

В V- двигателях на одной шатунной шейке коленчатого вала закреплено по два шатуна. Для правильной их сборки с поршнями нужно помнить, что шатуны, правого ряда цилиндров собраны с поршнями так, что номер на шатуне обращен назад по ходу автомобиля, а левого ряда – вперед, т.е. совпадает с надписью на поршне (рисунок 5.15).



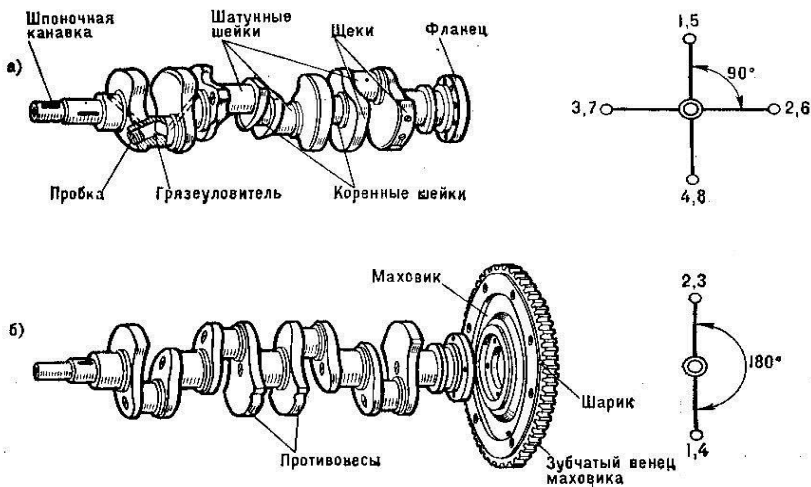
**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**22 Установка двух шатунов на одной шейке V – образного двигателя.**

Коленчатый вал воспринимает усилия, передаваемые от поршней шатунами, и преобразует их в крутящий момент, который затем через маховик передается агрегатам трансмиссии. В двигателях ЗИЛ – 375 и КамАЗ-740 коленчатый вал стальной кованый.

Коленчатый вал (рисунок 5.16) состоит из шатунных и коренных шлифованных шеек, шек и противовесов. На переднем конце

## Автомобили. Типаж и конструкция

вала двигателя ЗИЛ-375 имеется углубление для шпонки распределительной шестерни и шкива привода вентилятора, а также нарезное отверстие для крепления храповика; задняя часть вала выполнена в виде фланца, к которому болтами крепится маховик.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**23 Коленчатый вал.**

Количество и расположение шатунных шеек коленчатого вала зависит от числа цилиндров двигателя и его компоновки. Так, в V – образном двигателе количество шатунных шеек в два раза меньше числа цилиндров, так как на одну шатунную шейку вала установлено по два шатуна – один левого и другой правого рядов цилиндров.

Шатунные шейки коленчатого вала многоцилиндровых двигателей, выполнены в разных плоскостях, что необходимо для равномерного чередования рабочих тактов в разных цилиндрах.

В восьмицилиндровых V-образных двигателях коленчатые валы имеют по четыре шатунные шейки, расположенные под углом в  $90^\circ$ .

В двигателях, как правило, число коренных шеек коленчатого вала на одну больше, чем шатунных, т.е. каждая шатунная шейка с двух сторон имеет коренную. Такие коленчатые валы называют полно- опорными.

Коренные и шатунные шейки коленчатого вала между собой соединены щеками.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Для уменьшения центробежных сил, создаваемых кривошипами, на коленчатом валу выполнены противовесы, а шатунные шейки сделаны полыми. Для повышения твердости и увеличения срока службы поверхность коренных и шатунных шеек стальных валов закалывают нагревом токами высокой частоты и цементируют.

Коренные и шатунные шейки вала соединены каналами (сверлениями) в щеках вала. Эти каналы предназначены для подвода масла от коренных подшипников к шатунным.

В каждой шатунной шейке имеется полость, которая выполняет роль грязеуловителя. Сюда поступает масло от коренных шеек. При вращении вала продукты износа, находящиеся в масле, под действием центробежных сил отделяются от масла и оседают на стенке грязеуловителя, а к шатунным шейкам поступает очищенное масло. Очистка грязеуловителей осуществляется через завернутые в их торцы резьбовые пробки только при разборке двигателя.

Перемещение вала в продольном направлении ограничивается упорными сталебаббитовыми шайбами, которые расположены по обе стороны первого коренного подшипника, или четырьмя сталеалюминиевыми полукольцами, установленными в выточке задней коренной опоры (КамАЗ-740). В местах выхода коленчатого вала из картера двигателя имеются сальники и уплотнители, предотвращающие утечку масла.

На переднем конце вала установлен резиновый самоподжимной сальник, а на заднем конце выполнена маслосгонная резьба и маслоотражательный буртик. В заднем коренном подшипнике сделаны маслоуловительные каналы, в которые сбрасывается масло с маслосгонной резьбы и маслоотражательного буртика и установлен сальник, состоящий из двух кусков асбестового шнура.

В работающем двигателе нагрузки на шатунные и коренные шейки коленчатого вала очень велики. Для уменьшения трения коренные шейки, как и шатунные, расположены в подшипниках скольжения, которые выполнены в виде вкладышей. Вкладыши каждого коренного или шатунного подшипника состоят из двух половинок, устанавливаемых в нижней разъемной головке шатуна (шатунные подшипники) и в гнезде блока и крышке коренного подшипника (коренные подшипники). От проворачивания вкладыши удерживаются выступом, входящим в паз шатунного или коренного подшипника. Крышки коренных подшипников закреплены при помощи болтов и гаек, которые для предотвращения от самоотвертывания зашплинтованы проволокой либо застопорены замковыми

## Автомобили. Типаж и конструкция

пластинами. Маховик уменьшает неравномерность работы двигателя, выводит поршни из мертвых точек, облегчает пуск двигателя и способствует плавному троганию автомобиля с места. Маховик изготовлен в виде массивного чугунного диска и крепится к фланцу коленчатого вала болтами с гайками. При изготовлении маховик балансируется вместе с коленчатым валом. Для предотвращения нарушения балансировки при разборке двигателя маховик установлен на несимметрично расположенные штифты или болты. На ободе маховика двигателя КамАЗ-740 имеется углубление для определения ВМТ поршня первого цилиндра для установки и регулировки топливного насоса высокого давления. Зубчатый венец, напрессованный на маховик, служит для запуска двигателя стартером.

Крепление двигателя к раме должно быть надежным и в то же время обеспечивать смягчение толчков, возникающих при работе двигателя и движении автомобиля. Каждый элемент крепления состоит из одной или двух резиновых подушек, стальных шайб, втулок и болтов. Двигатели могут быть прикреплены к раме в трех или четырех точках.

Двигатель ЗИЛ-375 крепится в трех точках, а КамАЗ-740 – в четырех.

### **5.3. Неисправности кривошипно-шатунного механизма.**

В процессе эксплуатации автомобиля нормальная работа кривошипно-шатунного механизма может быть нарушена в результате появления эксплуатационных неисправностей. Основные из них: износ коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, шеек вала, поршневых пальцев, отверстий в бобышках поршней или бронзовых втулок в верхних головках шатунов, поршней и гильз цилиндров, поршневых колец, поломка поршневых колец, повреждение прокладок головок блока или ослабление крепления головок.

Признаками износа коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, шеек вала являются стуки, которые прослушиваются при переходе на большую частоту вращения. Стук коренных подшипников – глухой, низкого тона, слышен при прикладывании стетоскопа или стержня напротив коренных подшипников. Стук шатунных подшипников также глухой, слышен при прикладывании стержня к картеру напротив соответствующих цилиндров. Причинами этих неисправностей могут быть: ослабление крепления крышек подшипников, применение масла несоответствующего сорта,

## Автомобили. Типаж и конструкция

ослабление крепления маховика на валу. Коренные и шатунные подшипники следует подтянуть или заменить вкладыши, болты крепления маховика затянуть и зашплинтовать, заменить масло.

Признаками износа поршневых пальцев, отверстий в бобышках поршней или бронзовых втулок в верхних головках шатунов являются звонкие металлические стуки при резком изменении частоты вращения коленчатого вала. Причинами этой неисправности могут быть: применение несоответствующего сорта масла, некачественная обработка сопряженных деталей. Необходимо заменить масло и изношенные детали.

Признаками износа поршней, гильз цилиндров, поршневых колец, повреждения прокладок головок блока является падение компрессии – вследствие чего коленчатый вал легко проворачивается пусковой рукояткой, затруднен пуск двигателя, снижаются мощность и приемистость, увеличивается расход масла, появляется дымный выпуск.

Причинами этих неисправностей могут быть длительная работа двигателя с большими нагрузками, частый перегрев двигателя и др.

Следует заменить гильзы цилиндров в комплекте с поршнями, прокладки головок блока, подтянуть крепления головок блока.

### 5.4. Контрольные вопросы.

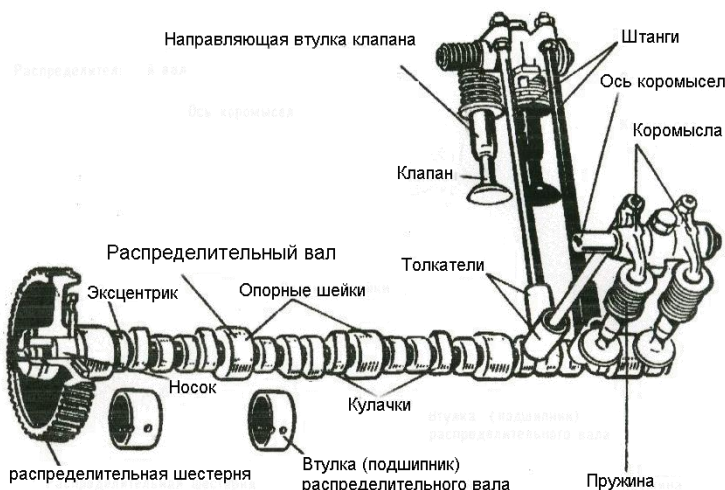
1. Назначение кривошипно-шатунного механизма. Какие типы КШМ в поршневых двигателях?
2. Назвать состав и назначение неподвижных деталей КШМ?
3. Назвать состав и назначение подвижных деталей КШМ?
4. Назначение, типы гильз цилиндров и их крепление?
5. Назначение и устройство поршней?
6. Назначение, классификация поршневых колец и их устройство?
7. Устройство шатуна и коленчатого вала?
8. Какие силы действуют на детали КШМ?
9. Назвать неисправности КШМ, причины их возникновения и способы устранения?

## 6. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### 6.1. Назначение и типы механизмов газораспределения

Механизм газораспределения предназначен для своевременного впуска в цилиндры воздуха (дизели) или горючей смеси (карбюраторные и газовые двигатели) и выпуска из них отработавших газов, а также создания замкнутого объема во время тактов сжатия и рабочего хода. Механизм газораспределения может иметь верхнее расположение клапанов (в головке цилиндров) или нижнее (в блоке цилиндров). В карбюраторных двигателях применяют оба типа механизмов газораспределения, а в дизелях – только механизм с верхним расположением клапанов. Применение механизма газораспределения с верхним расположением клапанов, позволяет получить компактную камеру сгорания, обеспечить лучшее наполнение цилиндров горючей смесью и облегчить регулировку тепловых зазоров.

Газораспределительный механизм состоит из распределительных шестерен, распределительного вала, толкателей, штанг, коромысел, с деталями крепления клапанов, пружин с деталями крепления и направляющих втулок клапанов (рисунок 6.1).



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..24 Газораспределительный механизм.

На V-образных двигателях распределительный вал расположен между правым и левым рядами цилиндров.

При вращении распределительного вала кулачек набегают на толкатель и поднимают его вместе со штангой. Верхний конец штанги надавливает на регулировочный винт во внутреннем плече коромысла, которое поворачиваясь на своей оси, наружным плечом нажимает на стержень клапана и открывает отверстие впускного или выпускного клапана в головке цилиндров. В V-образных двигателях распределительный вал действует на толкатели правого и левого рядов цилиндров.

## 6.2. Детали механизмов газораспределения.

Распределительный вал служит для открытия клапанов в определенной последовательности в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Распределительный вал отливают из специального чугуна или отковывают из стали. Устанавливают его в отверстия стенок в ребрах картера. Для этой цели на валу имеются цилиндрические шлифованные опорные шейки. Для уменьшения трения между шейками вала и опорами в отверстия запрессовывают втулки, внутренняя поверхность которых покрыта антифрикционным слоем.

На валу, помимо опорных шеек, имеются кулачки – по два на каждый цилиндр, шестерня для привода масляного насоса и прерывателя-распределителя и эксцентрик для привода топливного насоса (ЗИЛ-375).

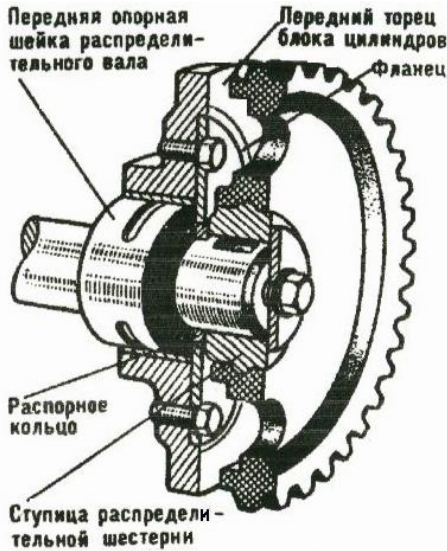
От переднего торца распределительного вала двигателя ЗИЛ-375 приводится в действие датчик пневмоцентробежного ограничителя частоты вращения коленчатого вала двигателя. Трущиеся поверхности распределительного вала для уменьшения износа подвергнуты закалке с помощью нагрева током высокой частоты.

Привод распределительного вала от коленчатого вала осуществляется при помощи шестеренчатой передачи. Для этой цели на переднем торце коленчатого вала напрессована стальная шестерня, а на переднем конце распределительного вала – текстолитовая (ЗМЗ-53-12) или чугунная (ЗИЛ-375) -шестерня. Распределительная шестерня от проворачивания на валу удерживается шпонкой и закрепляется шайбой и болтом, завернутым в торец вала. Обе распределительные шестерни имеют косые зубья, вызывающие при вращении вала его осевое смещение.



## Автомобили. Типаж и конструкция

Для предупреждения осевого смещения вала при работе двигателя между шестерней и передней опорной шейкой вала установлен фланец, который закреплен двумя болтами к передней стенке блока цилиндров (рисунок 6.2). Внутри фланца на носке вала установлено распорное кольцо, толщина которого несколько больше толщины фланца, в результате чего достигается небольшое осевое смещение распределительного вала.



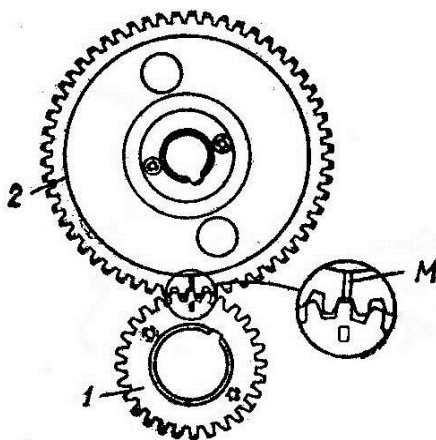
**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**25 Ограничение осевого смещения распределительного вала.**

В двигателе КамАЗ-740 привод распределительного вала осуществляется от шестерни коленчатого вала через промежуточные шестерни, расположенные на заднем торце блока двигателя. От осевого перемещения вал фиксируется корпусом подшипников задней опоры, который крепится к блоку тремя болтами.

В четырехтактных двигателях рабочий процесс происходит за четыре хода поршня или два оборота коленчатого вала. За это время должны последовательно открыться впускные и выпускные клапаны каждого цилиндра, а это возможно, если число оборотов распределительного вала будет в 2 раза меньше числа оборотов коленчатого вала. Поэтому число зубьев шестерни, установленной

на распределительном валу, делают в 2 раза большим, чем число зубьев шестерни коленчатого вала.

Клапаны должны открываться и закрываться в зависимости от положения поршней в цилиндрах двигателя, например, при такте пуска, когда поршень движется от **ВМТ** к **НМТ**, впускной клапан должен быть открыт, а при такте сжатия, расширения (рабочего хода) и выпуска закрыт. Чтобы обеспечить такую взаимосвязь на шестернях газораспределительного механизма делают метки: на зубе шестерни коленчатого вала и между двумя зубьями шестерни распределительного вала (рисунок 6.3). При сборке двигателя эти метки должны совпадать.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует...**26 Привод распределительного вала.**

В газораспределительном механизме двигателя КамАЗ-740 шестерни устанавливаются также по меткам.

Толкатели (Рисунок 6.4) предназначены для передачи усилия от кулачков распределительного вала к штангам. Толкатели изготовлены из чугуна или стали в виде малых цилиндрических стаканов, во внутренней части которых имеются сферические углубления для установки штанги. Толкатели размещаются в направляющих, выполненных в блоке цилиндров или делаются съемными (КамАЗ-740).

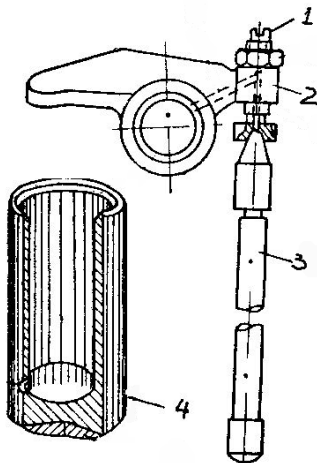
При работе двигателя толкатели все время проворачиваются вокруг своих осей, что необходимо для их равномерного износа. Вращение толкателя достигается за счет выпуклой поверхности его

## Автомобили. Типаж и конструкция

нижней головки и скошенной поверхности кулачка распределительного вала.

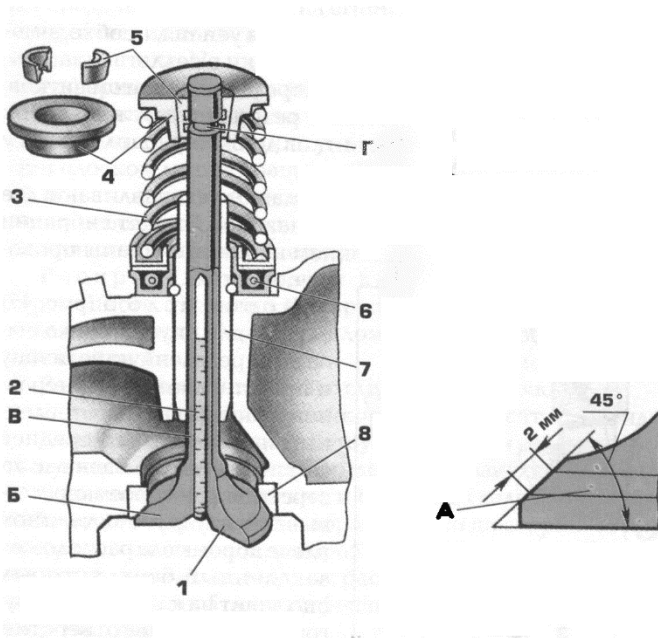
Штанги передают усилие от толкателей к коромыслам и выполнены в виде стальных стержней с закаленными наконечниками (ЗИЛ-375) или дюралюминиевых трубок с запрессованными с обеих сторон сферическими стальными наконечниками. Наконечники упираются в одной стороны в углубление толкателя, а с другой – в сферическую поверхность регулировочного болта коромысла.

Коромысла передают усилие от штанги клапану. Изготавливают их из стали в виде двуплечего рычага, посаженного на ось. В отверстие коромысла для уменьшения трения запрессовывают бронзовую втулку. Полая ось закреплена в стойках на головке цилиндров. От продольного перемещения коромысло удерживается сферической пружиной. На двигателях ЗИЛ-375 коромысла не равноплечие. В короткое плечо завернут регулировочный винт с контргайкой, упирающийся в сферическую поверхность наконечника штанги.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..27

Клапаны служат для периодического открытия и закрытия отверстий впускных и выпускных каналов в зависимости от положения поршней в цилиндре и от порядка работы цилиндров двигателя.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..28 **Клапанный механизм**

- 1 – клапан; 2 – полость; 3 – пружина клапана;  
4 – опорная шайба; 5 – сухарик; 6 – механизм вращения;  
7 – втулка клапана; 8 – седло; А – фаска клапана;  
Б – головка; В – стержень.**

В двигателях с верхним расположением клапанов впускные и выпускные каналы выполнены в головках цилиндров и заканчиваются вставными гнездами из жаропрочного чугуна.

Клапан (рисунок 6.5) состоит из головки и стержня. Головка имеет узкую, скошенную под углом,  $45^\circ$  или  $30^\circ$  кромку (рабочая поверхность), называемую фаской. Фаска клапана должна плотно прилегать к фаске седла, для чего эти поверхности взаимно притирают.

Головки впускных и выпускных клапанов имеют неодинаковый диаметр. Для лучшего наполнения цилиндров горючей смесью головки впускного клапана делают большим, чем диаметр выпускного. В связи с тем, что клапаны во время работы двигателя неодинаково нагреваются (выпускной клапан, омываемый горячими отработавшими газами, нагревается больше), изготавливаются они

## Автомобили. Типаж и конструкция

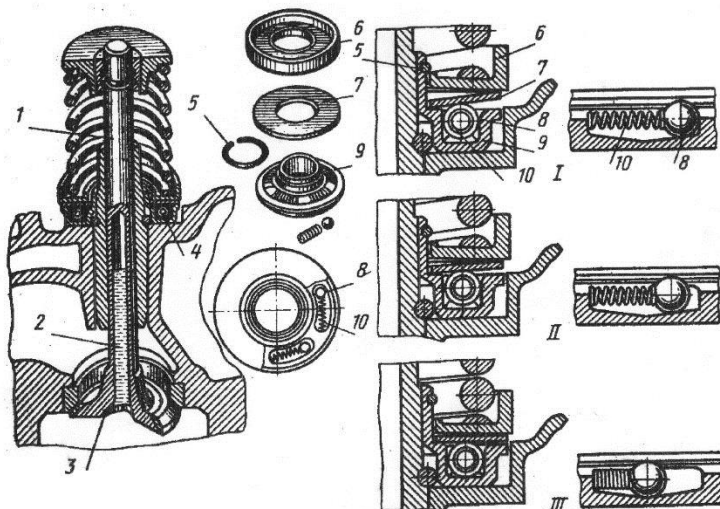
из разного материала: впускные клапаны – из хромистой, выпускные – из сильхромовой жаропрочной стали. Для увеличения срока службы выпускных клапанов двигателя ЗИЛ-375 на их рабочую поверхность наплавлен жароупорный сплав, стержни изготовлены пустотелыми и имеют натриевое наполнение, способствующее лучшему отводу тепла от головки клапана к его стержню.

Стержень клапана цилиндрической формы в верхней части имеет выточку для деталей крепления клапанной пружины. Стержни клапанов помещены в чугунных или металлокерамических направляющих втулках, втулки запрессовывают в головку цилиндров и стопорят замочными кольцами.

Клапан прижимается к седлу цилиндрической стальной пружиной, которая имеет переменный шаг витков, что необходимо для устранения ее вибрации. Пружина одной стороной упирается в шайбу, расположенную на головке цилиндров, а другой – опорную шайбу. Опорная шайба удерживается на стержне клапана двумя коническими сухарями, внутренний буртик которых входит в выточку стержня клапана.

Для уменьшения проникновения масла по стержням клапанов в камеру сгорания двигателя в опорных шайбах установлены резиновые кольца или на стержни клапанов надеты резиновые колпачки. Для равномерного нагрева и износа клапана желательно, чтобы при работе двигателя он поворачивался.

В двигателе ЗИЛ-375 выпускные клапаны имеют механизм поворота (рисунок 6.6). Он состоит из неподвижного корпуса, в наклонных канавках которого расположены шарики с возвратными пружинами, дисковой пружины и опорной шайбы с замочным кольцом. Механизм установлен на направляющей втулке клапана в углублении головки цилиндров. Клапанная пружина упирается в опорную шайбу. Когда клапан закрыт и давление клапанной пружины невелико, дисковая пружина выгнута наружным краем вверх, а внутренним упирается в заплечик корпуса.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**29 Механизм вращения выпускного клапана**

При этом шарики при помощи пружин отжаты в канавках в крайнее положение.

При открытии клапана давление клапанной пружины возрастает, выпрямляя через опорную шайбу дисковую пружину. При этом внутренний край пружины отходит от заплечика корпуса и пружина клапана, опираясь на шарики, передает на них все давление, вследствие чего шарики перемещаются в углубление канавок корпуса, вызывая поворот дисковой пружины и вместе с ней опорной шайбы клапанной пружины и клапана. Когда клапан закрывается, все детали возвращаются в исходное положение.

В двигателе КамАЗ-740 клапан поворачивается за счет вибрации двух пружин с разным направлением навивки.

Во время работы двигателя в связи с нагревом клапанов их стержни удлиняются и может наступить такой момент, когда клапан не сядет в свое седло, что приведет к нарушению работы двигателя. Для обеспечения плотной посадки клапана в седле между стержнем клапана и носком коромысла должен быть определенный тепловой зазор. Значения зазора между стержнями клапанов и коромыслами для холодных двигателей ( $t \sim 15-20^\circ\text{C}$ ) приведены в инструкции по эксплуатации автомобиля.



### 6.3. Фазы газораспределения.

При описании рабочего процесса четырехтактного двигателя указывалось, что открытие и закрытие клапанов происходят в моменты прихода поршня в мертвые точки. Однако в связи со значительной частотой вращения коленчатого вала период времени, отводимый на впуск горючей смеси и выпуск отработавших газов, велик, наполнение и очистка цилиндров затруднены.

Для получения наибольшей мощности необходимо как можно лучше заполнять цилиндры горючей смесью и очищать их от продуктов сгорания. С этой целью **впускной клапан** открывается до прихода поршня в **ВМТ**, в конце такта выпуска, т.е. с опережением в пределах  $10-31^\circ$  поворота коленчатого вала, а закрывается после прихода поршня в **НМТ** в конце такта сжатия, т.е. с запаздыванием в  $46-83^\circ$ .

Продолжительность нахождения в открытом состоянии впускного клапана составляет  $236-294$  градуса поворота коленчатого вала, что значительно увеличивает количество поступающей в цилиндры горючей смеси (воздуха). Поступление смеси или воздуха до подхода поршня в **ВМТ** в конце такта выпуска и после **НМТ** начала такта сжатия происходит за счет инерционного напора во впускном трубопроводе из-за часто повторяющихся тактов в цилиндрах.

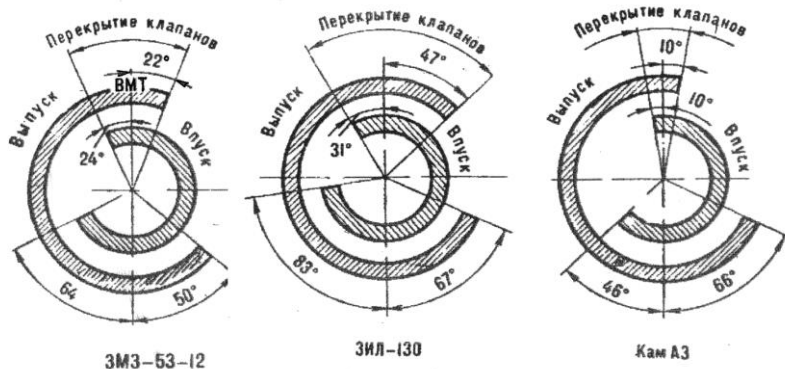
Выпускной клапан открывается за  $50-67^\circ$  до прихода поршня в **НМТ** в конце рабочего хода и закрывается после прихода поршня в **ВМТ** такта выпуска на  $10-47^\circ$ . Продолжительность открытого состояния выпускного клапана составляет  $240-294^\circ$  поворота коленчатого вала. Выпускной клапан открывается раньше, так как давление в конце такта расширения велико и оно используется для очистки цилиндров.

После прохождения поршнем **ВМТ** отработавшие газы будут продолжать выходить по инерции.

Моменты открытия и закрытия клапанов относительно мертвых точек, выраженные в градусах поворота коленчатого вала, называются фазами газораспределения.

На рисунке 6.7 приведены диаграммы фаз газораспределения, из которых видно, что в двигателе бывают моменты (в конце такта выпуска и начале такта впуска), когда оба клапана открыты. В это время происходит продувка цилиндров свежим зарядом горючей смеси или воздуха для лучшей очистки продуктов сгорания. Это период носит название – перекрытие клапанов.





**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**30 Фазы газораспределения**

Для плавной работы многоцилиндрового двигателя и уменьшения неравномерных нагрузок на коленчатый вал рабочие процессы в различных цилиндрах должны происходить в определенной последовательности. Последовательность чередования одноименных тактов в различных цилиндрах двигателя называется порядком работы.

Порядок работы цилиндров двигателя зависит от расположения шеек коленчатого вала и кулачков распределительного вала.

Восьмицилиндровые V-образные двигатели имеют порядок работы цилиндров 1-5-4-2-6-3-7-8. В двигателе шатунные шейки коленчатого вала расположены под углом 90°. В этом случае одноименные такты будут перекрываться в двух цилиндрах на 90° или на половину хода поршня. За первые пол оборота рабочий такт будет заканчиваться в восьмом цилиндре, полностью пройдет в первом и начнется в пятом цилиндре; за вторые пол оборота – закончится в пятом, полностью пройдет в четвертом и начнется во втором цилиндре, за третьи пол оборота – закончится во втором, полностью пройдет в шестом и начнется в третьем цилиндре, за четвертые пол оборота – закончится в третьем, полностью пройдет в седьмом и начнется в восьмом. В результате такого большого перекрытия рабочих тактов в разных цилиндрах восьми цилиндровые V-образные двигатели работают очень плавно.

Водитель должен знать порядок работы цилиндров для правильного подсоединения проводов к свечам зажигания или топливным проводам высокого давления.



#### **6.4. Неисправности механизма газораспределения.**

Основные неисправности: подгорание рабочих фасок клапанов и седел, а также не полное закрытие и открытие клапанов. Признаками этих неисправностей могут быть стуки под крышками головок блока цилиндров и падение мощности. Стук клапанов вследствие увеличенных зазоров между коромыслами и торцами стержней клапанов резкий, звонкий, хорошо слышный. Неплотное закрытие клапанов вследствие подгорания рабочих фасок и седел можно определить по хлопкам в глушителе (для выпускных клапанов) и обратным вспышкам в карбюраторе (для впускных клапанов). Недостаточная затяжка или повреждение прокладок головок блока определяется по появлению в местах стыка пузырьков воздуха вместе с охлаждающей жидкостью и маслом, а также по попаданию охлаждающей жидкости в цилиндры (увеличивается уровень масла в картере). Причинами являются перегрев двигателя и нарушение регулировки зазоров в клапанах. Для устранения неисправностей необходимо отрегулировать зазор между стержнями клапанов и коромыслами, а при необходимости притереть клапаны, заменить прокладки или подтянуть крепления головок блока.

#### **6.5. Контрольные вопросы**

1. Назначение механизма газораспределения. Какие типы механизмов применяются на двигателях? Их преимущества и недостатки?
2. Какие детали входят в механизм газораспределения с верхним расположением клапанов и какие материалы применяются для их изготовления?
3. Что называется фазами газораспределения? Как они влияют на работу двигателя?
4. Как влияет изменение теплового зазора в клапанном механизме на работу двигателя?

## 7. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ.

### 7.1. Назначение и типы систем охлаждения.

Система охлаждения служит для поддержания оптимального теплового режима двигателя путем регулируемого отвода теплоты от наиболее нагреваемых деталей.

Высокая температура газов во время рабочего хода вызывает интенсивный нагрев деталей, непосредственно соприкасающихся с горячими газами (цилиндры, головки цилиндров, поршни, клапаны). На нагрев деталей двигателя затрачивается 20-35% теплоты, выделяющейся при сгорании топлива в цилиндрах. Если эту теплоту не отводить, т.е. не охлаждать двигатель, то детали двигателя перегреются и резко возрастет их износ, т.к. чрезмерное повышение температуры двигателя приводит к выгоранию смазки.

Чтобы избежать перегрева двигателей, от них принудительно отводится теплота с интенсивностью, зависящей от режима и условий работы двигателя.

При недостаточном отводе теплоты двигатель перегревается – не развивает максимальной мощности, увеличивается расход топлива, а детали двигателя из-за недостаточной смазки быстро изнашиваются.

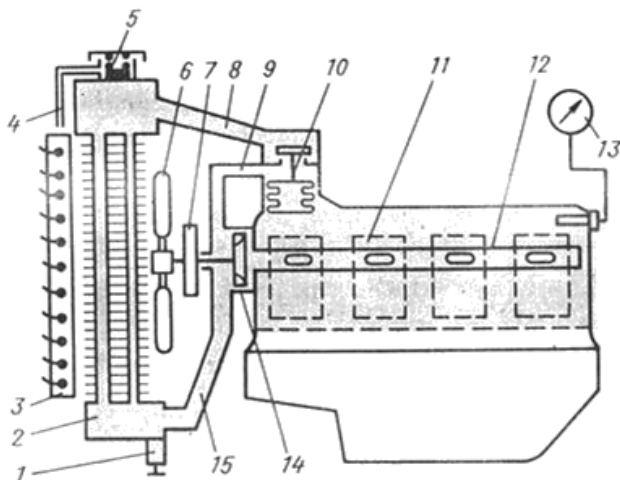
В случае чрезмерного отвода теплоты, т.е. при переохлаждении двигателя, также ухудшается его топливная экономичность и значительно снижается срок службы.

Поэтому двигатель следует охлаждать до оптимальной температуры, обеспечивающей получение максимальной мощности и высокой экономичности, а также длительного срока службы (моторесурса).

Принудительный отвод теплоты в двигателях может осуществляться с помощью жидкости (жидкостная система охлаждения) или воздуха (воздушная система охлаждения). На автомобильных двигателях наибольшее распространение получили жидкостные системы охлаждения, так как они, по сравнению с системами воздушного охлаждения, более эффективны в работе, обеспечивают оптимальный температурный режим двигателя независимо от температуры окружающей среды и нагрузки на двигатель, создают меньший шум и обеспечивают лучший пуск двигателя в условиях низких температур.

Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения двигателя показана на (рисунке 7.1). Вокруг цилиндров двигателя и их головок имеется пространство (рубашка охлаждения), заполняемое охлаждающей жидкостью. Рубашка охлаждения соединена

патрубками с радиатором – устройством, служащим для охлаждения нагретой жидкости. Радиатор и рубашка заполняются жидкостью через заливную горловину, закрываемую пробкой. В пробке имеются клапаны, через которые внутренняя полость системы охлаждения сообщается с атмосферой. Такая система охлаждения называется закрытой. В закрытых системах охлаждения поддерживается избыточное давление (до 100 КПа), вследствие чего температура кипения охлаждающей жидкости повышается до 120°C. Пар отводится по трубке. Закрытые системы охлаждения более компактны, чем открытые, т.е. непосредственно сообщающиеся с атмосферой, и реже нуждаются в дополнительной заправке охлаждающей жидкостью.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**31 Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения двигателя**

Принудительная циркуляция жидкости в системе создается насосом, приводимым в работу от коленчатого вала двигателя шкивом. Жидкость соприкасается с нагретыми стенками цилиндров и головки, нагревается и через патрубок поступает в верхний бачок радиатора. По трубкам радиатора обдуваемым потоком воздуха, жидкость проходит в нижний бачок радиатора и охлаждается. Движение воздуха через радиатор обеспечивается вентилятором и напором встречного потока воздуха при движении автомобиля. Охлажденная жидкость через патрубок поступает в насос и от

## Автомобили. Типаж и конструкция

него по водораспределительной трубе вновь подводится к наиболее нагретым участкам каждого цилиндра. Водораспределительная труба позволяет равномерно охлаждать все детали независимо от их удаленности от насоса. Таким образом, в системе охлаждения происходит непрерывная циркуляция охлаждающей жидкости.

Температуру охлаждающей жидкости контролируют по термометру. Оптимальным температурным режимом двигателя является такой, при котором температура охлаждающей жидкости в головке блока цилиндров равна 80-100°C. Для быстрого прогрева двигателя, особенно после его пуска, в системе охлаждения устанавливают термостат. Когда двигатель не прогрет, клапан термостата закрыт и жидкость из рубашки охлаждения не может попасть в радиатор (большой круг циркуляции). При закрытом клапане термостата жидкость поступает к насосу через трубку (малый круг циркуляции). Так как двигатель в данном случае охлаждается лишь частью жидкости, заполняющей систему, то эта жидкость быстро нагревается. После прогрева клапан термостата открывается и охлаждение двигателя осуществляется всей жидкостью, циркулирующей по большому кругу. Проходное сечение клапана термостата и количество жидкости, поступающей в радиатор, увеличиваются по мере повышения температуры, чем в определенных пределах автоматически регулируется температурный режим двигателя.

Оптимальный температурный режим двигателя поддерживается также за счет изменения интенсивности воздушного потока, проходящего через радиатор. При помощи жалюзи изменяют количество воздуха, проходящего через радиатор, и тем самым интенсивность охлаждения. Интенсивность воздушного потока можно изменять также с помощью вентилятора с автоматически меняющимся шагом лопастей. На некоторых двигателях вентилятор включается в работу только после прогрева двигателя и далее по мере необходимости выключается (гидравлическая муфта привода вентилятора и т.п.).

При воздушном охлаждении двигателя цилиндры и их головки для увеличения поверхности охлаждения снабжены большим количеством ребер. Охлаждающий воздух подается мощным вентилятором, приводимым в работу от коленчатого вала двигателя. К цилиндрам воздух поступает по направляющему кожуху, обеспечивающему равномерное их охлаждение.

Нагретый воздух выходит наружу через специальный рас­труб, в котором установлена заслонка. При повороте заслонки, осу-

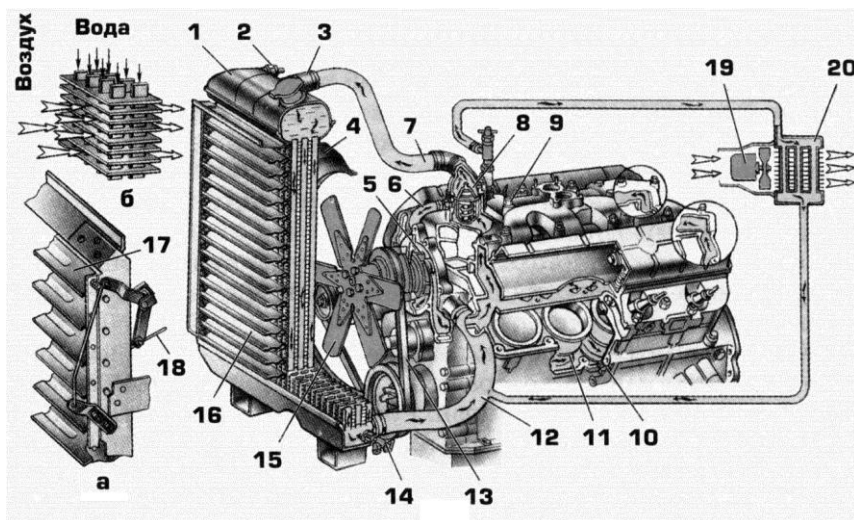
## Автомобили. Типаж и конструкция

ществляемом водителем или автоматически, изменяется интенсивность охлаждения, чем обеспечивается оптимальный температурный режим двигателя.

Основными преимуществами воздушного охлаждения перед жидкостным является простота в эксплуатации и надежность системы в холодное время.

### 7.2. Конструкция жидкостной системы охлаждения.

На двигателях ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 применяют систему жидкостного охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости закрытого типа. В качестве теплоносителя применяют воду или специальные незамерзающие смеси – антифризы.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..32 Система охлаждения двигателя  
**а** – жалюзи; **б** – схема движения воды и воздуха а радиаторе; **1** – радиатор; **2** – датчик сигнализатора перегрева жидкости; **3** – пробка радиатора; **4** – кожух вентилятора; **5** – водяной насос; **7,12** – отводящий и подводящий патрубки; **8** – термостат; **9** – датчик температуры жидкости; **11** – водяная рубашка; **14** – сливной кран; **15** – вентилятор; **16** – жалюзи; **19** – вентилятор отопителя **20** – радиатор отопителя кабины.

## Автомобили. Типаж и конструкция

В состав системы жидкостного охлаждения (рисунок 7.2) входят: рубашка охлаждения блока и головок цилиндров, радиатор, водяной насос, вентилятор, жалюзи, термостат, водораспределительная труба, патрубки, шланги, сливные краники.

Степень охлаждения регулируется при помощи термостата, жалюзи, а также путем включения или выключения вентилятора (КамАЗ-740).

Жидкость в систему охлаждения заливают через горловину радиатора (ЗИЛ-375) или расширительного бачка (КамАЗ-740).

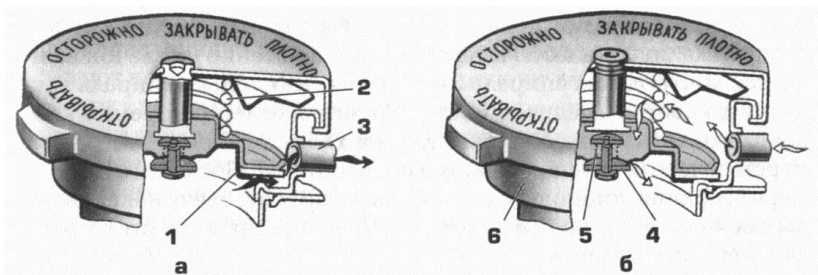
Радиатор является теплообменником, в котором теплота от воды передается потоку воздуха. Он состоит из сердцевины, верхнего и нижнего бачков и деталей крепления. Сердцевина радиатора выполнена из отдельных вертикальных трубок, между которыми находятся поперечные горизонтальные пластины, придающие радиатору жесткость и увеличивающие поверхность охлаждения. Трубки сердцевины радиатора впаяны в верхний и нижний бачки.

Верхний бачок радиатора автомобиля УРАЛ имеет горловину с пробкой и пароотводную трубку. Он соединен прорезиненным шлангом с полостью охлаждения двигателя. Нижний имеет кран для выпуска охлаждающей жидкости и патрубков для соединения с водяным насосом.

Для повышения температуры кипения охлаждающей жидкости и тем самым поддержания наиболее выгодного температурного режима на двигателях применена закрытая система охлаждения, у которой радиатор непосредственно не соединен с атмосферой. В таких системах пробка радиатора плотно закрывает горловину. В пробке имеются два клапана – паровой и воздушный.

Паровой клапан пробки радиатора (рис.7.3) допускает повышение давления в системе охлаждения на 0,02-0,10 МПа выше атмосферного, в результате чего уменьшаются потери охлаждающей жидкости от испарения, а температура кипения охлаждающей жидкости повышается и составляет 108-119°C. При повышении давления в системе выше расчетного клапан автоматически открывается.





**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**33 Паровоздушный клапан**  
**а – открыт паровой клапан; б – открыт воздушный клапан; 1 и 4 – паровой и воздушный клапаны.**

После охлаждения нагретого двигателя возникает опасность сдвливания трубок радиатора в результате создавшегося разрежения. Для предотвращения этого явления служит воздушный клапан пробки радиатора, который, открываясь при разрежении 0,001-0,013 МПа, пропускает внутрь его воздух.

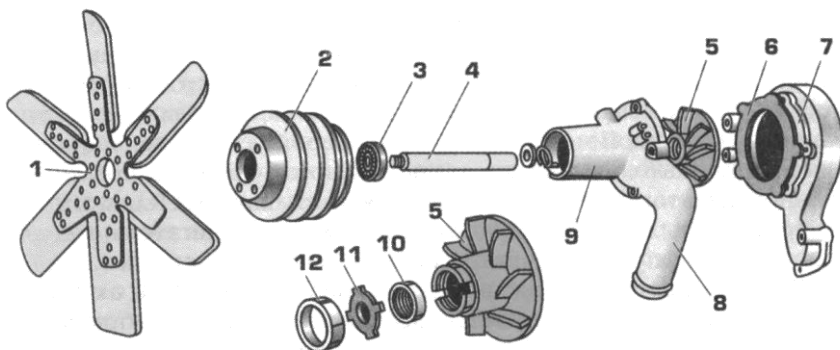
В радиаторе автомобиля КамАЗ заливной горловины нет, а заполнение его охлаждающей жидкостью осуществляется через расширительный бачок. Он расположен на двигателе с правой стороны и служит для компенсации объема охлаждающей жидкости при ее нагреве. Бачок имеет две горловины и краник контроля уровня. В одной горловине установлена пробка с паровоздушным клапаном, через вторую горловину происходит заполнение системы охлаждения. Эта горловина закрывается герметичной резьбовой пробкой.

При движении автомобиля радиатор испытывает толчки и удары, для смягчения которых под болты его крепления подложены пружины и резиновые подушки.

Жалюзи служат для регулирования интенсивности обдува радиатора встречным потоком воздуха. Они состоят из отдельных пластин, укрепленных шарнирно впереди радиатора. Управляют положением жалюзи рукояткой, выведенной в кабину. При затягивании рукоятки пластины, поворачиваясь на шарнирах, уменьшают встречный поток воздуха, поступающий к радиатору.

Принудительная циркуляция жидкости в системе охлаждения создается водяным насосом центробежного типа. Насос установлен в передней части блока цилиндров и состоит из корпуса, вала с крыльчаткой и самоуплотняющегося сальника (рисунок 7.4).

Автомобили. Типаж и конструкция



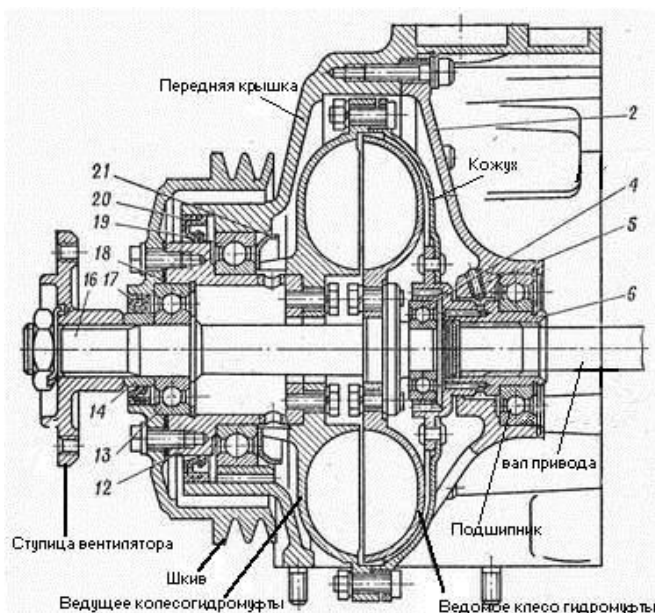
**1** — крыльчатка вентилятора; **2** — шкив; **3** — подшипник; **4** — валик; **5** — крыльчатка насоса; **6** — прокладка; **7** — корпус насоса; **8** — подводящий патрубок; **9** — корпус подшипников; **10** — манжета; **11** — уплотнительная шайба; **12** — обойма сальникового уплотнения

**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**34 Водяной насос и вентилятор**

Под действием центробежной силы, возникающей при вращении крыльчатки, охлаждающая жидкость из нижнего бачка радиатора поступает к центру корпуса насоса и отбрасывается к его наружным стенкам. Из отверстия в стенке корпуса насоса охлаждающая жидкость попадает в полость рубашки охлаждения блока цилиндров. Герметичность соединения корпуса насоса с блоком цилиндров достигается установкой прокладки, а в месте выхода вала — самоуплотняющимся сальником, состоящим из резиновой манжеты, металлической обоймы пружины и шайбы.

Резиновая манжета плотно закреплена на валу и своим торцом пружинной плотно прижимается к шайбе, а последняя к точно обработанному торцу корпуса. Шайба изготовлена из текстолита или стеклотекстолита.

Для усиления потока воздуха, проходящего через сердцевину радиатора, служит вентилятор. Его обычно монтируют на одном валу с водяным насосом. Он состоит из крыльчатки с четырьмя или шестью лопастями, приклепанными к ступице. Вал вентилятора одновременно является валом водяного насоса и установлен в его корпусе на шарикоподшипниках.



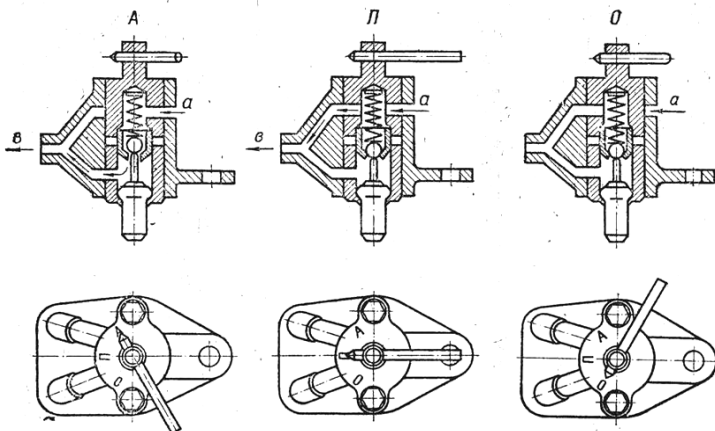
**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**35 Гидромукфта привода вентилятора.**

На некоторых двигателях для улучшения обдува воздухом двигателя и радиатора на последнем установлен направляющий кожух.

Привод водяного насоса и вентилятора осуществляется от шкива коленчатого вала клиновидным ремнем (ЗИЛ-375).

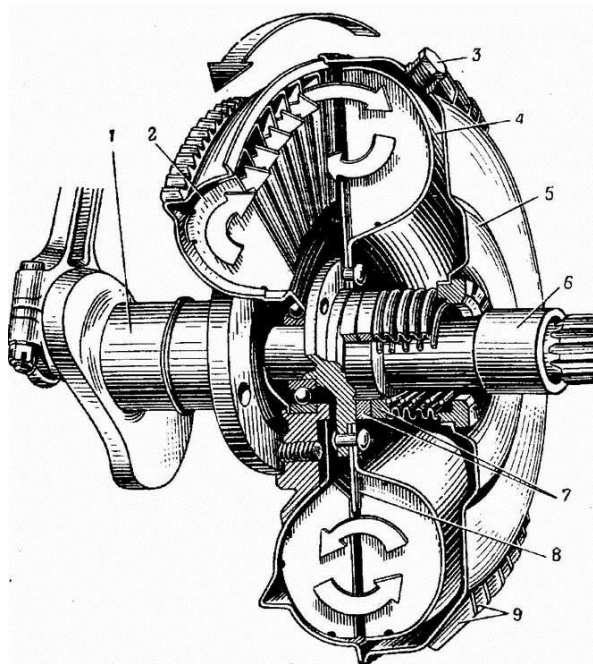
На двигателях автомобилей КамАЗ установлен пятилопастной вентилятор, приводимый во вращение гидромукфтой с автоматическим управлением (рисунок. 7.5). Эта муфта предназначена для передачи крутящего момента от коленчатого вала к вентилятору, а также для гашения колебаний нагрузок, которые возникают при резком изменении частоты вращения коленчатого вала. Ведущая часть гидромукфты состоит из ведущего вала с кожухом, ведущего колеса и шкива. Ведомая часть гидромукфты вращается на двух шариковых подшипниках и состоит из ведомого колеса с валом, на котором крепится ступица вентилятора. Вентилятор может работать в трех режимах в зависимости от положения крана включения: в автоматическом, когда температура охлаждающей жидкости поддерживается в пределах 80-90°C – положение крана "В";

при отключенном вентиляторе кран – в положении "0"; при третьем режиме вентилятор включен постоянно – работа на таком режиме допустима кратковременно.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**36 Выключатель гидромуфты привода вентилятора**

В корпусе выключателя (рисунок 7.6) расположены термосиловой элемент, золотник, возвратная пружина. При повышении температуры охлаждающей жидкости до 95°C, шток термосилового элемента перемещает золотник, и масло из системы смазки двигателя поступает под давлением в полость гидромуфты. Центробежной силой масло отбрасывается к краю вращающегося ведущего колеса и, ударяясь о лопатки ведомого колеса, приводит его во вращение вместе с валом вентилятора (рисунок 7.7). Выливается масло в поддон картера. При понижении температуры охлаждающей жидкости ниже 80°C золотник под действием возвратной пружины перекрывает доступ масла – вентилятор отключается. Автоматическая муфта включения вентилятора обеспечивает поддержание оптимального теплового режима двигателя и снижает расход мощности двигателя, повышая экономичность его работы.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**37 Схема гидромукфты**

В период пуска двигателя для уменьшения износа желательно возможно быстрее прогреть его до температуры 80-90°C и при дальнейшей эксплуатации поддерживать эту температуру,

Для этой цели служит термостат. Его устанавливают в патрубке полости впускного трубопровода (ЗИЛ-375) или в термостатной коробке (КамАЗ).

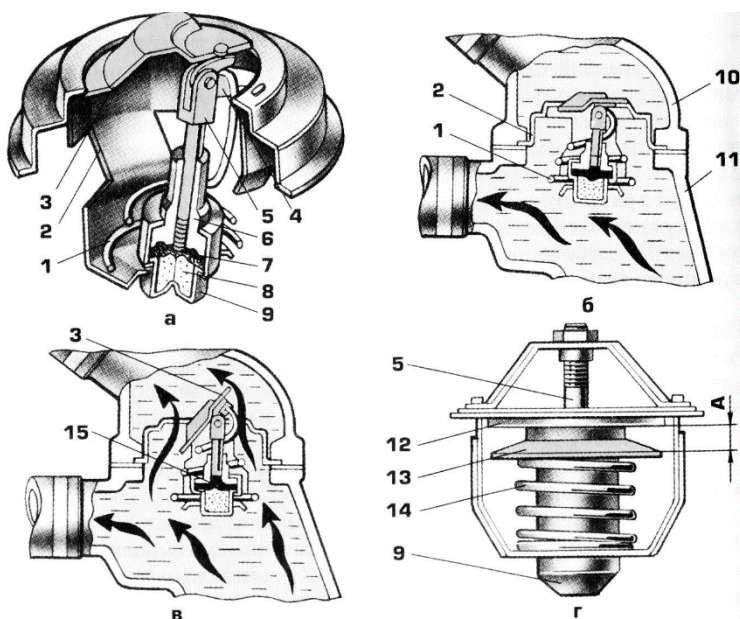
Термостат служит для ускорения прогрева холодного двигателя и автоматического регулирования его теплового режима в заданных пределах. Он представляет собой клапан, регулирующий количество циркулирующей жидкости через радиатор.

На изучаемых двигателях применяют термостаты с твердым наполнителем – церезином (углеводородным воском). Термостат установлен между патрубками 10 и 11, отводящими нагретую жидкость в верхний бак радиатора и водяной насос. Термостат состоит из корпуса 2 (рис. 7.8), внутри которого помещен медный баллон 9, заполненный активной массой 8, состоящей из медного порошка,

Автомобили. Типаж и конструкция

смешанного с церезином. Масса в баллоне плотно закрыта резиновой мембраной 7, на которой установлена направляющая втулка 6 с отверстием для резинового буфера. На последнем установлен шток 5, связанный рычагом 4 с клапаном 3. Клапан плотно прижат в исходном положении (на холодном двигателе) к седлу (рис. 7.8, б) корпуса 2 возвратной (спиральной) пружины 1.

При температуре охлаждающей жидкости выше 75°C активная масса 8 плавится и расширяется, воздействуя через мембрану, буфер и шток 5 на рычаг 4, который, преодолевая силу пружины 1, начинает открывать клапан 3 (рис. 7.8, в), полное открытие которого произойдет при 90 °С. В интервале температур от 75 до 90 °С клапан термостата, изменяя свое положение, регулирует количество охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор, тем самым поддерживая нормальный температурный режим двигателя.



**Рисунок** Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**38 Термостат**

Термостат (рис. 7.8, г) с простым клапаном 13 изображен в положении его полного открытия, ход которого равен расстоянию

## Автомобили. Типаж и конструкция

А. При температуре 90 °С, когда активная масса баллона расплавлена, клапан вместе с баллоном садится вниз, преодолевая сопротивление пружины 14. При остывании масса в баллоне сжимается, и пружина поднимает клапан вверх. При температуре 75°С клапан прижимается к седлу 12 корпуса, закрывая выход жидкости в радиатор.

В системе охлаждения двигателей ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 в период прогрева циркуляция осуществляется через полость охлаждения компрессора

В системе охлаждения двигателей ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 при полностью открытом клапане термостата циркуляция одновременно происходит через радиатор и полость охлаждения компрессора.

На двигателе КамАЗ установлен термостат с твердым наполнителем. Такой термостат состоит из корпуса, внутри которого помещен медный баллон, заполненный массой, состоящей из медного порошка, смешанного с церезином (нефтяной воск). Баллон сверху закрыт крышкой. Между баллоном и крышкой расположена резиновая диафрагма, сверху которой установлен шток, упирающийся в серьгу, закрепленную при помощи оси на клапане.

В верхней части корпуса термостата имеются две прорези, в которых установлен клапан. В непрогретом двигателе масса в баллоне находится в твердом состоянии, и клапан термостата закрыт под действием спиральной пружины. При прогреве двигателя масса в баллоне начинает плавиться, объем ее увеличивается, и она давит на диафрагму и шток, открывая клапан.

Полное открытие клапана произойдет при температуре 85°С, так как при этом происходит наибольшее расширение массы наполнителя. На автомобилях КамАЗ установлены два термостата.

Из описания действия термостатов видно, что при автоматическом изменении положения его клапана изменяется количество циркулирующей через радиатор жидкости, в результате чего обеспечивается поддержание устойчивого теплового режима двигателя. Контроль за температурой охлаждающей жидкости осуществляется по указателю температуры и при помощи лампы сигнализатора перегрева двигателя на щитке приборов.

Управление сигнальной лампой и указателем осуществляют датчики, ввернутые в верхний бачок радиатора и полость охлаждения головки цилиндра.

### 7.3. Охлаждающие жидкости и требования к ним.

В качестве охлаждающих жидкостей для систем охлаждения двигателей применяются вода и этиленгликолевые жидкости (антифризы). Охлаждающие жидкости должны удовлетворять следующим основным требованиям: обладать высокой теплоёмкостью, небольшой вязкостью, пожаробезопасностью, безвредностью и дешёвизной, иметь низкую температуру замерзания, высокую температуру кипения и не способствовать образованию накипи в системе охлаждения.

Вода как охлаждающая жидкость имеет ряд положительных свойств: высокую теплоёмкость, оптимальную вязкость, безопасность в пожарном отношении, нетоксичность и т.д.

Основные недостатки воды: недостаточно низкая температура замерзания, увеличение объема при замерзании (примерно на 10%), невысокая температура кипения, образование накипи, обладающей плохой теплопроводностью. Интенсивность в образовании накипи в системе охлаждения зависит от жесткости воды, которая создается растворимыми в ней солями, в основном кальция и магния.

Жесткость воды измеряется в миллиграмм-эквивалентах на 1 л воды (мг экв/л). Вода, содержащаяся в 1л 20,04 мг солей кальция или 12,16 мг магния, имеет жёсткость 1 мг экв/л. Жесткость воды по внешним признакам определить нельзя, она определяется только лабораторным путём. По показателям жесткости (мг экв/л) воду делят на следующие группы: мягкая до 2; умеренно жесткая 2-4; очень-жесткая выше 10.

Вода рек, прудов, озёр считается умеренно жёсткой (до 4 мг экв/л). Дождевая и снеговая вода имеет не более 0,04 мг экв/л и дает наименьшее количество накипи. Вода из колодцев и ключей обычно жесткая ( 8 -12 мг экв/л) и её применение в системе охлаждения без умягчения нежелательно.

Смягчить воду можно путём кипячения в течение 30-40 мин. или добавлением технического Трилона Б (2 г на 1 л воды). Трилон Б – порошок белого цвета, не ядовит, легко растворяется в воде , не вызывает вспенивания при нагревании и кипячении. Смягчение воды производится также с помощью натрий-катионитных фильтров и химическим способом (специальными очистительными установками).

Удаление из системы охлаждения накипи, продуктов коррозии и шлама производится путём промывания. Если отложения накипи незначительные, то рекомендуется промывать систему струёй чистой воды. При этом радиатор и рубашка



## Автомобили. Типаж и конструкция

охлаждения блока двигателя промываются отдельно в направлении, обратном циркуляции жидкости в системе. Если отложения накипи большие и двигатель перегревается, то применяются специальные растворы.

Необходимо помнить, что систему охлаждения карбюраторных двигателей, имеющих блоки или головки блоков из алюминиевых сплавов, нельзя промывать щелочными или кислотными растворами. В этом случае рекомендуется использовать раствор тринатрийфосфата (100 г тринатрийфосфата на 1 л воды), который заливается в систему на 2-3 дня. Машина с этим раствором может выполнять работу с доливкой раствора через каждые 12ч. После слива раствора тщательно промыть отдельно радиатор и рубашку охлаждения чистой водой.

Для двигателей с чугунными блоком и головкой можно применять раствор каустической соды (700-1000 г соды и 150 г керосина на 10 л воды), который заливается в систему на 7-10 ч., перед сливом раствора пускают двигатель и дают ему поработать 15-20 мин., затем раствор сливают и промывают систему охлаждения чистой водой.

Для промывки системы охлаждения двигателей также применяют раствор хромпика (4-8 г на 1 л воды), который заливают в систему, и двигатель должен работать на нем в течение месяца. Затем раствор сливают и систему промывают чистой водой. Надо иметь в виду, что раствор с концентрацией хромпика менее 3 г на 1 л обладает повышенной коррозионной агрессивностью. При снижении уровня жидкости в системе добавляется раствор хромпика. Хромпик ядовит, поэтому раствор готовится в противогазе и резиновых перчатках.

Для промывки систем охлаждения двигателей ЗИЛ-131 и ЗИЛ-375 можно применять раствор Трилона Б (20г технического Трилона Б на 1 л воды). Раствор заливают в систему и автомобиль работает на нем в течение (6-7ч). Промывка продолжается 4-5 дней, после чего систему промывают чистой водой.

Низкозамерзающие, жидкости (антифризы) предназначены для заправки систем охлаждения двигателей при низких температурах. Они представляют собой водный раствор технического этиленгликоля с добавлением антикоррозионных присадок. Наиболее распространены жидкости двух марок: "40" и "65" с температурой замерзания соответственно не выше минус 40°С и минус 65°С. В качестве антикоррозионных присадок в антифризы вводятся динатрийфосфат и декстрин.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Жидкость марки "40" светло-желтого цвета, плотность 1,067-1,072 г/см<sup>3</sup>. Жидкость марки "65" оранжевого цвета, плотность 1,065-1,090 г/см<sup>3</sup>. Этиленгликолевые антифризы – сильные яды, поэтому при обращении с ними необходимо соблюдать следующие основные правила применения и техники безопасности:

- тара, в которой хранятся и перевозятся низкотемпературные жидкости, должна иметь надпись "Яд" и пломбироваться;
- личный состав, работающий на машинах, где применяются эти жидкости, систематически инструктируется (при этом особое внимание обращается на предупреждение попадания антифриза внутрь организма);
- при работе с антифризами нельзя принимать пищу и курить;
- категорически запрещается переливать жидкости шлангом путем засасывания ртом;
- после обслуживания системы охлаждения руки должны быть вымыты с мылом;
- при случайном попадании антифриза внутрь организма пострадавший должен быть немедленно доставлен в медицинский пункт для оказания помощи;
- количество низкотемпературной жидкости, заливаемой в систему охлаждения, берут на 6-8% меньше ее вместимости, так как антифриз при нагревании увеличивается в объеме больше, чем вода;
- заливать жидкость осторожно, не проливая, так как она портит окраску автомобиля;
- не допускать попадания в систему охлаждения нефтепродуктов (бензина, керосина, масла), так как в присутствии их жидкость сильно вспенивается и выбрасывается из системы;
- при уменьшении уровня антифриза в системе охлаждения доливать следует только воду, так как вода испаряется быстрее, чем этиленгликоль.

### 7.4. Неисправности системы охлаждения.

Основные неисправности системы охлаждения: течь охлаждающей жидкости, переохлаждение и перегрев двигателя, а также попадание охлаждающей жидкости в систему смазки.

Признаками течи могут быть потеки жидкости на двигателе, радиаторе, патрубках, шлангах и приборах, а также частая потребность долива жидкости в систему. Причинами течи жидкости могут быть: ослабление крепления хомутов шлангов, гаек (болтов) креп-

## Автомобили. Типаж и конструкция

ления головок блока цилиндров, повреждение шлангов или уплотнительных прокладок, износ сальников. Для устранения неисправности следует подтянуть крепления и заменить поврежденные детали.

Признаком переохлаждения двигателя являются: понижение температуры охлаждающей жидкости менее 70°C, перерасход топлива, снижение мощности. Наиболее вероятные причины переохлаждения: не прикрыты жалюзи или шторка радиатора, не утеплен капот, неисправен термостат. Чтобы устранить переохлаждение, необходимо прикрыть жалюзи или шторку радиатора, неисправный термостат заменить.

Признаки перегрева двигателя: высокая температура охлаждающей жидкости (выше 100°C), горит лампочка аварийной сигнализации, падение мощности, прорыв пара через паротводную трубку.

Причины перегрева: недостаточно жидкости в системе, прикрыты жалюзи, слабо натянуты ремни привода вентилятора и водяного насоса, засорен радиатор, большие отложения накипи в рубашке охлаждения, неисправен термостат.

Для устранения перегрева необходимо добавить охлаждающей жидкости до нормы, открыть жалюзи, отрегулировать натяжение ремней привода вентилятора и водяного насоса, промыть радиатор снаружи и внутри, удалить накипь из системы охлаждения, заменить термостат.

Признаками попадания охлаждающей жидкости в систему смазки могут служить повышенный уровень масла в картере и понижение уровня охлаждающей жидкости, хотя подтекание отсутствуют. Причины попадания охлаждающей жидкости в систему смазки: подтекания через уплотнения гильз блока цилиндров или повреждение прокладок головок блока. Неисправные уплотнения необходимо заменить.

При техническом обслуживании системы охлаждения выполняются следующие работы.

При контрольных осмотрах:

- проверить, нет ли подтекания охлаждающей жидкости;
- проверить уровень охлаждающей жидкости и при необходимости долить (уровень жидкости должен находиться у нижнего края заливной горловины);
- при низкой температуре окружающего воздуха на стоянках периодически прогревать двигатель до 70-60°C. В случае замерзания воды в радиаторе, что обнаруживается быстрым ее закипанием при работающем двигателе и низкой температурой нижней

## Автомобили. Типаж и конструкция

части радиатора, необходимо закрыть жалюзи, утеплить радиатор и отогреть его при работе двигателя на малых частотах вращения. В случае значительного замерзания воды в радиаторе замерзшие части необходимо обкладывать ветошью и поливать горячей водой. Отогревание следует начинать с нижней части радиатора, где находится наиболее холодная вода. Одновременно необходимо принять все меры для пуска двигателя, чтобы использовать его тепло для отогревания замерзших частей.

При ЕТО:

- вымыть приборы системы охлаждения на моечном посту;
- проверить и при необходимости отрегулировать натяжение приводных ремней водяного насоса, вентилятора;
- в зимнее время слить воду из систем охлаждения;
- проверить состояние утеплительных капотов, чехлов и брезентов.

При ТО-1:

- проверить крепление радиатора, вентилятора, привода жалюзи;
- проверить крепление всех шкивов;
- проверить герметичность системы трубопроводов пускового подогревателя.

При ТО-2:

- смазать подшипники водяного насоса и вентилятора;
- в случае неудовлетворительной работы системы охлаждения проверить исправность термостата, для чего необходимо: снять корпус термостата; вынуть термостат и опустить в таз с водой; воду постепенно подогревать и измерять температуру, наблюдая за клапаном термостата; начало открытия клапана термостата должно соответствовать температуре 66-72°C и полное открытие – 81-85°C; неисправный термостат заменить;
- при необходимости промыть систему охлаждения от накипи и грязи.

При сезонном обслуживании:

- промыть систему охлаждения, проверить работу пускового подогревателя;
- подтянуть крепления водяного насоса, стяжные хомуты на шлангах системы охлаждения и пускового подогревателя.

### **7.5. Контрольные вопросы:**

1. Какие преимущества имеет жидкостная система охлаждения двигателей по сравнению с воздушной?
2. В чем заключается особенность эксплуатации двигателей в зимнее время при заправке системы охлаждения водой?
3. Какие неисправности в системе охлаждения двигателей вызывают его переохлаждение и перегрев? Как они влияют на работу двигателей?
4. Какие правила и меры безопасности необходимо выполнить при использовании низкотемпературных жидкостей в системе охлаждения двигателей?

## 8. СИСТЕМА СМАЗКИ

### 8.1. Назначение и устройство системы смазки.

Между отдельными деталями двигателя, поверхности которых перемещаются одна относительно другой, возникает сила, препятствующая этому перемещению, называемая силой трения.

Сила трения зависит от точности обработки соприкасающихся поверхностей, давления и скорости относительного перемещения. На преодоление сил трения затрачивается часть мощности двигателя; помимо этого трение приводит к износу деталей и их нагреву. Уменьшение сил трения достигается улучшением качества обработки поверхности, применением антифрикционных сплавов, шариковых и роликовых подшипников. Одним из наиболее эффективных способов уменьшения сил трения является смазка. Смазка, находящаяся между трущимися поверхностями, разделяет их, заменяя непосредственное трение деталей трением слоев смазки между собой. Помимо этого, масло охлаждает смазываемые детали и уносит твердые частицы, попавшие между ними.

Недостаточная подача масла вызывает потерю мощности, усиленный износ, перегрев и даже расплавление подшипников, заклинивание поршней и прекращение работы двигателя.

При чрезмерной подаче масла часть его попадает в камеру сгорания, отчего увеличивается отложение нагара и ухудшаются условия работы свечей зажигания.

Норма расхода масел составляет: для карбюраторных двигателей 2,4% от нормы расхода топлива, для дизельных двигателей – 3,2%.

В зависимости от размещения и условий работы деталей масло может подаваться под давлением, разбрызгиванием и самотеком. В автомобильных двигателях применяются все три способа подвода масла, при этом к наиболее нагруженным деталям масло поступает под давлением, а к остальным – разбрызгиванием и самотеком.

Для хранения, подвода, очистки и охлаждения масла применяют ряд приборов, маслопроводов и каналов, образующих систему смазки.

Схема системы смазки двигателя ЗИЛ-130 показана на рисунке 8.1. Масло из поддона картера через маслоприемник засасывается в масляный насос. Нижняя секция масляного насоса подает масло к радиатору, а оттуда в поддон картера двигателя. Верхняя секция под давлением через канал в задней перегородке блока цилиндров подает масло для очистки в корпус масляного фильтра.

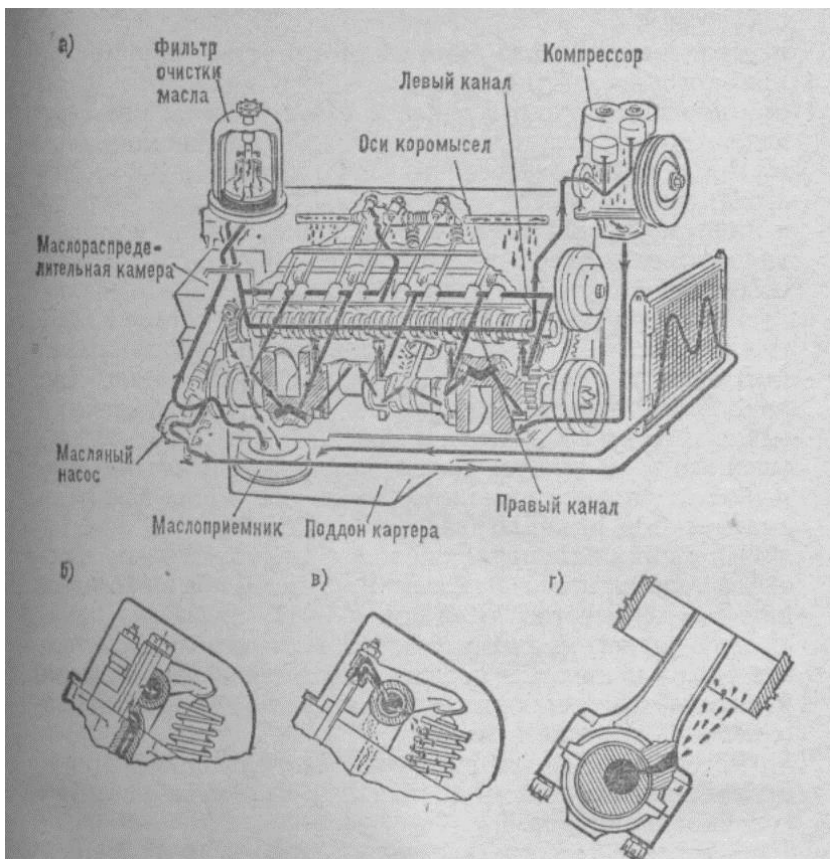


Рисунок 8.1. Система смазки двигателя ЗИЛ-130:  
*а* – общая схема; *б* – подача масла к оси коромысел;  
*в* – к штангам; *г* – на стенки цилиндров

Из фильтра масло поступает в распределительную камеру, расположенную в задней перегородке блока цилиндров, и далее в два продольных магистральных канала, выполненных в левом и правом рядах цилиндров. Из магистральных каналов масло под давлением подается к направляющим втулкам толкателей, к опорным шейкам распределительного вала, к шатунным подшипникам. Из переднего конца правого магистрального канала масло подается для смазки компрессора. В средней шейке распределительного вала выполнены отверстия, при совпадении которых с отверстиями в блоке цилиндров (1 раз при каждом обороте распределительного вала) происходит подача масла на стенки цилиндров.

## Автомобили. Типаж и конструкция

тельного вала) пульсирующая струя масла подается в каналы головки цилиндров. Из этих каналов через пазы на опорных поверхностях стоек оси коромысел и зазоры между стенками отверстий и болтом, проходящим через стойки, масло поступает внутрь полых осей коромысел и через отверстия в стенках осей к втулкам.

Из зазора между осью коромысел и отверстием в коромысле масло через канал, выполненный в коротком плече, поступает для смазки сферических опор штанг, а часть его попадает на стержни клапанов и механизмы их поворотов. В передней шейке распределительного вала имеется канал для подачи масла под давлением к упорному фланцу. Остальные детали двигателя смазываются разбрызгиванием и самотеком.

На стенки цилиндров масло выбрызгивается из отверстий в теле шатунов в момент их совпадения с масляным каналом коленчатого вала. Масло, снимаемое со стенок цилиндров масломъемным кольцом, через отверстия в канавке поршня отводится внутрь поршня и смазывает опоры поршневого пальца в бобышках поршня и верхней головке шатуна.

Распределительные шестерни смазываются маслом, поступающим самотеком по каналам для стока масла из головки цилиндров.

Система смазки двигателя автомобиля КамАЗ-740 показана на рисунке 8.2. Из поддона масло через маслоприемник засасывается двумя секциями насоса. Через канал в правой стенке масло из нагнетательной секции насоса подается в корпус полнопоточного фильтра, где оно очищается, проходя через два фильтрующих элемента, и поступает в главную масляную магистраль. Из главной масляной магистрали масло по каналам в перегородках блока подводится к коренным подшипникам коленчатого вала, к подшипникам распределительного вала, втулкам коромысел и по каналу в штангах клапанов к толкателям. К шатунным подшипникам коленчатого вала масло подается по каналам в коленчатом валу. Масло, снимаемое со стенок цилиндров масломъемным кольцом, через отверстия в канавке кольца и сверления в поршне отводится внутрь него и смазывает опоры поршневого пальца в бобышках поршня и верхней головке шатуна. Из канала в задней стенке блока масло поступает под давлением по трубке к подшипникам компрессора. Из канала в передней стенке блока – для смазки подшипников топливного насоса высокого давления. Из главной масляной магистрали масло под давлением подается к термосиловому датчику, который расположен в переднем торце блока и управляет работой



## Автомобили. Типаж и конструкция

гидромуфты привода вентилятора в зависимости от температуры жидкости в системе охлаждения.

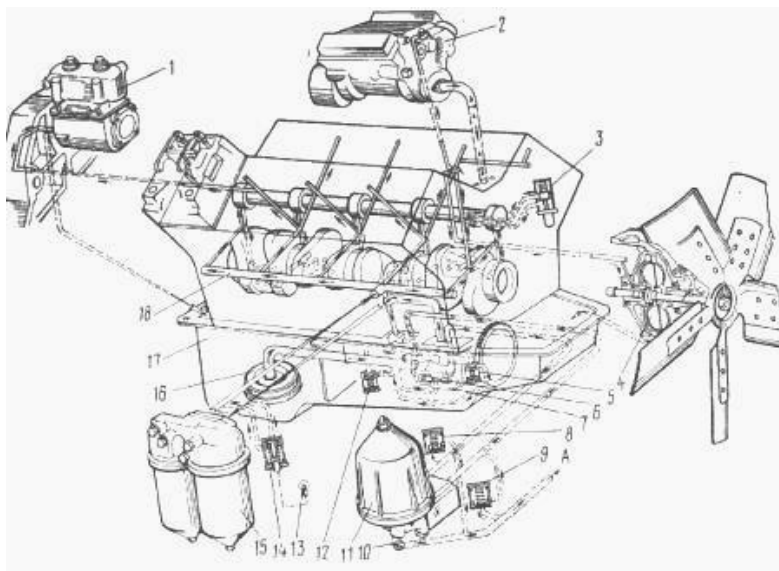


Рисунок 8.2. Система смазки двигателя КамАЗ-70

- 1 – компрессор; 2 – насос топливный высокого давления;  
 3 – включатель гидромуфты; 4 – гидромуфта; 5,12 – клапаны предохранительные; 6 – клапан системы смазывания; 7 – насос масляный; 8 – клапан перепускной центробежного фильтра; 9 – клапан сливной центробежного фильтра; 10 – кран включения масляного радиатора; 11 – фильтр центробежный; 13 – лампа сигнальная засоренности фильтра очистки масла; 14 – клапан перепускной фильтра очистки масла; 15 – фильтр очистки масла; 16 – маслоприемник; 17 – картер; 18 – магистраль главная; А – в радиатор

Масло из радиаторной секции насоса поступает к фильтру центробежной очистки и, проходя через радиатор, сливается в поддон. При закрытом кране включения масляного радиатора масло из центрифуги сливается в поддон картера через сливной клапан.

Для создания наилучших условий смазки в системе должно поддерживаться определенное давление, контроль за которым осуществляют при помощи указателей или контрольных ламп. Давление масла в системе смазки прогретого двигателя при

скорости движения 40 км/час на прямой передаче должно быть для ЗИЛ-375 0,2 – 0,4 МПа. При работе двигателя на малой частоте вращения коленчатого вала давление может снижаться до 0,05 МПа. Давление масла в системе смазки прогретого двигателя автомобиля КамАЗ-740 при частоте вращения коленчатого вала 2600 мин<sup>-1</sup> должно быть 0,45 – 0,5 МПа, а при 600 мин<sup>-1</sup> не менее 0,1 МПа.

Масло выпускается из системы через сливное отверстие поддона картера, закрываемое пробкой.

## 8.2. Конструкция элементов системы смазки.

Масляный насос служит для создания необходимого давления в системе смазки. Насос (рисунок 8.3) состоит из корпуса, внутри которого расположены одна или две пары шестерен. Одна из каждой пары шестерен насажена неподвижно на приводном валике, а другая свободно на оси. Приводной валик приводится в действие от косозубой шестерни на распределительном валу (ЗИЛ-375) или от шестерни на переднем конце коленчатого вала (КамАЗ-740). При вращении шестерен насоса их зубья захватывают масло у входного отверстия, проносят у стенок корпуса и выдавливают в выходное отверстие.

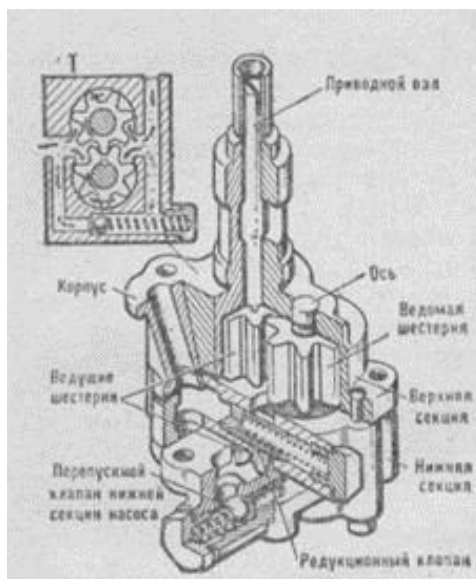


Рис. 8.3. Масляный насос

## Автомобили. Типаж и конструкция

В двигателях ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 верхняя секция насоса подает масло в систему смазки, нижняя – к масляному радиатору. В двигателе ЗИЛ-375 масляный насос расположен снаружи двигателя. В двигателе КамАЗ-740 масляный насос расположен внутри картера. Масло поступает к масляному насосу через маслоприемник с сетчатым фильтром. Маслоприёмник состоит из корпуса и сетки. Качество масла в двигателе не остается постоянным, так как масло засоряется мелкой металлической пылью, появляющейся в результате износа деталей, частицами нагара, образующегося в результате сгорания его на стенках цилиндров. При высокой температуре деталей масло коксуется, образуются смолы и лакообразные продукты. Все эти примеси являются вредными и для их удаления применяют масляные фильтры.

На двигателях ЗИЛ-375 и КамАЗ-740 установлен фильтр центробежной очистки с реактивным приводом. Фильтр (рисунок 8. 4) состоит из корпуса с осью, где на подшипнике размещен ротор с колпаком. Снизу ротора размещены два жиклера с отверстиями, направленными в разные стороны, и фильтрующая сетка. Колпак закреплен на оси ротора при помощи гайки и закрыт сверху неподвижным кожухом с барашковой гайкой. Ротор вращается под действием струй масла, выбрасываемого под давлением через два жиклера. В двигателе КамАЗ-740 он приводится во вращение реактивной струей масла, вытекающей из сопла оси ротора.

Автомобили. Типаж и конструкция

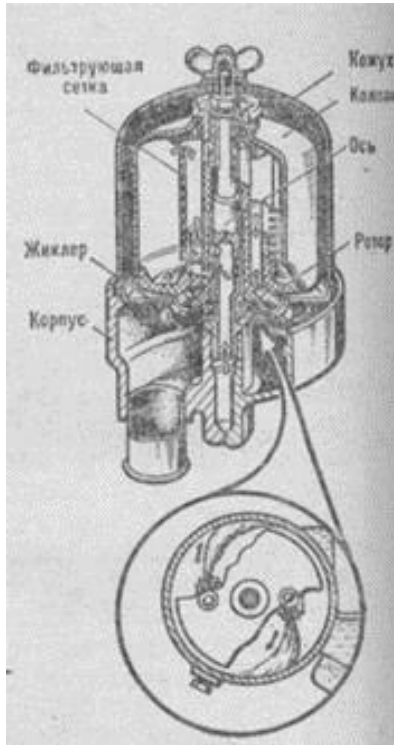


Рисунок 8.4. Фильтр центробежной очистки масла

Масло поступает в полую ось ротора, а затем внутрь колпака. При вращении ротора тяжелые частицы, загрязняющие масло, отбрасываются на стенки колпака, на которых и оседают. Далее масло проходит через сетку, очищается и выбрасывается из жиклеров, стекая в поддон картера.

На двигателе КамАЗ-740 устанавливается, помимо фильтра центробежной очистки, полнопоточный фильтр с двумя сменными картонными фильтрующими элементами (рисунок 8. 5).

В жаркое время года и при эксплуатации автомобиля в тяжелых дорожных условиях температура масла настолько повышается, что оно становится очень жидким и давление в системе смазки падает. Для охлаждения масла и предотвращения его разжижения в систему смазки двигателей включен масляный радиатор, который состоит из двух бачков и горизонтальных трубок, расположенных между ними. Для увеличения поверхности охлаждения и повышения жесткости радиатора трубки скреплены металлическими ребрами.

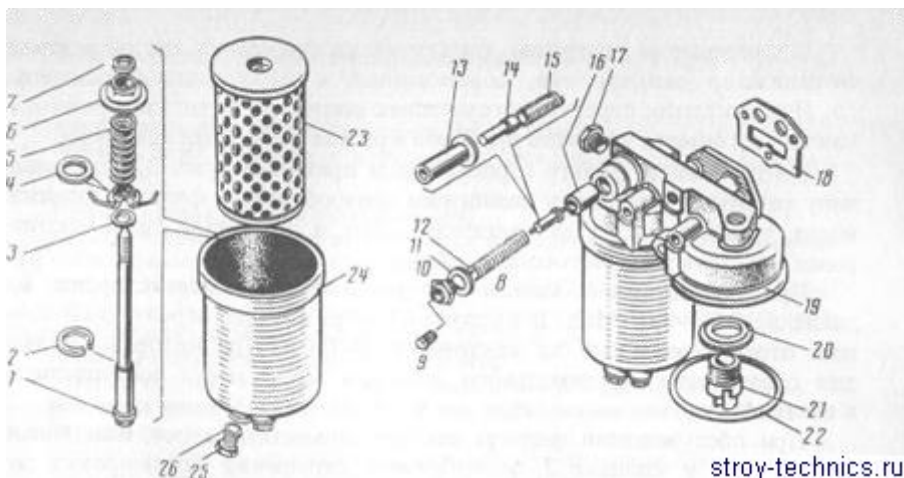


Рис. 8.5. Полнооточный фильтр очистки масла двигателя КамАЗ-740:

- 1 — стержень; 2 — стопорное кольцо; 3 — шайба; 4 — уплотнительное кольцо; 5 — пружина колпака; 6 — уплотнительная чашка; 7 — шайба; 8 — пружина перепускного клапана; 9 — винт сигнализатора; 10 — пробка перепускного клапана; 11, 18, 20, 26 — прокладки; 12 — регулировочная шайба; 13 — корпус сигнализатора; 14 — подвижный контакт сигнализатора; 15 — пружина контакта сигнализатора; 16 — перепускной клапан; 17 — пробка; 19 — корпус фильтра; 21 — втулка корпуса; 22 — уплотнительное кольцо; 23 — фильтрующий элемент; 24 — колпак; 25 — сливная пробка

В двигателе ЗИЛ-375 масло в радиатор поступает из нижней секции насоса и при включении радиатора все масло через перепускной клапан, расположенный в крышке насоса, попадает во всасывающую полость насоса, минуя радиатор.

В системе смазки двигателей автомобилей все масло, прошедшее через радиатор, попадает в поддон картера.

В непрогретом двигателе давление в системе смазки может возрасти настолько, что вызовет разрушение каналов системы смазки. Для предотвращения разрушения масляных магистралей при повышенном давлении и обеспечения нормальной подачи масла при износе деталей в системе предусмотрен редукционный клапан.

В двигателе ЗИЛ-375 редукционный клапан верхней секции насоса расположен в чугунной прокладке между верхней и

## Автомобили. Типаж и конструкция

нижней секциями насоса. На заводах редуccionный клапан регулируют на давление 0,2 – 0,4 МПа и в процессе эксплуатации его обычно не регулируют.

В каждой секции масляного насоса двигателя КамАЗ-740 имеются предохранительные клапаны, отрегулированные на давление 0,8 – 0,85 МПа. В корпусе нагнетательной секции размещен дифференциальный клапан, ограничивающий давление в главной магистрали в пределах 0,4 – 0,45 МПа.

В случае засорения полнопоточного фильтра со сменными фильтрующими элементами масло будет поступать в главную магистраль через перепускной клапан, установленный в фильтре.

В корпусе центробежного фильтра двигателя автомобиля КамАЗ установлены два клапана – один перепускной, ограничивающий максимальное давление перед центрифугой до 0,65 МПа, другой – предохранительный, отрегулированный на давление 0,05 – 0,07 МПа.

Маслопроводы выполнены в виде латунных или прорезиненных трубок, соединяющих отдельные участки системы смазки и каналов, высверленных в блоке цилиндров, коленчатом валу, шатунах, осях коромысла, в коромыслах, корпусах фильтров и др.

Маслоналивные патрубки расположены сверху или сбоку двигателя и соединены с поддоном картера непосредственно через маслоналивную трубку. Маслоналивные патрубки имеют воздушные фильтры.

Контроль за уровнем масла в двигателе осуществляют масляной линейкой, имеющей отметки "О" и "Полно". Необходимо следить, чтобы уровнем масла был у отметки "Полно".

В картере работающего двигателя через зазоры между зеркалом цилиндра и кольцами проникают пары топлива и отработавшие газы. Пары топлива конденсируются и разжижают смазку, а отработавшие газы, содержащие в себе пары воды и сернистые соединения, также отрицательно влияют на качество масла и уменьшают срок его службы. Удаляют прорвавшиеся в картер пары топлива и газы при помощи системы вентиляции картера.

В двигателе ЗИЛ-375 применена принудительная вентиляция картера (рисунок 8.6). Чистый воздух попадает в картер двигателя через воздушный фильтр, объединенный с маслоналивным патрубком. Из патрубка воздух попадает в картер распределительных шестерен и в картер двигателя. Отсасываемый воздух проходит через уловитель, где отделяются частицы масла, затем через клапан и трубку попадает в центральную часть впускного трубопровода.

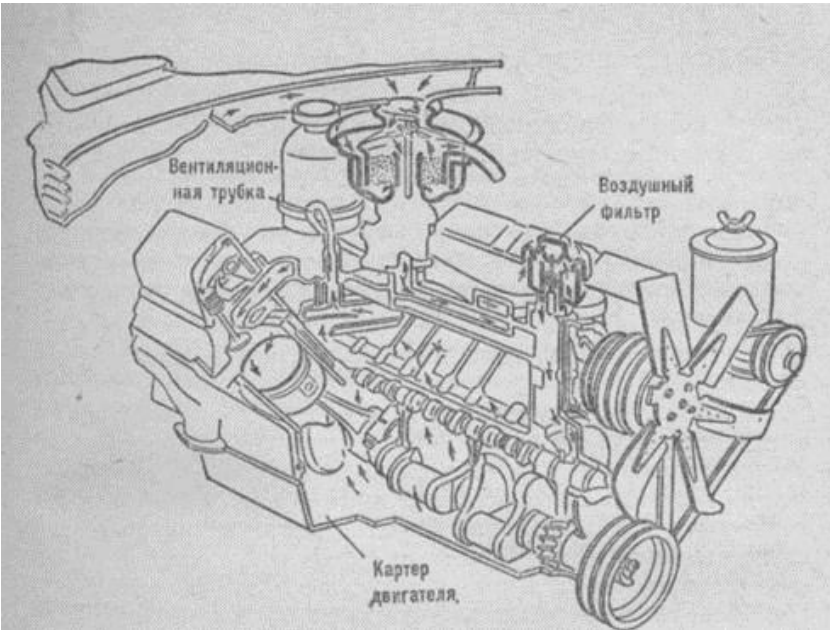


Рисунок 8.6. Схема вентиляции картера двигателя ЗИЛ-130

При работе двигателя с прикрытым дросселем под действием большого разрежения во впускном трубопроводе клапан поднимается, верхняя ступенчатая часть клапана входит в отверстие штуцера и уменьшает проходное сечение канала. Это сделано для того, чтобы уменьшить подсос постороннего воздуха и дать возможность двигателю устойчиво работать на холостом ходу. При работе с полностью открытым дросселем разрежение во впускном трубопроводе падает и клапан под действием собственного веса опускается вниз, открывая полностью проходное сечение канала.

В двигателе автомобиля КамАЗ система вентиляции картера открытая без отсоса газов. Картерные газы проходят через специальный сапун – уловитель, расположенный на картере маховика, где отделяются частицы масла.

### **8.3. Масла и смазки, применяемые в автомобилях.**

Необходимость смазки трущихся деталей объясняется тем, что между перемещающимися сопряженными поверхностями любого механизма возникают силы трения, на преодоление которых затрачивается энергия.

## Автомобили. Типаж и конструкция

В механизмах автомобиля различают два вида трения: трение скольжения и трение качения; например, трение скольжения между шейками и подшипниками коленчатого и распределительного валов и трение качения в шариковых и роликовых подшипниках. При непосредственном контакте трущихся поверхностей происходит так называемое сухое трение. Если трущиеся поверхности разделены жидкостной пленкой, то происходит жидкостное трение. В этом случае силы трения значительно уменьшаются, а следовательно, уменьшается износ и нагрев трущихся деталей.

Главное назначение автомобильных смазочных материалов – создавать разделительные масляные пленки между трущимися поверхностями в целях уменьшения трения, предохранения рабочих поверхностей деталей от преждевременного износа; кроме того, смазочные материалы помогают отводить тепло, уплотняют зазоры в узлах, удаляют продукты износа и предохраняют детали от коррозии.

Смазочные материалы разделяются на масла и консистентные (густые) смазки. К первым из них относятся жидкие смазочные материалы, применяемые для смазки под давлением или разбрызгиванием. Консистентные смазки применяются для узлов с недостаточно уплотненными зазорами, через которые жидкое масло вытекает.

По назначению автомобильные масла разделяют на две группы: масла для двигателей и трансмиссионные масла. Масла для двигателей применяют минерального происхождения (получаются путем переработки нефти после отгонки из нее жидких топлив) и синтетические. Основные требования к ним: маслянистость, вязкость, отсутствие механических примесей и кислот (чистота). Маслянистость определяет свойство масла образовывать на трущихся поверхностях прочную масляную пленку, улучшающую условия работы трущихся деталей. Вязкость определяет густоту масла и его текучесть при определенной температуре, способность проникать в зазоры между трущимися деталями. Для улучшения качества масел к ним добавляют специальные присадки, которые повышают маслянистость, понижают температуру застывания и уменьшают окисляющее действие масла. Они способствуют также вымыванию смолистых отложений из зазоров, т.е. являются многофункциональными.

В настоящее время действуют две классификации моторных масел: старая, которой пользовались до 1974 г. и еще не утратившая своего значения, и новая – введенная в действие с 1974г. согласно ГОСТ 17479-72.



## Автомобили. Типаж и конструкция

По новой классификации масла делятся в соответствии с вязкостью на 7 групп: 6,8,10,12,14,16 и 20 сСт, а по своим эксплуатационным свойствам на 6 групп : А, Б, В, Г, Д, Е. Группа А – для нефорсированных карбюраторных двигателей и дизелей; группа Б – для малофорсированных карбюраторных

двигателей и дизелей; группа В – для среднефорсированных карбюраторных двигателей и дизелей; группа Г – для высокофорсированных карбюраторных двигателей и дизелей; группа Д – для высокофорсированных дизелей, работающих в тяжелых условиях; группа Е – для малогабаритных дизелей. Масла групп Б, В, Г, предназначенные для применения только в карбюраторных двигателях или только в дизелях, маркируются цифровым индексом 1 или 2, индексом 1 маркируются масла предназначенные для карбюраторных двигателей, а индексом 2 – для дизелей.

Маркировка масел по новой классификации основана на комбинации букв и цифр, характеризующих тип масла, величину вязкости и группу, к которой относится данное масло по своим эксплуатационным свойствам.

Например: М-8В1 или М-10В1 где М – моторное, цифра 8 или 10 – вязкость в сСт при 100° С, В1 группа масла, обозначающая, что оно предназначено для малофорсированного карбюраторного двигателя. Или М-43/8В1 М-63/10В1, где числитель дроби показывает вязкость масла при -18°С (масла с цифрой 4 имеют вязкость в пределах 1300 – 2600 сСт, а с цифрой 6 – в пределах 2600 -10400 сСт), знаменатель показывает вязкость в сСт при 100° С. Буква "з" в индексе обозначает, что масло содержит загущающие присадки.

Марки масел по старой классификации и соответствующие им марки по новой классификации: АС-8 (М-8В1); АС-10(М-10В1). Для двигателей ЗМЗ-66, ЗИЛ-130 и ЗИЛ-131 применяется всесезонное масло АС-8 (М-8В1), летом можно применять АС-10(М-10В1).

Масла для дизелей: по старой маркировке ДС-8; ДС-11; ДСЗп-8, а по новой соответственно М-8В2; М-10В2; М-8В23 (Д – дизельное).

Качество масла, а следовательно, необходимость его замены может быть определено следующими простейшими способами:

по цвету (прозрачности) масла на маслоизмерительном стержне; считается, что масло не требует замены, если оно имеет настолько темный цвет, что не видно рисок на стержне;

по масляному пятну на бумаге (фильтровальной или писчей). Если пятно, оставленное каплей масла на бумаге, имеет сердцевину черного цвета, масло надо заменить;

## Автомобили. Типаж и конструкция

по запаху – масло не должно содержать топлива; на ощупь – взять каплю масла между пальцами, оно должно иметь определенную каплянистость, т.е. быть "липким" и тянуться.

Трансмиссионные масла применяются для смазки агрегатов трансмиссии, зубчатых механизмов и подшипников качения, которые работают под большой нагрузкой. Эти масла должны быть достаточно подвижными при низкой температуре, чтобы не создавать большого сопротивления при движении автомобиля; не вызывать коррозии; способствовать хорошему отводу тепла; быть стабильными; обеспечивать хорошую смазку деталей при трогании автомобиля с места. Масло получают на базе остаточных продуктов при производстве топлив и моторных масел с добавлением противоизносных и противозадирных присадок.

Универсальными трансмиссионными маслами являются: ТАп-15В; ТАп-10; ТС-10 ОТП; они применяются для смазки агрегатов трансмиссии автомобилей ГАЗ-66, ЗИЛ-131, Урал-375.

Специальное трансмиссионное масло, применяемое в гипоидных главных передачах ведущих мостов автомобиля ГАЗ-66, ТС-14,5 с присадкой хлорэф -40.

Буквы в присадке обозначают: Т – трансмиссионное; А – автомобильное; п – присадка; цифра показывает величину вязкости сСт при 100° С.

Консистентные смазки представляют собой густые мазеобразные вещества, получаемые загущением минеральных масел специальными загустителями. Эти смазки подразделяются на антифрикционные, используемые для уменьшения износа деталей и потерь на трение, и предохранительные (защитные), применяемые для смазки деталей и механизмов при хранении.

Смазки, загущенные кальциевыми мылами, называются солидолами, а смазки с загустителями из натриевого мыла – консталинами. Солидолы очень влагостойки и поэтому применяются для смазки узлов, подверженных воздействию влаги. Консталины менее влагостойки, но обладают большой тугоплавкостью и поэтому применяются в узлах трения, работающих при повышенной температуре. Основными свойствами консистентных смазок являются температурная стойкость и влагостойкость.

ГОСТ устанавливает систему обозначений консистентных смазок. Смазки универсальные обозначаются буквой У; буква Н – означает низкоплавкая; Т – тугоплавкая; В – водостойкая и т.д. Смазки, изготовляемые на мылах из синтетических жирных кислот, обозначают буквой с. Так, консталины выпускают двух видов : жировые УТ-1, УТ-2 и синтетические УТс-2, УТс-2.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Кальциево – натриевые смазки 1-13, 1-13с и ЯНЗ-2 менее чувствительные к воде и применяются в узлах, где возможно попадание влаги.

Солидолы выпускаются также двух видов: жировые УС-1, УС-2 и синтетические УСс-1, УСс-2. Для смазки деталей и узлов, работающих под большой нагрузкой и имеющих контакт с водой (листы рессор и т.д.), применяется смазка УСс-А, которая содержит 90% солидола и 10% графитового порошка. Литиевые смазки ЦИАТИМ-201 и ЛЗ-158 применяются для смазки подшипников генератора, распределителя зажигания и других приборов электрооборудования. Смазка №158 применяется для смазки игольчатых подшипников карданных шарниров.

Основными неисправностями системы смазки могут быть: отсутствие давления, пониженное или повышенное давление масла, попадание охлаждающей жидкости в систему смазки и течь масла. Внешние признаки неисправностей: изменение уровня масла в картере двигателя, снижение давления и вязкости, изменение цвета масла.

Причинами отсутствия давления могут быть: низкий уровень масла в картере, заедание редукционного клапана или неисправность привода масляного насоса. В этом случае необходимо соответственно причинам или долить масло в картер, или разобрать и промыть редукционный клапан, устранить неисправность в приводе масляного насоса.

Возможные причины пониженного давления масла: низкий уровень масла, повышенная температура масла, засорение маслоприемника, ослабление пружины редукционного клапана, износ вкладышей подшипников коленчатого вала. Для устранения этого соответственно причинам необходимо: долить масло, охладить масло и устранить неисправность в системе его охлаждения, снять поддон и промыть маслоприемник, промыть редукционный клапан, при необходимости заменить вкладыши подшипников коленчатого вала.

Причинами повышенного давления масла являются: густое масло или заедание редукционного клапана. Необходимо проверить вязкость масла и при необходимости заменить его, отключить масляный радиатор, проверить клапан и устранить его заедание.

## 9. СИСТЕМА ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

### 9.1. Назначение и принцип действия системы.

Система питания служит для приготовления и подачи в цилиндры двигателя горючей смеси и для удаления из цилиндров продуктов сгорания. Схема системы показана на рисунке 9.1.

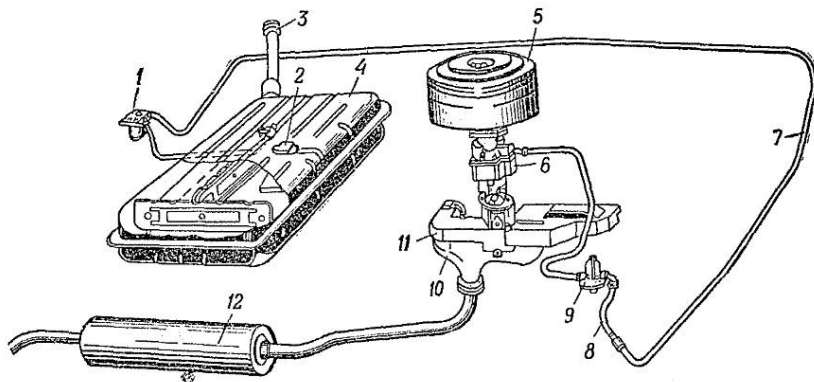


Рисунок 9.1. Схема системы питания: 1 — фильтр-отстойник; 2 — датчик указателя уровня бензина; 3 — горловина бака; 4 — бензиновый бак; 5 — воздушный фильтр; 6 — карбюратор; 7 — бензопровод; 8 — гибкий шланг; 9 — бензиновый насос; 10 — выпускной трубопровод; 11 — впускной трубопровод; 12 — глушитель

Система питания состоит из топливного бака, фильтра – отстойника и фильтра тонкой очистки топлива, бензинового насоса, карбюратора, воздушного фильтра, впускного и выпускного трубопроводов (коллекторов), глушителя, топливопровода.

Топливо подается из бака в карбюратор бензонасосом. Перед поступлением в карбюратор оно очищается от механических примесей и воды в фильтре – отстойнике и фильтре тонкой очистки. При работе двигателя одновременно с топливом поступает воздух, который очищается от механических примесей в воздушном фильтре. Топливо и воздух смешиваются в карбюраторе. Приготовленная таким образом смесь поступает по впускному тру-

бопроводу в цилиндры двигателя. Продукты сгорания из цилиндров удаляются в атмосферу через выпускной трубопровод и глушитель шума выпуска.

## 9.2. Топливо для карбюраторных двигателей.

Основным видом топлива для карбюраторных двигателей является бензин. Кроме бензина, в качестве топлива, могут быть использованы сжатые и сжиженные газы и другие углеводороды, имеющие низкую температуру кипения.

Автомобильный бензин получается из нефти путем ее прямой перегонки или крекинг — процессом (нагрев нефтепродуктов в условиях высоких давлений). При прямой перегонке выход бензина 15 – 20%. Это -высококачественные бензины (пусковые, авиационные).

При крекинг – процессе исходным продуктом для получения бензина служат газойль, соляровое масло или мазут. Крекинг – процесс протекает при температуре 450 – 550° С и давлении 50 – 60 АТМ. Выход бензина при крекинг -процессе составляет 50 – 60%.

Бензины, которые используются при эксплуатации автомобильных двигателей, в основном получают крекинг — процессом.

Качество бензина оценивается его карбюраторными свойствами, стойкостью против детонации, стабильностью при хранении, теплотворной способностью и чистотой (отсутствием механических примесей, воды, кислот, щелочей). Карбюраторные свойства бензина характеризуются его испаряемостью и смешиваемостью с воздухом.

Под испаряемостью понимается свойство бензина переходить из жидкого состояния в парообразное. Испаряемость бензина оценивают по результатам его перегонки в лабораторных условиях на стандартной установке. При перегонке определяется температура, при которой испаряется 10, 50 и 90% бензина, а также температура конца кипения и величина остатка.

Температура  $t_{10}$  выкипания 10%-ной фракции характеризует пусковые качества бензина. Чем меньше температура  $t_{10}$  тем пусковые качества бензина лучше. Однако, температура выкипания 10%-ной фракции должна иметь нижний предел, так как в летний период эксплуатации двигателя в трубопроводах могут образовываться паровые пробки, которые будут нарушать нормальную подачу бензина в карбюратор. Температура выкипания 10%-ной фракции бензина в зависимости от его сорта находится в пределах  $t_{10}$ — 65 — 85°С.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Температура  $t_{50}$  выкипания 50%-ной фракции характеризует качества бензина, которые создают условия к быстрому прогреву, устойчивой работе на малых оборотах и к приемистости двигателя, т.е. к быстрому переходу с малых на большие нагрузки. Если 50%-ная фракция бензина будет испаряться при высокой температуре, то это свидетельствует о том, что в бензине мало легко- и средне-кипящих фракций, бензин испаряется медленно, смесь будет обедняться, а прогрев двигателя и переход его на большие нагрузки также будет затягиваться. Температура выкипания 50%-ной фракции находится в пределах  $t_{50}=105-145^{\circ}\text{C}$ .

Температура  $t_{90}$  выкипания 90%-ной фракции и конца кипения характеризует наличие в бензине тяжелых фракций, которые в большинстве своем испаряются уже в цилиндре двигателя, или не успевают испаряться даже за время рабочего хода. В результате этого процесс горения затягивается, догорание бензина происходит во время выпуска. Кроме того, неиспарившийся бензин будет попадать в картер двигателя и разжижать масло.

Смешиваемость с воздухом – это свойство капельно-жидкого и парообразного бензина равномерно распределяться в объеме воздуха. Смешиваемость бензина зависит от его вязкости и плотности. Вязкость и плотность бензина увеличиваются с понижением его температуры. При увеличении вязкости ухудшается распыл бензина, так как при высокой вязкости увеличиваются силы межмолекулярного притяжения. Плохо распыленный бензин испаряется продолжительное время и оседает на стенках впускного трубопровода и цилиндров. Повышение плотности бензина при его недостаточно тонком распыле приводит к увеличению времени испарения и к снижению скорости сгорания смеси. Следовательно, применение бензина с повышенной вязкостью и плотностью, а также изменение этих параметров при понижении температуры затрудняет смесеобразование, пуск двигателя и снижает его экономичность.

Детонационная стойкость характеризует свойство рабочей смеси сгорать без детонации (взрыва). При нормальном горении рабочей смеси в цилиндре скорость распространения фронта пламени равняется 30-50 м/сек, а при детонационном горении фронт пламени распространяется со скоростью 1500-2500 м/сек. При детонационном горении повышается температура и давление газов в цилиндре. Внешне детонационное горение в двигателе проявляется звонкими металлическими стуками, на выпуске появляется черный дым, двигатель перегревается, а его мощность снижается.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Детонационное горение может привести к прогоранию днищ поршней, стенок камеры сгорания, прокладок, а также к повреждению подшипников коленчатого вала.

Способность бензина к бездетонационному горению зависит от его химического состава и от его свойств против образования нестойких перекисей.

Детонационная стойкость бензина определяется в лабораторных условиях на специальном одноцилиндровом карбюраторном двигателе, позволяющем менять степень сжатия. При определении детонационной стойкости сравнивается работа одноцилиндрового двигателя на испытуемом бензине с работой его на эталонном топливе. В качестве эталонного топлива принята смесь, состоящая из изооктана ( $C_8H_{18}$ ) и нормального гептана ( $C_7H_{16}$ ). Условно принято, что изооктан имеет октановое число, равное 100, т.е. он сгорает в двигателе без детонации. Гептан имеет октановое число, равное нулю. Сгорание его сопровождается детонацией.

При определении октанового числа, одноцилиндровый двигатель запускается на испытуемом бензине и производится увеличение степени сжатия до тех пор, пока не начнется детонационное горение. Затем без изменения степени сжатия двигатель запускается на эталонном топливе. После запуска двигателя изменяется состав эталонного топлива в сторону уменьшения изооктана в нем до тех пор, пока не начнется детонационное сгорание. После установления детонационного горения определяется объемное содержание изооктана в эталонном топливе.

Октановым числом бензина называется процентное содержание по объему изооктана в смеси его с нормальным гептаном, которая по детонационной стойкости равноценна испытуемому сорту бензина.

Октановое число бензина может быть повышено добавлением в него этилового спирта или бензола. Однако для повышения октанового числа до требуемых значений необходимо вводить эти жидкости в большом количестве. Более эффективным является тетраэтилсвинец ( $Pb(C_2H_5)_4$ ). Тетраэтилсвинец (ТЭС) – маслянистая бесцветная жидкость плотностью  $1,64 \text{ г/см}^3$ . Она не растворима в воде, но легко растворяется в нефтепродуктах и в спирте.

В чистом виде ТЭС не применяется, так как при сгорании образует отложения свинца на стенках камер сгорания и на выпускных клапанах. Он применяется в составе этиловой жидкости. Летучесть ТЭС повышается введением в жидкость бромэтила и других галоидопроизводных углеводородов, которые, синтезируясь со

## Автомобили. Типаж и конструкция

свинцом, дают летучие соединения. Эти соединения легко удаляются из цилиндров вместе с выпускными газами.

Для этилирования бензинов применяется этиловая жидкость марки Р-9. В бензин А-66 вводится не более 0,82 г этиловой жидкости на 1 кг бензина, а в бензин А-76 – не более 0,41 г/кг. Этилирование бензина производится на заводах промышленности.

Этилированный бензин очень ядовит, поэтому для отличия его окрашивают в красно-оранжевый или сине-зеленый цвет.

При обращении с этилированными бензинами необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности. Нельзя использовать бензин для мойки деталей, мытья рук, чистки одежды, всасывать бензин ртом через шланги и продувать трубопроводы. Хранить и перевозить бензины можно только в закрытой таре с надписью "этилированный бензин – ядовит". Для удаления пролитого бензина применяют опилки, песок, хлорную известь или теплую воду. Участки кожи, облитые бензином, немедленно промывают керосином, а затем теплой водой с мылом.

К работе с этилированным бензином допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж о правилах техники безопасности.

Стабильностью бензина называется способность его длительное время сохранять свои первоначальные свойства. Недостаточно стабильны бензины, полученные крекинг – процессом, так как в них содержатся непредельные углеводороды, которые быстро окисляются кислородом воздуха с образованием смол. Поэтому количество смол в бензине увеличивается при его хранении. Смолы откладываются на стенках бака, во всасывающем патрубке, в бензопроводах, в карбюраторе и нарушают нормальную работу системы питания. Из-за того, что крекинг – бензины недостаточно стабильны, срок их хранения на складах, а также в баках автомобилей ограничен. Установлены следующие сроки хранения бензина в баках машин: в северных районах – 6 месяцев, в районах средней полосы – от 3 до 6 месяцев, при чем три месяца в период с апреля по сентябрь, в южных районах – 3 месяца. По истечении срока хранения бензин из баков сливается и используется для текущих нужд, а в баки заливается свежий.

Теплотворной способностью бензина называется количество тепла в килокалориях, выделяющееся при сгорании 1 кг бензина. Чем больше выделяется тепла при сгорании 1 кг бензина, тем большую работу может совершить двигатель. Теплотворная способность бензина равняется 10400-10600ккал/кг.



## Автомобили. Типаж и конструкция

С 1 января 1979 г. введен в действие ГОСТ 2084-77, который предусматривает выпуск бензинов четырех марок: А-72, А-76, АИ-93, АИ-98.

В соответствии с ГОСТ 2084-67, действовавшим до 1 января 1979 г. выпускался бензин А-66. Кроме того, по ОСТ 38-01-9-71 выпускается бензин "экстра".

Маркировка обозначает: А – автомобильный, И – октановое число, определяемое исследовательским методом; числа (66, 72, 74, 93, 95, 98) – величины октановых чисел.

Все бензины, кроме АИ-98, выпускаются в летнем и зимнем вариантах и различаются температурой перегонки t10 и t50.

Летний бензин применяется в период с 1 апреля до 1 октября во всех районах, кроме северных и северо-восточных, и в течение всех сезонов – в южных районах.

Зимний бензин применяется в течение всех сезонов в северных и северо-восточных районах и с 1 октября по 1 апреля – в остальных районах. В период перехода с летнего бензина на зимний и наоборот допускается в течение одного месяца применять как зимний, так и летний бензины, а также их смесь.

Бензин А-66 предназначен для двигателей со степенью сжатия до 6,2 (ГАЗ-69, ГАЗ-63, ЗИЛ-157 и др.). Бензин А-72 применяется для двигателей со степенью сжатия от 6,2 до 7,0 (УАЗ-469, УАЗ-451, ГАЗ-51 и др.).

Бензин А-76 применяется для двигателей со степенью сжатия до 8,2 (ГАЗ-66, ЗИЛ-131 и др.), АИ-93 – для двигателей со степенью сжатия 8,2-9,0 (Урал-375, ГАЗ-24 и др.), АИ-98 – для двигателей со степенью сжатия более 9,0 (ЗИЛ-111, ЗИЛ-117 и др.), "Экстра" – для двигателей автомобиля "Чайка" и других автомобилей этого класса.

### 9.3. Режимы работы двигателя и необходимый состав горючей смеси.

Процесс образования смеси заключается в перемешивании бензина с воздухом в определенных пропорциях. При перемешивании бензин частично или полностью испаряется. Смесь, состоящая из распыленного бензина, его паров и воздуха, называется горючей смесью. Состав смеси должен быть таким, чтобы она хорошо воспламенялась в цилиндре двигателя и быстро сгорала. От скорости и полноты сгорания смеси в значительной степени зависит мощность и экономичность двигателя. Установлено, что для полного сгорания 1 кг бензина необходимо 15,0 кг воздуха. Смесь та-

## Автомобили. Типаж и конструкция

кого состава называется стехиометрической или нормальной. Однако при работе двигателя на различных режимах требуется готовить смесь по составу, отличного от стехиометрического. Состав горючей смеси характеризуется коэффициентом избытка воздуха.

Коэффициентом избытка воздуха  $a$  называется отношение количества воздуха в действительной смеси к количеству воздуха в стехиометрической

$$a = G_{д.} / GT$$

где  $G_{д.}$  – действительное количество воздуха в смеси, поступившей в цилиндры двигателя;

$GT$  – количество воздуха, необходимое для полного сгорания испарившегося бензина, поступившего в цилиндры двигателя.

В зависимости от величины коэффициента избытка воздуха различают следующие смеси: нормальная  $a = 1,0$ ; обедненная  $a = 1,05 - 1,15$ ; бедная  $a = 1,20 - 1,25$ ; обогащенная  $a = 0,8 - 0,95$  и богатая  $a = 0,4 - 0,8$ .

При работе двигателя на обедненной смеси ( $a = 1,05 - 1,15$ ) горение в цилиндре двигателя происходит с малой скоростью, что ведет к некоторому понижению мощности двигателя. Однако экономичность двигателя при этом повышается, т.к. топливо сгорает полностью.

Скорость горения бедной смеси еще меньше, чем обедненной. При этом время соприкосновения горючих газов со стенками цилиндра возрастает и часть тепла, выделяющегося при сгорании смеси, отводится в охлаждающую жидкость. Кроме этого, могут наблюдаться перебои в работе двигателя. Все это приводит к понижению экономичности двигателя и к его перегреву. Если смесь будет обеднена настолько, что коэффициент  $a$  будет больше 1,4, то такая смесь не воспламенится от электрической искры.

Обогащенная смесь ( $a = 0,85-0,95$ ) имеет наибольшую скорость сгорания. При работе двигателя на этой смеси давление газов в цилиндре возрастает быстро, что приводит к повышению мощности двигателя. Однако при этом будет снижена его экономичность, так как часть бензина не полностью сгорает из-за недостатка кислорода в смеси.

Богатая смесь ( $a = 0,4 - 0,8$ ) сгорает медленно, так как в ней мало кислорода, необходимого для горения топлива. Двигатель на

## Автомобили. Типаж и конструкция

богатой смеси будет работать с перерасходом бензина. Если коэффициент  $\alpha$  будет меньше 0,4, то такая смесь не воспламенится от электрической искры.

Работа двигателя на бедной и богатой смесях нежелательна, так как при этом значительно снижается как мощность, так и экономичность.

При работе двигателя выделяют следующие характерные режимы: холостой ход, малые и средние нагрузки, полные нагрузки, режим ускорения (быстрый переход с холостого хода и малых нагрузок на полные нагрузки) и режим пуска холодного двигателя.

Количество горючей смеси, поступающей в цилиндры двигателя на указанных режимах, регулируется открытием дроссельной заслонки карбюратора. Для повышения устойчивости работы и экономичности двигателя качественный состав смеси, т.е. соотношение весовых частей топлива и воздуха, требуется менять автоматически, в зависимости от режима работы двигателя.

Холостым ходом называется такой режим работы, когда мощность с коленчатого вала двигателя не снимается. На этом режиме вся полученная энергия расходуется на преодоление сил трения в механизмах двигателя. Двигатель на холостом ходу должен работать устойчиво с минимальными оборотами 400-500 об/мин.

К смеси, поступающей в цилиндры, подмешиваются газы, оставшиеся в них от предшествующего цикла, которые замедляют скорость ее сгорания. Таким образом, при работе двигателя на холостом ходу в цилиндры поступает небольшое количество горючей смеси, а остаточные газы ухудшают ее состав. Поэтому двигатель будет устойчиво работать на холостом ходу, если в цилиндры подавать обогащенную смесь  $\alpha = 0,85 - 0,9$ .

При переходе с холостого хода на малые и средние нагрузки дроссельная заслонка открывается на дополнительный угол и ее открытие приводит к увеличению скорости воздуха, поступающего в двигатель, что улучшает распыление топлива воздухом. Кроме того, повышается температура двигателя. Увеличение скорости движения воздуха и повышение температуры двигателя улучшают испарение топлива и смесеобразование.

На режимах от малых и до средних нагрузок (средние нагрузки составляют до 85% от полной нагрузки двигателя) состав горючей смеси должен непрерывно изменяться и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  должен находиться в пределах от 1,05 до 1,15. В такой смеси топливо полностью сгорает, что приводит к повышению экономичности работы двигателя.

## Автомобили. Типаж и конструкция

При работе двигателя на полных нагрузках горючая смесь, подаваемая в его цилиндры должна обладать наибольшей скоростью горения, т.е. быть обогащенной ( $\alpha = 0,85 - 0,9$ ). Такой состав смеси необходим для получения от двигателя максимальной мощности.

При быстром переходе от холостого хода и малых нагрузок на режим полных нагрузок за короткий промежуток времени двигатель должен значительно увеличить отдаваемую мощность. Такое увеличение мощности может быть получено, если в цилиндры подавать обогащенную смесь. Приемистость двигателя повышается, и он быстро увеличивает обороты.

При пуске холодного двигателя условия смесеобразования очень плохие: двигатель холодный, большая часть топлива конденсируется на стенках цилиндров и во впускном трубопроводе, а скорость потока воздуха невелика, т.к. коленчатый вал двигателя проворачивается с малой частотой. Для обеспечения пуска холодного двигателя смесь должна быть богатой ( $\alpha = 0,4 - 0,8$ ) с тем, чтобы возместить ту часть топлива, которая конденсируется на стенках цилиндров.

### 9.4. Принцип работы простейшего карбюратора.

Процесс приготовления горючей смеси называется карбюрацией. Приготовление горючей смеси осуществляется в приборе, называемом карбюратором. Таким образом, карбюратор – это прибор, в котором происходит смешивание топлива с воздухом в определенной пропорции и тщательное распыление его в воздухе. Действие карбюратора основано на принципе пульверизации (рисунок 9.2). Воздух, проходящий с большой скоростью у вершины трубки, погруженной в жидкость, создает разрежение, в результате которого жидкость по трубке поднимается и под действием струи воздуха распыливается.

В простейшем карбюраторе (рисунок 9.3) различают две основные части: поплавковую и смесительную камеры.

В поплавковой камере расположен запорный механизм, состоящий из поплавка и игольчатого клапана с седлом.

В смесительной камере, выполненной в виде трубы, располагается узкая горловина – диффузор, в которую выведена труба – распылитель из поплавковой камеры. В начале распылителя установлена пробка с отверстием строго определенного диаметра – жиклер. Ниже диффузора расположен дроссель.

Автомобили. Типаж и конструкция

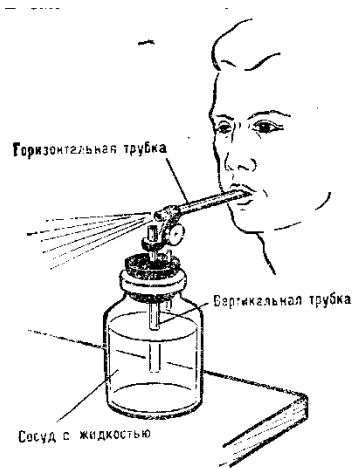


Рисунок 9.2. Принцип действия пульверизатора

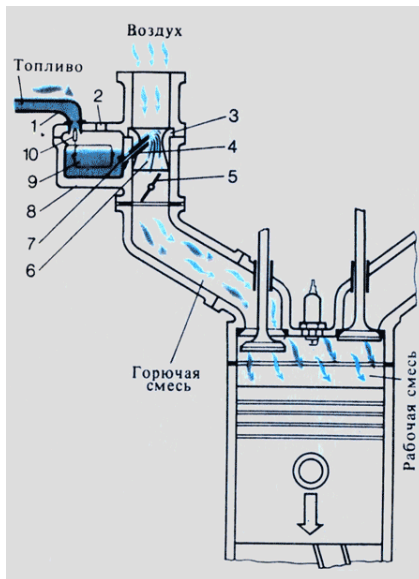


Рис. 9.3. Схема работы простейшего карбюратора:  
 1 – топливопровод, 2 – отверстие в поплавковой камере,  
 3 – диффузор, 4 – распылитель, 5 – дроссельная заслонка,  
 6 – смесительная камера, 7 – жиклер, 8-поплавковая камера,  
 9 – поплавок. 10 – игольчатый клапан

## Автомобили. Типаж и конструкция

При заполнении поплавковой камеры уровень топлива повышается, поплавков, всплывая, давит на клапан и закрывает отверстие в седле. Если топливо не расходуются, то подача его в поплавковую камеру прекращается, и уровень топлива остается постоянным. Выходное отверстие распылителя расположено несколько выше уровня топлива в поплавковой камере (1-2 мм).

Смесительная камера соединена с цилиндром двигателя впускным трубопроводом, и при такте впуска (впускной клапан открыт) разрежение из цилиндра двигателя передается через впускное отверстие в смесительную камеру. В результате чего, воздух начинает проходить через диффузор. За счет разности давлений в поплавковой (атмосферное) и смесительной (ниже атмосферного) камерах топливо вытекает через распылитель. Проходящим воздухом струя этого топлива разбивается на капли и, испаряясь, интенсивно перемешивается с ним.

Количество подаваемой в цилиндр горючей изменяется открытием дросселя или увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Уровень топлива в поплавковой камере понижается, поплавков спускается, открывая отверстие в седле запорного клапана, и топливо снова поступает в поплавковую камеру. Поплавковая камера служит для поддержания необходимого уровня топлива при работе двигателя, а смесительная камера - для приготовления горючей смеси из паров топлива и воздуха.

Простейший карбюратор может обеспечить приготовление смеси необходимого состава только при одном определенном установившемся режиме, т.е. при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя и фиксированном положении дросселя.

Практически же работа двигателя все время происходит при переменных нагрузках и переменной частоте вращения коленчатого вала.

Для обеспечения работы двигателя карбюратор при каждом изменении нагрузки или частоты вращения коленчатого вала должен готовить строго определенный, наивыгоднейший для данного режима состав горючей смеси.

При пуске холодного двигателя, когда условия смесеобразования вследствие малой частоты вращения коленчатого вала плохие, простейший карбюратор не может приготовить смесь богатого состава.

При малой частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу, когда дроссель прикрыт, разрежение в диффузоре будет недостаточным и не может

вызвать истечения топлива из распылителя. Поэтому простейший карбюратор также не может обеспечить работу двигателя на малой частоте вращения холостого хода.

На средних нагрузках по мере открытия дросселя горячая смесь будет обогащаться в то время, когда для экономичной работы необходима смесь обедненного состава. При полных нагрузках двигателя и резком изменении нагрузки или частоты вращения коленчатого вала двигателя простейший карбюратор не обеспечивает необходимого обогащения смеси.

### **9.5. Устройство и работа карбюратора.**

Вследствие перечисленных недостатков простейший карбюратор необходимо дополнить рядом устройств и приспособлений, обеспечивающих приготовление горючей смеси необходимого состава на разных режимах работы двигателя.

Чтобы получить необходимый состав горючей смеси в диапазоне от малых до больших нагрузок, в карбюратор введена главная дозирующая система.

Для получения смеси богатого состава, необходимого для пуска двигателя, карбюратор оборудуют системой пуска.

Работа двигателя на малой частоте вращения коленчатого вала при холостом ходе обеспечивается системой холостого хода, которая приготавливает обогащенную смесь, когда дроссель почти закрыт.

Необходимый состав смеси при полных нагрузках и при резком увеличении частоты вращения коленчатого вала достигается введением в карбюратор устройств – экономайзера и ускорительного насоса.

Главная дозирующая система. Основное количество смеси подается в цилиндры двигателя главной дозирующей системой. В карбюраторах, как правило, применяют главную дозирующую систему с пневматическим торможением топлива (рисунок 9.4), состоящую из топливного и воздушного жиклера и диффузора.

С увеличением нагрузки (открытия дросселя) или частоты вращения коленчатого вала скорость потока воздуха в диффузоре, а следовательно, и разрежение у вершины распылителя повышается, в результате чего увеличивается количество топлива, истекаемого из топливного жиклера, и смесь будет обогащаться.

Для обеспечения получения смеси обедненного состава установлен воздушный жиклер, тормозящий истечение топлива в результате снижения разрежения у топливного жиклера. Чем больше

будет разрежение у вершины распылителя, тем больше будет поступать воздуха через воздушный жиклер, и через распылитель будет поступать уже не топливо, а эмульсия. Следовательно, в диапазоне малых и средних нагрузок смесь будет необходимого обедненного состава.

Система холостого хода. При работе двигателя на малой частоте вращения коленчатого вала в режиме холостого хода, от него требуется небольшая мощность. Дроссель при этом почти закрыт, следовательно, разрежение у распылителя настолько мало, что главная дозирующая система задействована не будет. Необходимое количество горючей смеси на этом режиме подводится за дроссель, где наибольшее разрежение.

Система холостого хода (рисунок 9.5) состоит из топливного жиклера холостого хода, воздушного жиклера, каналов и регулировочного винта. При работе двигателя в режиме холостого хода разрежение через отверстие в стенке смесительной камеры передается в канал, а оттуда – к топливному жиклеру холостого хода.

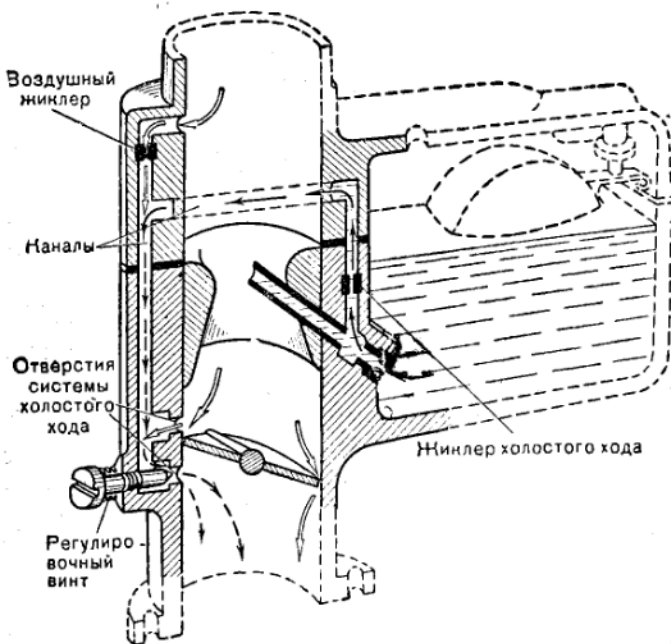


Рисунок 9.5. Система холостого хода



## Автомобили. Типаж и конструкция

Топливо поступает к топливному жиклеру холостого хода из распылителя главного топливного жиклера, поднимается по вертикальному каналу и поступает в горизонтальный канал. Из горизонтального канала направляется в вертикальный эмульсионный канал, в который сверху через воздушный жиклер холостого хода поступает воздух.

В дальнейшем к эмульсии добавляется воздух из верхнего отверстия, расположенного выше дросселя. Эмульсия попадает в смесительную камеру через нижний канал, заканчивающийся отверстием, расположенным за дросселем.

В нижний канал ввернут регулировочный винт.

Канал, расположенный выше дросселя, используется для уменьшения разрежения в системе холостого хода, а также для плавного перехода с малой частоты вращения коленчатого вала режима холостого хода к средним нагрузкам, когда дроссель уже начинает открываться, а подачи топлива из распылителя главного жиклера еще не будет.

При открытом дросселе разрежение за ним будет передаваться не только на нижний регулировочный канал, но и на верхний. При этом из обоих каналов будет поступать эмульсия, обеспечивая плавный переход от режима холостого хода к режиму малых и средних нагрузок.

Количество поступающей горючей смеси регулируют упорным винтом дросселя. При ввертывании упорного винта дроссель открывается и количество поступающей смеси увеличивается, что вызывает увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя. При вывертывании упорного винта дроссель закрывается, количество поступающей смеси уменьшается и частота вращения коленчатого вала снижается.

Не изменяя положение упорного винта дросселя, можно за счет вращения регулировочного винта эмульсионного канала менять качество подаваемой смеси, заворачивая винт – обеднять смесь, а выворачивая – обогащать.

Пусковое устройство. Для получения горючей смеси богатого состава, что необходимо для пуска холодного двигателя, в карбюраторе устанавливают воздушную заслонку с автоматическим клапаном.

В момент пуска двигателя воздушную заслонку прикрывают при помощи троса из кабины водителя, а дроссель автоматически приоткрывается. При таком положении заслонок большое разрежение (несмотря на малую частоту вращения коленчатого вала)

## Автомобили. Типаж и конструкция

создается как в смесительной камере, так и под дросселем, и топливо обильно истекает из главной дозирующей системы и системы холостого хода. Воздух в необходимом количестве поступает через открывающийся автоматический клапан.

Горючая смесь получается богатого состава и двигатель легко пускается. Как только двигатель будет пущен, воздушную заслонку необходимо постепенно открывать, обеспечивая некоторое обеднение горючей смеси. В приводе заслонки имеется пружина, стремящаяся удерживать ее закрытой, но при пуске двигателя кнопку управления воздушной заслонкой вдвигают на  $3/4-2/3$  ее полного хода, и, вследствие несимметричного расположения заслонки на оси поток воздуха, давя на большую часть заслонки, открывает ее.

Это один из вариантов обеднения горючей смеси после пуска двигателя. Таким образом, пусковое устройство карбюратора предохраняет смесь от излишнего переобогащения при пуске двигателя и в то же время не дает двигателю остановиться, автоматически обогащая при снижении частоты вращения коленчатого вала.

Экономайзер. Главная дозирующая система карбюратора обычно регулируется так, чтобы обеспечить приготовление смеси обедненного состава. Однако, при полной нагрузке двигателя от него требуется максимальная мощность, которая может быть получена только при обогащенной смеси. Обогащение смеси в карбюраторе должно осуществляться не только при полном открытии дросселя (полная нагрузка), но и при разгоне автомобиля, когда дроссель открыт не полностью.

Обогащение смеси в карбюраторе осуществляется при помощи экономайзера, подающего дополнительное топливо в смесительную камеру. Он состоит (рисунок 9.6) из седла, в котором размещен клапан с пружиной, жиклера экономайзера и деталей привода: рычага, серьги, тяги, планки и штока. Рычаг привода неподвижно закреплен на оси дросселя. При открытии дросселя до  $3/4$  шток, перемещаясь вниз, еще не касается клапана, и он под действием пружины закрыт, т.е. дополнительной подачи топлива нет, и в карбюратор работает главная дозирующая система.

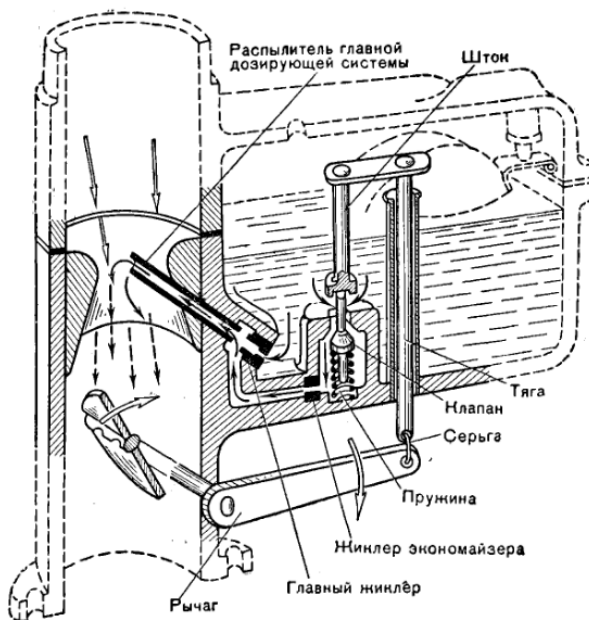


Рисунок 9.6. Экономайзер с механическим приводом

При положении дросселя, соответствующем  $\frac{3}{4}$  открытия (начало полных нагрузок) шток, перемещаясь, давит на клапан и, преодолевая усилие пружины, открывает его. Дополнительное топливо начинает поступать из поплавковой камеры через отверстие в седле и жиклер в распылитель главной дозирующей системы, обогащая смесь, что позволяет получить максимальную мощность.

Ускорительный насос. При резком открытии дросселя увеличивается подача воздуха через смесительную камеру карбюратора, а увеличение подачи топлива через жиклеры и распылители наступает не сразу, а через определенный промежуток времени. Это приводит к резкому обеднению горючей смеси и остановке двигателя. Для обеспечения приемистости двигателя, т.е. способности к резкому переходу от малых к большим нагрузкам, карбюраторы имеют насос – ускоритель.

Ускорительный насос (рисунок 9.7) состоит из колодца, поршня с пружиной, штока, планки, тяги рычага и двух клапанов: обратного и нагнетательного. Полость под поршнем заполнена топливом, поступающим через открытый обратный клапан.

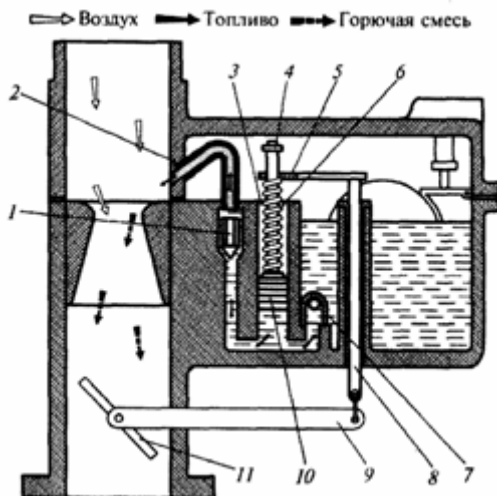


Рисунок 9.7. Ускорительный насос:

- 1— нагнетательный клапан; 2 — распылитель ускорительного насоса; 3 — колодец; 4 — шток; 5— планка; 6 — пружина; 7— обратный клапан; 8— тяга; 9 — рычаг; 10 — поршень, 11 — дроссельная заслонка

При плавном открытии дросселя поршень насоса – ускорителя, плавно опускаясь вниз, вытесняет топливо в поплавковую камеру, так как при этом обратный клапан открыт. Когда дроссель открывается резко, пружина сжимается и поршень, быстро перемещаясь вниз, давит на топливо, которое закрывает его, прижимая к седлу обратного клапана запорный шарик, и, открыв нагнетательный, через распылитель подается в смесительную камеру. Пружина, разжимаясь, продолжает перемещать поршень вниз в течении 1-2 сек, необходимых для более продолжительного впрыска топлива. Если во всех рассматриваемых системах и устройствах топливо поступало в смесительную камеру под действием разности давления воздуха, то насос – ускоритель подает топливо принудительно.

Балансировка карбюратора необходима для предотвращения обогащения горючей смеси в случае засорения воздушного фильтра. В несбалансированном карбюраторе поплавковая камера сообщена непосредственно с атмосферой. При подаче воздуха в сме-

## Автомобили. Типаж и конструкция

сительную камеру через засоренный воздушный фильтр разрежение в ней возрастает, истечение топлива из распылителя и его расход увеличивается.

В сбалансированных карбюраторах поплавковая камера общается с атмосферой через канал, выведенный в полость над воздушной заслонкой. Увеличение разрежения вследствие засорения воздушного фильтра в равной степени передается и в поплавковую камеру, и излишнего истечения топлива из распылителя не будет.

Карбюратор К-89АМ имеет две смесительные камеры, каждая из которых обслуживает четыре цилиндра. При работе двигателя на средних нагрузках топливо из поплавковой камеры поступает через главные жиклеры, а затем через жиклеры полной мощности в эмульсионные каналы (рисунок 9.8). В этих каналах к топливу подмешивается воздух, поступающий из воздушных жиклеров и жиклеров системы холостого хода. Образовавшаяся эмульсия попадает в смесительные камеры через кольцевые щели малых диффузоров. Поддержание постоянного состава обедненной смеси происходит за счет торможения топлива воздухом.

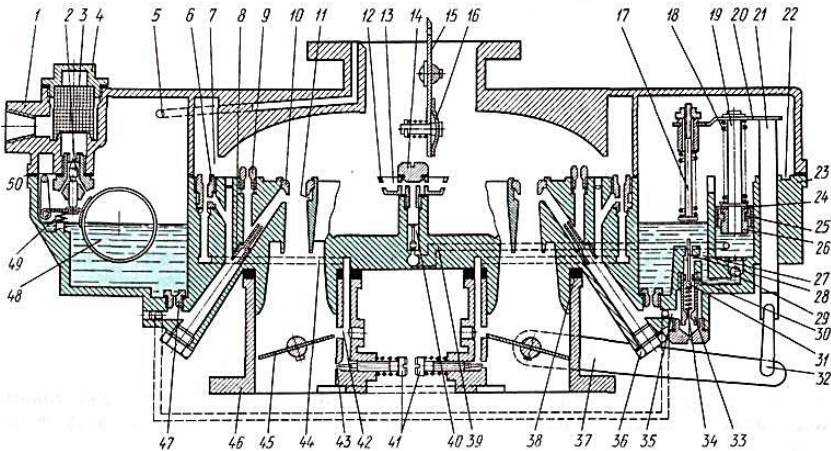


Рисунок 9.8. Схема карбюратора К-88:

- 1 – корпус воздушной горловины; 2 – игольчатый клапан;
- 3 – сетчатый фильтр; 4 – пробка; 5 – канал для балансировки поплавковой камеры;
- 6 – блок жиклеров холостого хода;
- 7 – вырез; 8 – воздушный жиклер; 9 – жиклер полной мощности;
- 10 – малый диффузор; 11 – кольцевая щель; 12 – распылитель;
- 13 – воздушное пространство; 14 – полый винт; 15 – воздушная

## Автомобили. Типаж и конструкция

заслонка; 16 – клапан; 17 – толкатель; 18,25 – пружины; 19, 21 – штоки; 20 – планка; 22,38 – прокладка; 23 – корпус поплавковой камеры; 24 – манжета; 26 -штулка; 27 – отверстие; 28 – промежуточный толкатель; 29 – впускной клапан; 30 – седло; 31 – клапан экономайзера; 32 – тяга; 33 – седло клапана экономайзера; 34 – пружина клапана; 35 – главный топливный канал; 36 – пробка; 37 – рычаг; 39, 44 – каналы; 40 – игольчатый, нагнетательный клапан; 41 – регулировочные винты холостого хода; 42 – прямоугольные отверстия холостого хода; 43 – круглое отверстие холостого хода; 43 – дроссельная заслонка; 46 – корпус смесительных камер; 47 – главный топливный жиклер; 48 – поплавок; 49 – пружина поплавок.

При малой частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу дроссельные заслонки закрыты, разрежение, создаваемое под ними, передается через отверстия в стенках смесительных камер в каналы системы холостого хода. Через главные жиклеры топливо из поплавковой камеры поступает к жиклерам холостого хода по пути, к топливу через воздушные жиклеры, а затем через отверстия над дроссельными заслонками. Полученная эмульсия поступает через регулируемые отверстия под дроссельные заслонки, где, смешиваясь с основным потоком воздуха, образует обогащенную смесь. При пуске холодного двигателя (рисунок 9.9) условия смесеобразования плохие. Надежный пуск холодного двигателя может быть обеспечен при богатой горючей смеси. Приготовление такой смеси обеспечивается прикрытием воздушной заслонки; дроссельные заслонки в это время будут приоткрыты. Большое разрежение в смесительных камерах и под дроссельными заслонками вызывает обильное истечение топлива из жиклеров главной дозирующей системы и системы холостого хода, создавая этим богатую, необходимую для пуска двигателя.

## Автомобили. Типаж и конструкция

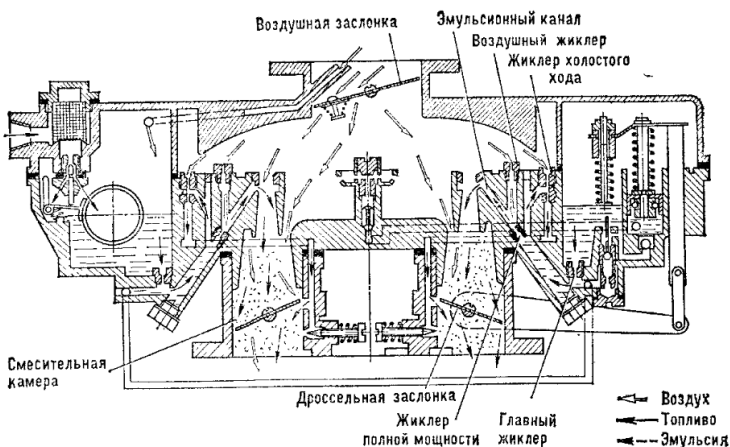


Рисунок 9.9. Схема работы карбюратора К-88А при пуске холодного двигателя

Топливо поступает из поплавковой камеры через главный жиклер к жиклеру полной мощности, а затем в эмульсионный канал, где оно тормозится воздухом, поступающим через воздушный жиклер. Часть топлива, прошедшая главный жиклер, поступает в жиклер холостого хода, где, смешиваясь с воздухом, образует эмульсию, которая по каналам через отверстия в смесительной камере попадает под дроссельные заслонки.

На полных нагрузках двигателя (рисунок 9.10) обогащенный состав смеси получается за счет дополнительной подачи топлива экономайзером к жиклерам полной мощности. При других нагрузках клапан экономайзера закрыт.

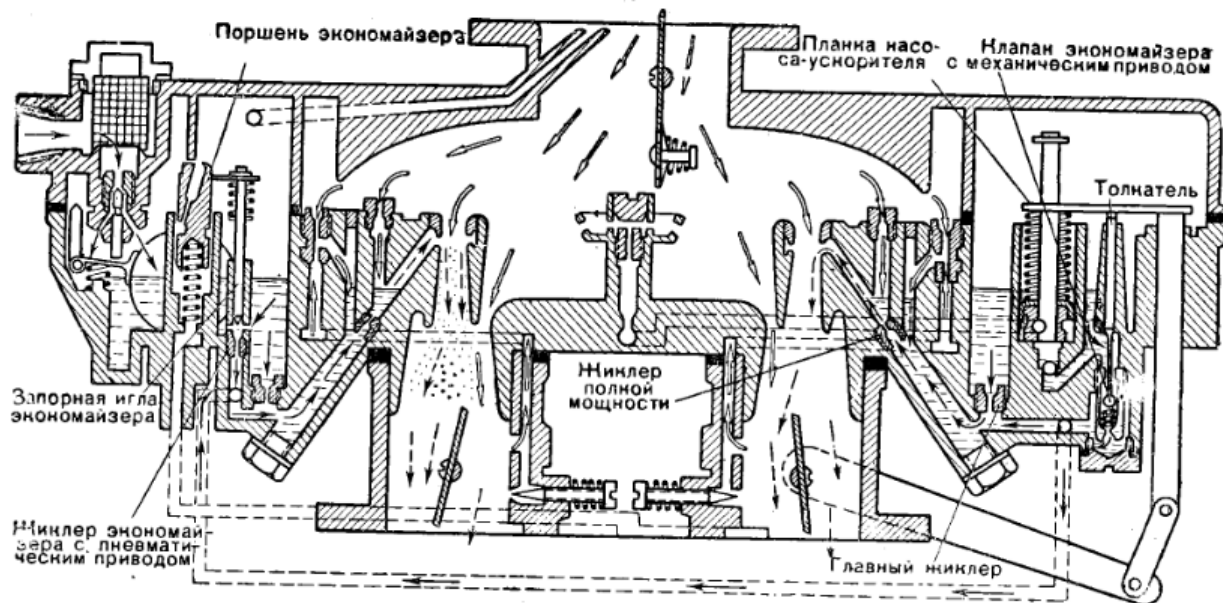


Рисунок 9.10. Схема работы карбюратора К-88 на полных нагрузках



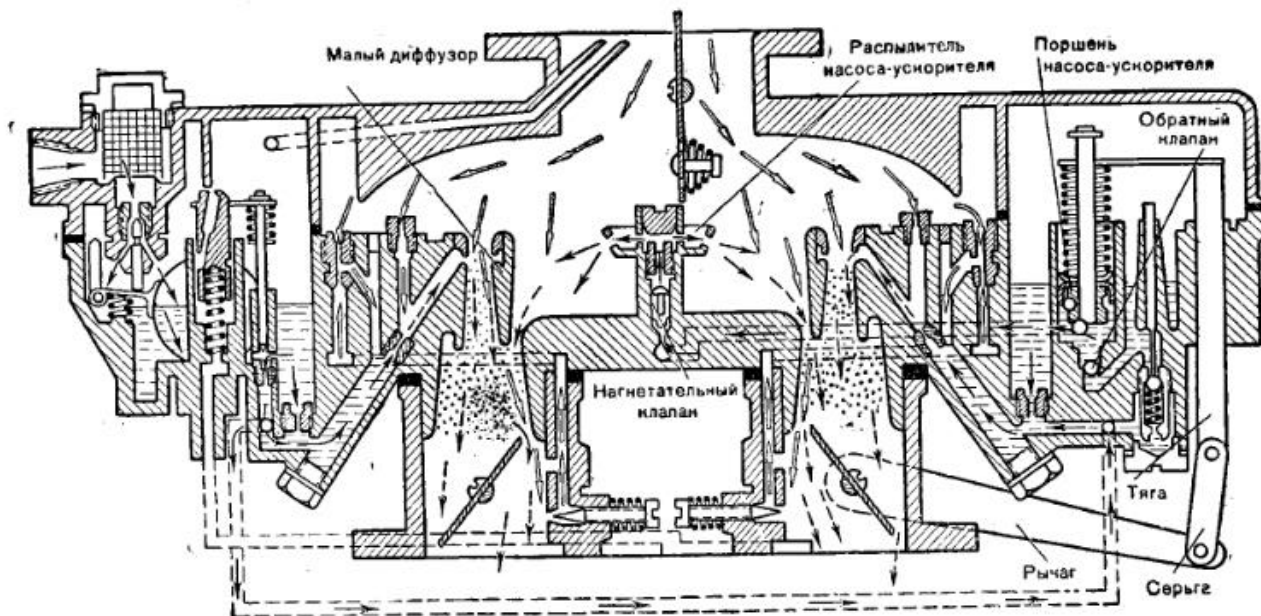


Рисунок 9.11. Схема работы карбюратора К-88 при резком открытии дросселя

## Автомобили. Типаж и конструкция

Топливо в основном дозируется главным жиклером, так как жиклеры полной мощности имеют большое сечение. При положении дроссельных заслонок, близком к полному открытию, планка ускорительного насоса, соединенная с тягой перемещает толкатель вниз и открывает клапан экономайзера. Топливо по каналам поступает к жиклерам полной мощности, сечение которых рассчитано на приготовление смеси обогащенного состава. При резком открытии дроссельных заслонок (рисунок 9.11) обогащение смеси происходит при помощи насоса – ускорителя, привод которого связан с рычагом заслонок, серьгой и тягой. Резкое перемещение штока и поршня вниз создает напор топлива, поэтому обратный шариковый клапан закрывается, и топливо по каналу поступает к распределителю насоса-ускорителя, открывая нагнетательный клапан. Струя впрыснутого топлива ударяется о стенки малых диффузоров, разбивается на мельчайшие частицы, обогащая смесь для обеспечения приемистости двигателя.

Управление карбюратором осуществляется при помощи педали, установленном на кронштейне пола кабины, и двух ручек на панели приборов (рисунок 9.12). Педаль и ручка управления дроссельными заслонками служит для воздействия на них. Второй ручкой управляют воздушной заслонкой.

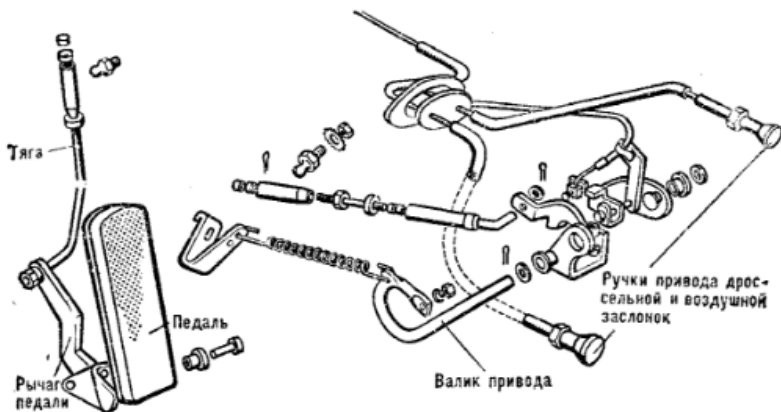


Рисунок 9.12. Управление карбюратором

Педаль управления соединена с осью дроссельных заслонок при помощи системы тяг и рычагов, которые возвращаются в исходное положение пружиной. Ручки управления дроссельными и воздушными заслонками соединены с ними гибкими тягами.

Ручкой управления дроссельными заслонками можно установить и зафиксировать требуемую частоту вращения коленчатого вала. Рукояткой воздушной заслонки регулируют ее положение при запуске холодного двигателя.

### **9.6. Ограничитель максимального числа оборотов двигателя ЗИЛ-375**

Для ограничения частоты вращения коленчатого вала служит механизм (рисунок 9.13), который состоит из центробежного датчика, расположенного на крышке блока распределительных шестерен и приводимого в действие от распределительного вала, и диафрагменного исполнительного механизма, конструктивно объединенного со смесительной камерой карбюратора и воздействующего на дроссельные заслонки. При частоте вращения коленчатого вала двигателя ниже максимальной клапан датчика открыт. Полость вакуумной камеры над диафрагмой через открытый клапан соединена с воздушным патрубком карбюратора, а полость под диафрагмой соединена со смесительной камерой. Создаваемое при этом разрежение под диафрагмой имеет небольшое значение, и вал дроссельных заслонок свободно поворачивается в сторону открытия под действием пружины.

При превышении частоты вращения, на которую отрегулирован центробежный датчик, клапан ротора под действием центробежной силы, преодолевая натяжение пружины, перемещается и перекрывает отверстие ротора, прекращая доступ воздуха из воздушной горловины карбюратора в полость над диафрагмой. В этот момент разрежение из смесительной камеры карбюратора через жиклеры полностью передается в полость над диафрагмой и создает силу, которая перемещает диафрагму вверх, преодолевая натяжение пружины и через рычаг и шток прикрывает дроссельные заслонки. При этом уменьшается поступление горючей смеси в цилиндры двигателя и соответственно, частота вращения коленчатого вала.

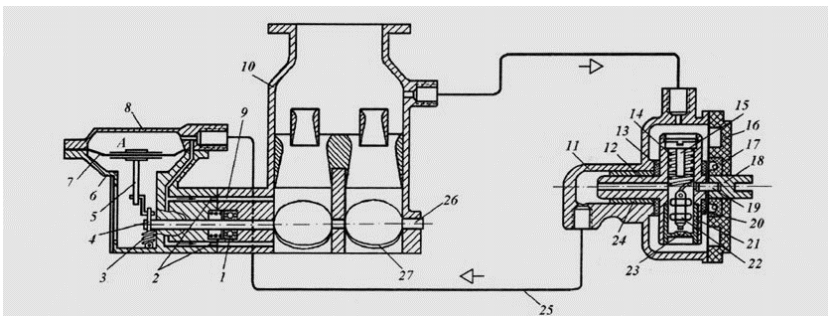


Рисунок 9.13. Принципиальная схема ограничителя частоты вращения коленчатого вала:

- А – полость; 1 – подшипник оси дроссельных заслонок;
- 2 – жиклеры; 3 – пружина дроссельных заслонок; 4 – рычаг;
- 5 – шток; 6 – корпус исполнительного механизма; 7 – мембрана;
- 8 – крышка исполнительного механизма; 9 – канал;
- 10 – карбюратор; 11 – корпус датчика; 12 – ротор;
- 13, 20 – уплотнительные кольца; 14 – пружина клапана;
- 15 – регулировочный винт пружины клапана; 16 – крышка корпуса датчика; 17 – уплотнительная манжета;
- 18 – соединительная втулка; 19 – соединительная пластина;
- 21 – седло клапана; 22 – клапан; 23 – отверстие; 24 – втулка;
- 25 – соединительная трубка; 26 – ось дроссельных заслонок;
- 27 – дроссельная заслонка

## 9.7. Приборы системы питания.

На автомобилях карбюратор расположен выше топливного бака, и подача топлива осуществляется принудительно. Для принудительной подачи топлива из бака к карбюратору на двигателе установлен топливный насос диафрагменного типа.

Насос (рисунок 9.14) состоит из трех основных частей: корпуса, головки и крышки. В корпусе на оси размещен двуплечий рычаг с возвратной пружиной и рычаг ручной подкачки. Между корпусом и головкой насоса закреплена диафрагма, собранная на штоке, имеющим две тарелки. Двуплечий рычаг воздействует на шток через упорную шайбу. Под диафрагмой установлена нагнетательная пружина. В головке насоса расположены впускные и вы-

пусковые клапаны. Клапаны имеют направляющий стержень, резиновую шайбу и пружину. Сверху впускных клапанов расположен сетчатый фильтр.

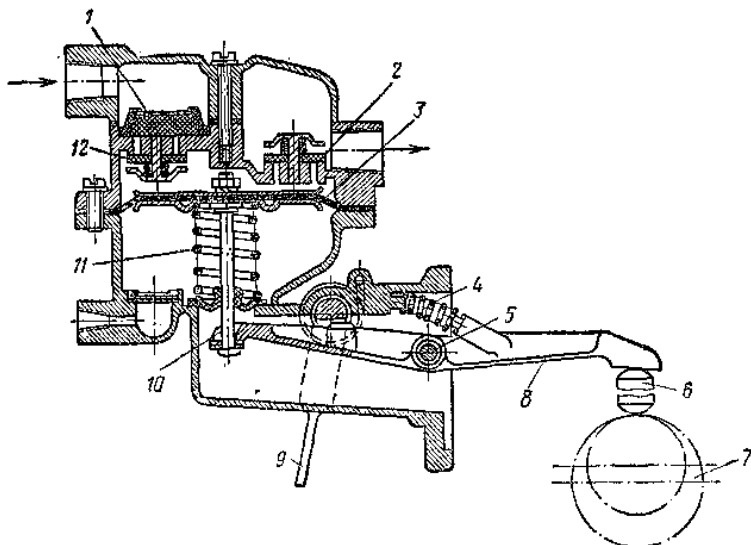


Рис. 9.14. Диафрагменный топливный насос восьмицилиндрового двигателя

- 1 – сетчатый фильтр, 2 – выпускные клапаны, 3 – диафрагма,  
2, 4, 11 – пружины, 5 – ось, 6 – штанга, 7 – эксцентрик,  
8, 9 – рычаги, 10 – шток, 12 – впускные клапаны

Топливный насос приводится в действие от эксцентрика распределительного вала через штангу. В двигателях ЗИЛ-375 эксцентрик установлен на переднем конце распределительного вала на шпонке.

При набегании эксцентрика на нижний конец штанги и воздействии ее на наружную часть двуплечего рычага внутренний конец его перемещаясь, прогибает диафрагму вниз и над ней создается разрежение.

Под действием создавшегося разрежения топливо из бака поступает по трубопроводу к впускному отверстию насоса и проходит через сетчатый фильтр к впускным клапанам, при этом нагнетательная пружина насоса сжимается.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Когда выступ эксцентрика сходит с наружного конца двуплечего рычага, диафрагма под действием нагнетательной пружины перемещается вверх, и в камере над ней создается давление. Топливо вытесняется через нагнетательные клапаны в выпускной канал и затем по трубке в поплавковую камеру карбюратора.

Для уменьшения пульсации топлива над нагнетательными клапанами имеется воздушная камера. При работе насоса в этой камере создается давление, благодаря которому топливо подается к карбюратору равномерно. Производительность топливного насоса рассчитана на работу с максимальным расходом топлива, однако, в действительности, количество подаваемого топлива должно быть меньше производительности насоса.

При заполнении поплавковой камеры, игольчатый клапан закрывает отверстие в седле, и в топливопроводе, идущем от насоса к карбюратору создается давление, которое распространяется в полость над диафрагмой. В этом случае диафрагма насоса остается в нижнем положении, так как нагнетательная пружина не может преодолеть создавшегося давления, и двуплечий рычаг под действием эксцентрика и возвратной пружины качается вхолостую.

Для заполнения поплавковой камеры карбюратора топливом при неработающем двигателе служит рычаг ручной подкачки, расположенный сбоку корпуса насоса. Рычаг имеет валик со срезанной частью и возвратную пружину. В отжатом положении срез валика находится над коромыслом и не воздействует на него. При перемещении рычага ручной подкачки валик краями вырезанной части надавливает на внутренний конец двуплечего рычага и перемещает диафрагму вниз.

Рычагом ручной подкачки можно пользоваться только тогда, когда эксцентрик освободил наружный конец двуплечего рычага. Если диафрагма в неработающем двигателе находится в нижнем положении, то необходимо повернуть пусковой рукояткой вал двигателя на один оборот с тем, чтобы эксцентрик сошел с двуплечего рычага.

Топливо, поступающее к жиклерам карбюратора, не должно иметь металлических примесей и воды, так как примеси засоряют отверстия жиклеров, а замерзшая в зимнее время вода явится причиной прекращения подачи топлива. Для очистки топлива в системе питания двигателя предусмотрена установка фильтров и отстойников. Сетчатые фильтры устанавливаются в заливных горловинах топливных баков, в корпусе диафрагменного насоса и во входных штуцерах поплавковой камеры карбюратора.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Фильтр – отстойник грубой очистки установлен у топливного бака.

Этот фильтр (рисунок 9.15, а) состоит из крышки и съемного корпуса. Внутри корпуса на стойках расположен фильтрующий элемент из набора тонких фильтрующих пластин, имеющих выштампованные выступы высотой 0,05 мм, поэтому между пластинами остается щель шириной 0,05 мм.

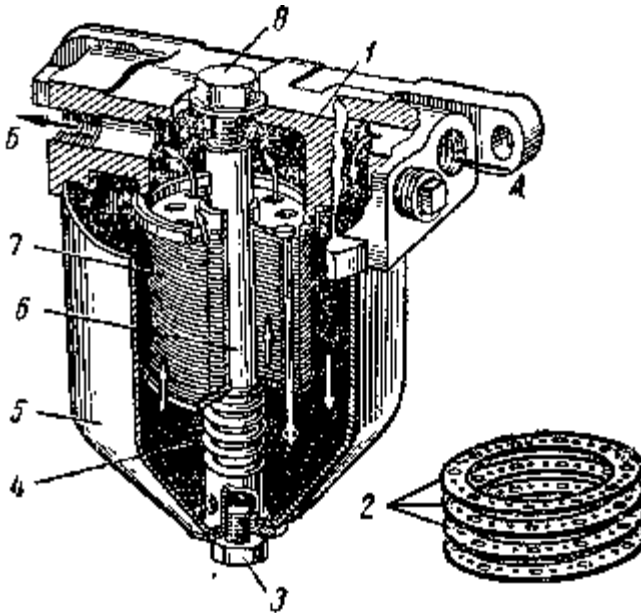


Рисунок 9.15. Фильтр-отстойник: 1 – корпус; 2 – латунные пластины; 3 – сливная пробка; 4 – пружина; 5 – отстойник; 6 – стержень; 7 – фильтрующий элемент; 8 – болт.

Топливо из бака поступает через входное отверстие в отстойник фильтра. Так как отстойник имеет больший объем чем топливопровод, скорость поступающего топлива резко снижается, что приводит к осаждению механических примесей и воды.

Топливо, проходя через щели фильтрующего элемента, дополнительно очищается от механических примесей, которые оседают на фильтрующих пластинах.

Фильтр тонкой очистки топлива (рисунок 9.15, б) устанавливают перед карбюратором. Он состоит их корпуса, стакана-отстойника, фильтрующего элемента с пружиной и зажимом стакана.

Автомобили. Типаж и конструкция

Фильтрующий элемент может быть выполнен керамическим или из мелкой сетки, свернутой в виде рулона.

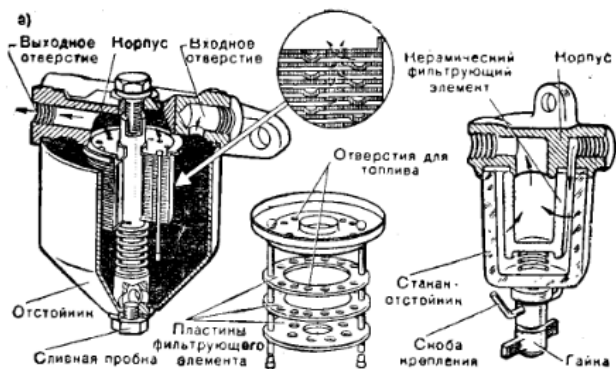


Рисунок 9.15. Топливные фильтры:  
а – грубой очистки топлива; б – тонкой очистки топлива

Топливо, подаваемое диафрагменным насосом поступает в стакан -отстойник Часть механических примесей выпадает в виде осадка в стакане а остальные примеси задерживаются на поверхности фильтрующего элемента.

Автомобиль зачастую эксплуатируется в условиях сильного запыления воздуха. Пыль, попадая в цилиндры двигателя вместе с воздухом, вызывает ускоренный износ как цилиндров, так и поршневых колец. Очистка воздуха поступающего для приготовления горючей смеси, осуществляется в воздушном фильтре.

На автомобилях УРАЛ применяют воздушные фильтры инерционно -масляного типа. Фильтр (рисунок 9.16) состоит из корпуса масляной ванны, крышки с патрубком, фильтрующего элемента, изготовленного из металлической сетки или капронового волокна, стяжного винта с барашковой гайкой.



## Автомобили. Типаж и конструкция

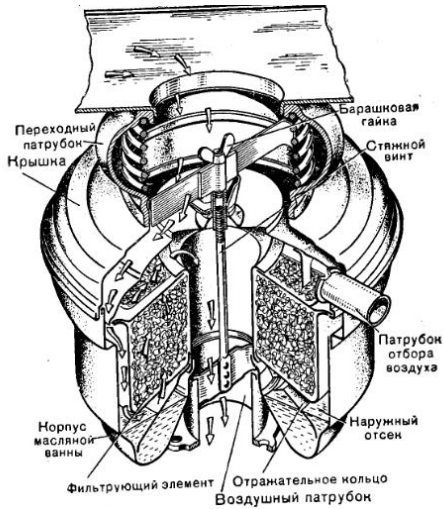


Рисунок 9.16. Воздушный фильтр

Воздух под действием разрежения создаваемого работающим двигателем через патрубок попадает во входную кольцевую щель и, двигаясь по ней вниз, ударяется о масло, в котором оседает крупные частицы пыли. При дальнейшем движении воздух увлекает за собой частицы масла и смачивает им фильтрующий элемент. Масло, стекающее с фильтрующего элемента смывает частицы пыли, осевшие на отражателе. Воздух, проходя через фильтрующий элемент, полностью очищается от механических примесей и по центральному патрубку поступает в смесительную камеру карбюратора.

Фильтр устанавливается при помощи переходного патрубка непосредственно на карбюраторе. На автомобиле УРАЛ подача воздуха к фильтру проходит через воздухозаборник, с которым воздушный фильтр соединен резиновым переходным патрубком.

Для хранения запаса топлива необходимого для работы автомобиля, установлен топливный бак. Он состоит из двух половинок выштампованных из листовой стали и соединенных сваркой внутри бака для увеличения жесткости и уменьшения ударов топлива при его перемещении, установлены перегородки. Бак имеет заливную горловину с пробкой, в которой размещены два клапана, действие которых подобно действию паровоздушных клапанов пробки горловины радиатора. Паровой клапан предотвращает потерю топлива при его испарении, а воздушный препятствует возникновению разрежения в баке при расходовании топлива.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Сверху бака установлен датчик указателя уровня топлива и штуцер с краном и заборной трубкой. Заборная трубка внизу заканчивается сетчатым фильтром. В нижней части бака имеется сливное отверстие, закрываемое резьбовой пробкой. Расположены топливные баки у грузовых автомобилей сбоку рамы или под сиденьем водителя.

Подача горючей смеси от карбюратора к цилиндрам двигателя осуществляется через впускной трубопровод. Впускной трубопровод двигателя ЗИЛ-375 отлит из алюминиевого сплава и прикреплен к головкам правого и левого рядов цилиндров. Впускной трубопровод имеет сложную систему каналов, по которым горючая смесь подводится к цилиндрам.

Между каналами впускного трубопровода имеется пространство, сообщенного с полостью охлаждения головок цилиндров. Для уплотнения мест соединения между впускным трубопроводом и головками цилиндров устанавливаются прокладки.

Выпускные трубопроводы служат для отвода отработавших газов из цилиндров двигателей, выполнены отдельно и прикреплены с наружных сторон головок цилиндра.

Для уменьшения сопротивления проходу горючей смеси и отработавших газов каналы впускных и выпускных трубопроводов изготавливаются возможно более короткими и плавными переходами.

Уплотняют впускные трубопроводы при помощи металлоасбестовых прокладок, а крепят их на шпильках гайками. Процесс приготовления горючей смеси не заканчивается в смесительной камере карбюратора, а продолжается во впускном трубопроводе и цилиндрах двигателя. Для лучшего испарения топлива во время работы двигателя впускной трубопровод подогревается. Подогрев впускного трубопровода особенно необходим при эксплуатации автомобиля в холодное время.

Однако, чрезмерный подогрев горючей смеси нежелателен, так как при этом объем смеси увеличивается а весовое наполнение цилиндров уменьшается.

В двигателе ЗИЛ-375 подогрев горючей смеси происходит за счет тепла, отдаваемого циркулирующей жидкостью в полости охлаждения впускного трубопровода. При пуске этого двигателя в условиях низких температур возможен подогрев впускного трубопровода за счет пролива горячей воды через систему охлаждения.

Отработанные газы, выходя из цилиндров двигателя с большой скоростью и частой периодичностью, создают значительный шум. Для уменьшения этого шума на всех автомобилях выпускные трубопроводы соединены трубами с глушителем.

Глушитель (рисунок 9.17) представляет собой полый цилиндр, внутри которого размещена труба, имеющая большое число отверстий и несколько поперечных перегородок. Отработавшие газы, попадая из тонкой трубы в полость глушителя, расширяются и, проходя через целый ряд отверстий в трубе и перегородках, резко снижают скорость, что приводит к снижению шума выпуска отработавших газов.

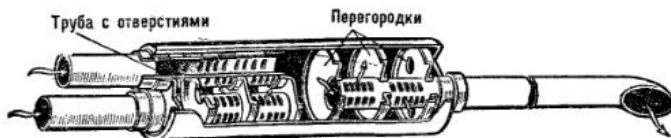


Рисунок 9.17. Глушитель

Воздух засасывается в смесительную камеру карбюратора также с большой скоростью и повышенным шумом. Для уменьшения шума при всасывании воздуха воздушные фильтры карбюраторов имеют специальные полости большего объема, чем впускной патрубков карбюратора. В результате снижения скорости входящего воздуха шум уменьшается.

### 9.8. Контрольные вопросы:

1. Какие бензины применяются для карбюраторных двигателей и каковы их основные характеристики?
2. Какие правила и меры безопасности необходимо выполнять при использовании этилированных бензинов?
3. В чем заключается основной недостаток простейшего карбюратора?
4. Какие существуют режимы работы двигателя? Какими системами и устройствами карбюратора они обеспечиваются?
5. Работа карбюратора К-89 на различных режимах работы двигателя.
6. Какие неисправности наиболее часто встречаются в системе питания, их признаки, способы их обнаружения и устранения?
7. В чем заключается принцип действия ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя?

## 10. СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

### 10.1. Назначение системы питания и схема питания дизельного двигателя топливом

Система питания дизельных двигателей по устройству и принципу работы в значительной степени отличается от схемы питания карбюраторных двигателей. Это отличие связано с принципиально разным характером протекания рабочего процесса в дизельном двигателе по сравнению с карбюраторным. Дизельные двигатели относятся к двигателям с внутренним смесеобразованием. Процессы смесеобразования в дизельном двигателе происходят внутри цилиндров и занимают очень малое время (порядка 0,002 сек.), что примерно в 10 раз меньше, чем в карбюраторном двигателе.

Система питания двигателя предназначена для подачи в цилиндры двигателя воздуха и топлива, а также отвода отработавших газов из цилиндров.

Так как процесс смесеобразования в дизеле занимает очень малое время, поэтому очень важно распылить топливо на мельчайшие капли и равномерно распылить их по всему объему воздуха в камере сгорания. В связи с этим, к системе питания дизелей предъявляют следующие требования:

- должна создавать высокое давление впрыскивания топлива в цилиндр;
- дозировать порции топлива в соответствии с нагрузкой дизеля;
- производить впрыскивание топлива в камеру сгорания в определенный момент, в течение заданного промежутка времени с определенной интенсивностью;
- хорошо распыливать и равномерно распределять топливо по объему камеры сгорания;
- обеспечивать начало впрыскивания и порции топлива, подаваемые насосом, одинаковыми во всех цилиндрах;
- надежно фильтровать топливо перед его поступлением в насосы и форсунки.

Система питания дизельного двигателя включает в себя приборы подачи топлива, приборы подачи воздуха и приборы отвода газов из цилиндров.

Схема системы питания дизельного двигателя топливом показана на рисунке 10.1. В систему питания входят топливный бак,

Автомобили. Типаж и конструкция

фильтры грубой и тонкой очистки топлива, топливоподкачивающий насос, топливопроводы, топливный насос высокого давления с всережимным регулятором, форсунки и другие приборы и детали.

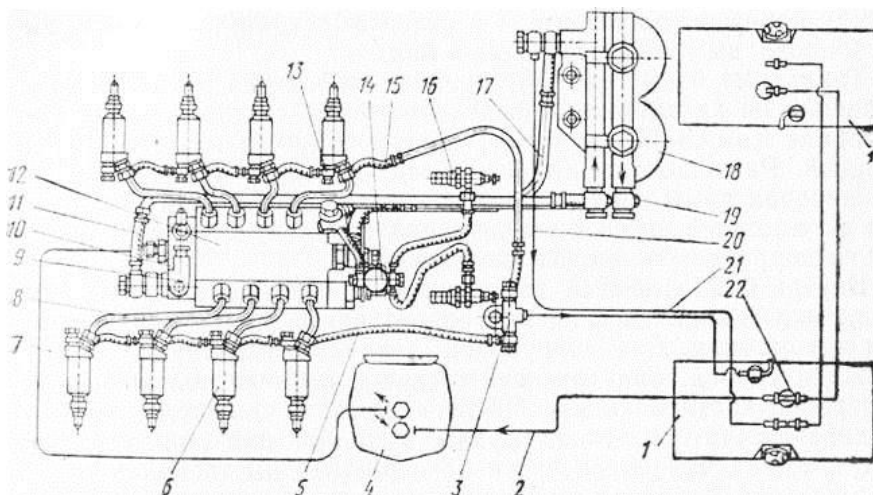


Рисунок 10.1. Система питания двигателя топливом:

- 1 — бак топливный; 2 — топливопровод к фильтру грубой очистки; 3 — тройник; 4 — фильтр грубой очистки топлива;
- 5 — сливной дренажный топливопровод форсунок левого ряда; 6 — форсунка; 7 — подводящий топливопровод к насосу низкого давления; 8 — топливопровод высокого давления; 9 — ручной топливоподкачивающий насос; 10 — топливоподкачивающий насос низкого давления; 11 — топливопровод к фильтру тонкой очистки; 12 — топливный насос высокого давления;
- 13 — топливопровод к электромагнитному клапану;
- 14 — электромагнитный клапан; 15 — сливной дренажный топливопровод форсунок правого ряда; 16 — свеча факельная;
- П — дренажный топливопровод насоса высокого давления;
- 18 — фильтр тонкой очистки топлива; 19 — подводящий топливопровод к насосу высокого давления; 20 — дренажный топливопровод фильтра тонкой очистки топлива; 21 — сливной топливопровод; 22 — кран распределительный

Рассмотрим путь топлива в топливной системе. При работе двигателя за счет разрежения, создаваемого топливоподкачивающим насосом, топливо забирается из бака и проходит через фильтр грубой очистки топлива в насос. Из топливоподкачивающего

## Автомобили. Типаж и конструкция

насоса топливо под давлением 0,6 – 0,8 кг/см<sup>2</sup> подается через два топливных фильтра тонкой очистки, работающих параллельно, к топливному насосу высокого давления.

Топливный насос высокого давления по топливопроводам высокого давления подает дозированные порции топлива к форсункам под давлением 210 кг/см<sup>2</sup> в порядке работы цилиндров двигателя. Форсунки впрыскивают и распыляют топливо в камерах сгорания цилиндров двигателя, где оно самовоспламеняется.

При прокачке системы, например перед пуском двигателя с целью удаления воздуха, топливо засасывается из бака ручным топливоподкачивающим насосом и проходит последовательно все агрегаты к насосу высокого давления.

Топливоподкачивающий насос подает к насосу высокого давления топлива больше, чем этого необходимо для работы двигателя. Излишки топлива из насоса высокого давления по топливопроводу отводятся в бак.

Прокачка топливной системы и удаление воздуха перед запуском двигателя производится ручным насосом, который смонтирован в одном корпусе с насосом высокого давления.

### **10.2. Распыл топлива и смесеобразование в дизельном двигателе.**

В дизельных двигателях процесс смесеобразования происходит внутри цилиндра. Наиболее полное использование топлива и воздуха в этом случае достигается при условии тонкого и однородного распыливания топлива, достаточно дальнобойной струи топлива, достаточно равномерного распределения топлива форсункой в камере сгорания и организованного и направленного движения воздуха в камере сгорания для хорошего его перемешивания с впрыснутым топливом.

Тонкость распыливания топлива в дизельных двигателях характеризуется величиной среднего диаметра капель, образующихся при впрыске топлива. Чем меньше средний диаметр капель, тем тоньше распыливание.

Однородность распыливания достигается дроблением струи топлива при впрыске на капли, размер которых примерно одинаков. Чем меньше диаметр распыливаемых отверстий форсунки и больше давление впрыска, тем лучше тонкость и однородность распыливания. Таким образом, тонкость и однородность в совокупности определяют качество распыливания.

Дальнобойность струи топлива, т.е. глубина проникновения частиц топлива в среду сжатого воздуха, зависит от давления в

Автомобили. Типаж и конструкция

камере сгорания, давления впрыска топлива, числа оборотов двигателя, длины и диаметра распыливающих отверстий форсунки, от вязкости и удельного веса топлива. Однако необходимо, чтобы частицы впрыснутого топлива не достигали стенок камер сгорания и днища поршня, так как это приводит к нагарообразованию и уменьшению мощности двигателя.

Равномерное распределение частиц топлива в камере сгорания достигается путем создания интенсивного движения воздуха в ней. Направление движения воздуха в камере и перемешивание его с топливом зависит от формы камеры сгорания, а также от формы факела топлива, создаваемого форсункой. Смесеобразование в дизелях зависит от конструкции камеры сгорания.

Камеры сгорания дизелей в зависимости от их конструкции делятся на два основных типа (рисунок 10.2): неразделенные камеры сгорания и разделенные.

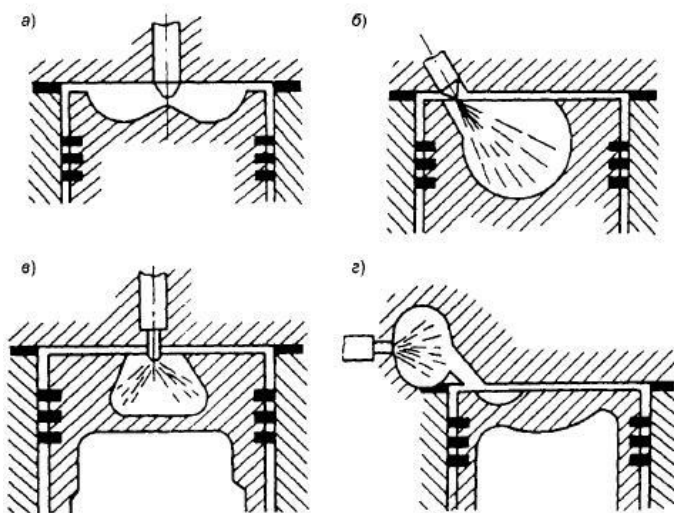


Рисунок 10.2. Принципиальная схема камер сгорания:  
а, б, в – неразделенные; г – разделенная

Неразделенная камера сгорания, или камера сгорания с непосредственным sprыском (рисунок 10.3) представляет собой полость, ограниченную днищем поршня и поверхностью головки блока.

Автомобили. Типаж и конструкция

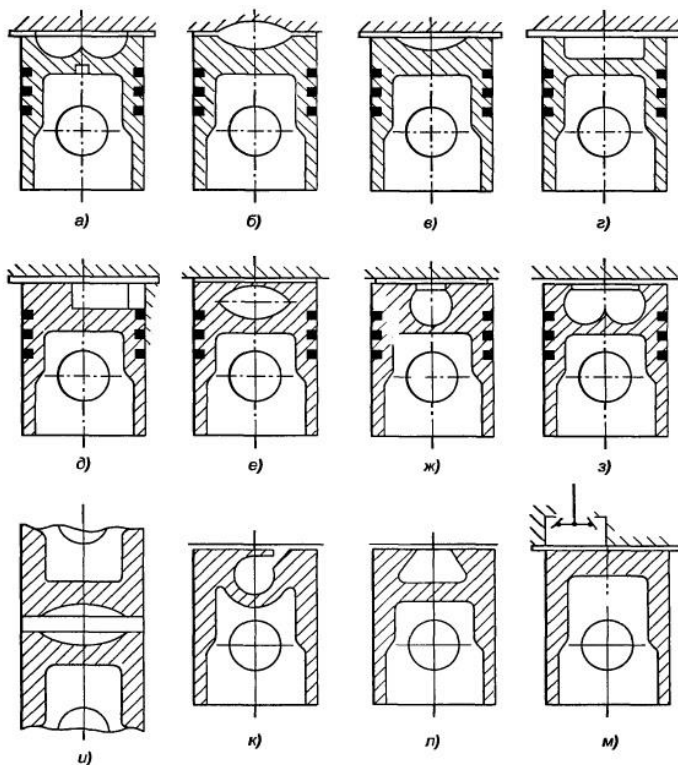


Рисунок 10.3. Камеры сгорания дизелей неразделенного типа:  
 а — тороидальная в поршне; б — полусферическая в поршне и головке цилиндра; в — полусферическая в поршне;  
 г — цилиндрическая в поршне; д — цилиндрическая в поршне с боковым размещением; е — овальная в поршне; ж — шаровая в поршне; з — тороидальная в поршне с горловиной;  
 и — цилиндрическая, образованная днищами поршней и стенками цилиндра; к — вихревая в поршне; л — трапецидальная в поршне; м — цилиндрическая в головке под выпускным клапаном

Скорость и интенсивность движения воздуха в двигателях, имеющих неразделенную камеру, получается небольшой. Преимуществами двигателей с неразделенными камерами являются:

- простота конструкции головки блока двигателя, так как камера сгорания выполняется в днище поршня и можно в головке свободно разместить клапаны;
- хорошие пусковые качества (запускается стартером);



– высокая экономичность двигателя (удельный расход топлива 170-200 г/э л.с./ч).

Хорошие качества и высокая экономичность объясняется малыми потерями тепла через поверхность охлаждения камеры из-за относительно небольших ее размеров.

К недостаткам могут быть отнесены:

– необходимость создания высокого давления впрыска для обеспечения хорошего распыливания топлива (свыше 150 кг/см<sup>2</sup>);

– высокая точность изготовления деталей топливной аппаратуры (зазоры меньше 0,003 мм);

– необходимость применения высококачественных сортов топлива и тщательная его фильтрация;

– ухудшение условий протекания рабочего процесса с уменьшением оборотов двигателя (снижается давление впрыска и ухудшается распыливание топлива).

Разделенная камера (рисунок 10.4) состоит из двух частей: основной камеры, образованной днищем поршня и поверхностью головки, и дополнительной камеры (предкамеры). Объем дополнительной камеры составляет 25-30% основной камеры, и она сообщается с основной камерой отверстием. В конце такта сжатия топливо впрыскивается форсункой в дополнительную камеру и самовоспламеняется. При этом повышается давление в дополнительной камере и газы вместе с остатками несгоревшего топлива под давлением выбрасываются через отверстие в основную камеру, где топливо перемешивается с воздухом и сгорает. В настоящее время разделенные камеры в основном применяются двух типов: предкамеры и вихревые камеры.

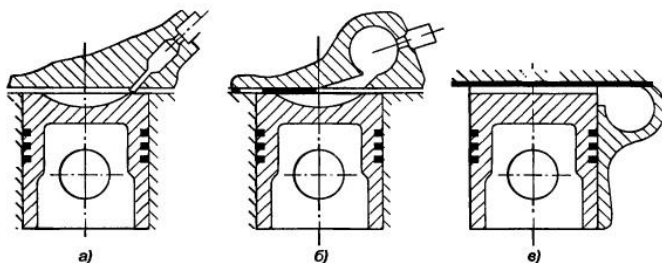


Рисунок 10.4. Камеры сгорания дизелей разделенного типа:  
а — предкамера; б — вихревая камера в головке; в — вихревая камера в блоке

## Автомобили. Типаж и конструкция

Двигатели с разделенными камерами имеют следующие преимущества:

- плавное нарастание давления в основной камере при протекании газов из дополнительной камеры в надпоршневое пространство. Это повышает надежность работы деталей цилиндра – поршневой группы и подшипников коленчатого вала;
- меньшее давление впрыска топлива ( $100 - 150 \text{ кг/см}^2$ );
- приборы питания (насос высокого давления, форсунка) могут быть изготовлены с меньшей точностью. Форсунка может иметь одно распыливающее отверстие, так как требования к качеству распыливания топлива меньше, чем в двигателях с непосредственным впрыском;
- позволяет применять низкосортные топлива, так как используется принцип дополнительного распыливания его газами.

Недостатками двигателей с разделенными камерами являются:

- сложность конструкции головки блока, в которой размещается дополнительная камера;
- худшие пусковые качества вследствие большой поверхности охлаждения камеры сгорания и несовершенного распыливания топлива. На таких двигателях для их пуска устанавливаются пусковые карбюраторные двигатели;
- меньшая экономичность (удельный расход топлива  $200-220 \text{ г/э л.с./ч}$ ). Разделенные камеры имеют преимущественное распространение на тракторных дизельных двигателях.

### 10.3. Топливо для дизельных двигателей.

Для дизельных двигателей применяется дизельное топливо. Его получают из газойлевых и соляровых фракций прямой перегонки и каталитического крекинга нефти, а также из смесей с керосином. Продукты термического крекинга для получения дизельного топлива не используются из-за недостаточной их химической стабильности и пониженной способности к самовоспламенению.

Дизельное топливо состоит в основном из предельных жидких углеводородов и частично из растворенных в них твердых углеводородов (парафинов). Непредельные углеводороды в дизельном топливе отсутствуют или содержатся в незначительном количестве, благодаря чему дизельное топливо имеет хорошую химическую стабильность и может храниться длительное время (до 5 лет).

## Автомобили. Типаж и конструкция

По своим характеристикам дизельное топливо должно удовлетворять определенным требованиям, вытекающим из особенностей рабочего процесса дизелей. На подачу топлива в двигатель оказывают влияние вязкость, температура помутнения и застывания топлива, а также наличие в топливе механических примесей и воды.

Вязкость дизельного топлива должна быть оптимальной. Повышенная вязкость недопустима, так как будет ухудшение прохождения топлива через трубопроводы, фильтры и отверстия форсунок.

Топливо повышенной вязкости будет хуже распыливаться и медленнее испаряться, а сгорание его будет неполным. При пониженной вязкости топливо легко просачивается через зазоры в плунжерных парах насоса высокого давления и форсунках, что нарушает дозировку топлива и правильное смесеобразование. Топливо малой вязкости может подтекать через распыливающие отверстия форсунок и приводить к закоксовыванию их. Кроме того, в дизельных двигателях детали топливной аппаратуры (насоса и форсунок) смазываются самим топливом. При очень малой вязкости топлива ухудшается смазка деталей и повышается их износ.

Испытаниями установлено, что вязкость топлива для двигателей непосредственным впрыском должна находиться в пределах 2,5-8,5 сСт при 20° С, причем зимние топлива должны иметь вязкость ближе к нижнему пределу, а летние – ближе к верхнему.

Температурой помутнения топлива называется такая температура, при которой растворенные в топливе твердые углеводороды (парафины) начинают кристаллизоваться и выделяться из жидкой фазы – топливо мутнеет.

При помутнении топливо еще не теряет своей текучести, оно может прокачиваться, но мелкие кристаллы парафина откладываются на поверхности фильтров, забивают их и затрудняют прохождение топлива в двигатель.

Для обеспечения бесперебойного прохождения топлива через фильтры необходимо, чтобы температура помутнения его была ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется машина.

Температурой застывания называется такая температура, при которой дизельное топливо теряет свою текучесть.

Температура застывания топлива обычно на 5-15° С ниже температуры его помутнения, т.е. она должна быть ниже возможной температуры окружающего воздуха не менее чем на 15° С.

## Автомобили. Типаж и конструкция

Для понижения температур помутнения и застывания дизельное топливо разбавляют керосином. Так, например, добавление к дизельному топливу 25% тракторного керосина понижает температуру помутнения и застывания примерно на 5-8 С.

Для предотвращения выпадения из топлива твердых углеводородов рекомендуется обогревать или утеплять топливные баки, фильтры, топливопроводы.

Вода может находиться в дизельном топливе в растворенном виде и в виде эмульсии, а также попадать в топливо при его транспортировке и заправке машин. Зимой вода замерзает, а мелкие кристаллы льда, находящиеся в топливе во взвешенном состоянии, при его поступлении в двигатель забивают фильтры. Вода разрушает связующее вещество фильтра тонкой очистки, изготовленного из минеральной массы, а также повышает температуру помутнения и застывания топлива.

Механические примеси, находящиеся в топливе, засоряют фильтры, способствуют быстрому износу топливной аппаратуры. Для отделения механических примесей и воды из дизельного топлива необходимо перед заправкой производить отстой топлива (до 10 суток), так как при повышенной вязкости топлива механические частицы осаждаются очень медленно. Так нужно периодически сливать отстой из топливных баков и фильтров, а заправку производить только через фильтр и закрытой струей.

Испаряемость дизельного топлива оказывает влияние на процесс смесеобразования. Испаряемость топлива характеризуется фракционным составом (температурами выкипания 10, 50, 90 и 96%-ных фракций)

Тяжелое топливо не будет успевать испаряться, и это вызовет те же последствия, что и повышенная вязкость топлива.

Но и чрезмерно облегченное топливо по фракционному составу топливо тоже применять нельзя, так как оно будет иметь пониженную вязкость и ухудшенную самовоспламеняемость. Дизельное топливо, получаемое из газойлевых и соляровых фракций перегонки нефти, наиболее полно удовлетворяет требованию хорошего смесеобразования. Оно имеет пределы выкипания 200 – 350° С.

Под самовоспламеняемостью топлива понимают способность его воспламеняться без постороннего источника зажигания. От самовоспламеняемости топлива зависит плавность сгорания рабочей смеси, мягкость работы двигателя и экономичность.

## Автомобили. Типаж и конструкция

В точке «а», когда давление сжимаемого воздуха достигло  $30 \text{ г/см}^2$  а поршень еще не дошел до в.м.т., начинается подача топлива в цилиндр (впрыск). Топливо в цилиндр подается не мгновенно, а в течение некоторого промежутка времени. В точке «В» подача топлива прекращается, а поршень уже проходит в.м.т.. Время от момента начала подачи первых порций топлива в среду сжатого и нагретого воздуха до момента самовоспламенения смеси называется периодом задержки воспламенения.

После воспламенения первой части поступившего топлива остальное топливо продолжает поступать в камеру сгорания и попадает в среду, где уже происходит горение.

За время от начала подачи топлива (точка а) до начала его самовоспламенения (точка б) в камере сгорания накопится некоторое количество топлива, которое, воспламеняясь, вызывает быстрое повышение давления в камере. Чем длительнее будет период задержки самовоспламенения, т. е. чем больше накопится в камере сгорания топлива за этот период, тем резче нарастает давление в цилиндре. Если скорость нарастания давления после самовоспламенения топлива меньше  $\text{кг/см}^2$  на каждый градус угла поворота коленчатого вала, то работа двигателя считается мягкой.

В этих условиях двигатель работает нормально. Если скорость нарастания давления будет более  $6 \text{ кг/см}^2$  на градус поворота коленчатого вала, работа двигателя считается жесткой. Жесткая работа приводит к повышению ударных нагрузок на поршень, подшипники коленчатого вала, сопровождается дымным выпуском и снижением экономичности двигателя.

Период задержки самовоспламенения зависит также от теплового состояния двигателя, отрегулированности подачи топлива и качества распыливания.

Самовоспламеняемость дизельного топлива характеризуют цетановым числом. Цетановое число топлива определяется в лабораторных условиях на специальной моторной установке путем сравнения по самовоспламеняемости испытуемого топлива с эталонным. В качестве эталонного топлива приняты два углеводорода: цетан ( $\text{C}_{26}\text{H}_{54}$ ) который имеет хорошую самовоспламеняемость ( условно она принята за 100 единиц), и альфа – метилнафталин ( $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ ), который имеет плохую самовоспламеняемость ( условно она принята за 0 ). В зависимости от содержания цетана эталонные смеси будут иметь различную самовоспламеняемость.

Таким образом, под цетановым числом дизельного топлива понимают процентное (по объему) содержание цетана в смеси его

## Автомобили. Типаж и конструкция

с альфаметилнафта-лином, которая по самовоспламеняемости эквивалентна испытываемому дизельному топливу.

Цетановое число дизельных топлив зависит их химического и фракционного состава. Чем легче фракционный состав дизельного топлива, тем хуже его самовоспламеняемость и тем меньше цетановое число. Цетановое число у керосина меньше, чем у дизельного топлива. Для автомобильных дизельных двигателей цетановое число составляет 40-45 единиц. При увеличении цетанового числа двигатель работает мягко, но экономичность и мощность его несколько уменьшается.

Самовоспламеняемость дизельного топлива влияет и на запуск двигателя. Чем выше цетановое число топлива, тем легче оно воспламеняется и тем легче запуск дизеля. Зимой для облегчения дизеля можно добавить этиловый эфир непосредственно в воздух, поступающий в цилиндры. Этиловый эфир в количестве 5-8 капель вводится в воздушный патрубок в момент проворачивания коленчатого вала. Эфир очень хорошо испаряется и легко самовоспламеняется.

Эксплуатационные факторы, например температура окружающего воздуха, оказывает влияние на работу дизеля. Высокая температура воздуха летом снижает жесткость работы дизеля, а зимой низкая температура повышает жесткость работы. В карбюраторном двигателе наоборот, повышение температуры способствует возникновению детонаций, а понижение уменьшает ее.

Кроме рассмотренных выше свойств, дизельное топливо как можно меньше должно образовывать нагар в камере сгорания, на клапанах и форсунке, в выпускном трубопроводе. Отложение нагара вызывает перегрев двигателя снижение его мощности и экономичности. Для уменьшения нагара не рекомендуется длительная работа двигателя на малых оборотах, так как уменьшение оборотов ведет к снижению давления впрыска, и к ухудшению качества распыливания топлива. Следует также строго придерживаться правил применения топлива: зимой применять только зимние, а летом летние топлива.

Дизельное топливо должно иметь высокие антикоррозийные свойства. Наличие в топливе активной серы и водорастворимых кислот и щелочей не допускается.

Особенно вредное воздействие на детали двигателя (подшипники, кольца, цилиндры) оказывает в наличие в топливе серы (содержание серы должно быть не более 0,2%).

Другими важными характеристиками дизельного топлива являются:

## Автомобили. Типаж и конструкция

- плотность, которая находится в пределах 0,83 -0,865 г/см<sup>3</sup>;
- температура вспышки, которая должна быть в пределах 35-65 С (она характеризует огнеопасность дизельного топлива);
- теплота сгорания (она равна 10000 – 10100 ккал/кг), практически такая же, как для бензинов.

Для автомобильных дизельных двигателей Д12А, ЯМЗ-23, ЯМЗ-238ДМЗ-204, ЯМЗ-206, КаМАЗ-740 выпускаются топлива, основные характеристики которых приводятся в таблице 10.1.

Таблица 10.1.

Наименование показателей	По FOR.Tv 4740-49			По ГОСТу 305-42	
	ДА (арктич.)	ДЗ (зимн.)	ДЛ (летнее)	З (зимнее)	Л (летнее)
Цетановое число	40	40	45	43	43
Вязкость при 20° С в сСт	2,5-4,0	3,5-6,0	3,5-8,0	5,0-8,5	5,0-8,5
Температура вспышки в закрытом тигле, в С не ниже	35	50	60	65	65
Температура помутнения, в ° С не ниже	-	-35	-5	-	-
Температура застывания, в ° С не ниже	-60	-45	-10	-35	-10

Дизельное топливо марок ДЛ и Л предназначено для летней эксплуатации ( ДЛ – при температуре воздуха выше нуля, а Л – при температуре не ниже -5° С ). Дизельное топливо ДЗ должно применяться зимой в средней и южной климатических зонах страны при температуре воздуха не ниже – 30° С. Топливо ДА ( дизельное арктическое ) предназначено для использования в зимних условиях эксплуатации при температуре воздуха ниже -30 С. По ГОСТу 4749-49 могут применяться смеси дизельного топлива с тракторным керосином. Например, при отсутствии арктического топлива ДА может применяться смесь 50% топлива ДЗ и 50% тракторного

керосина. При отсутствии зимнего топлива ДЗ может быть использована смесь топлива ДЛ и керосина в соотношении 1:1 или 2:1.

#### **10.4. Требования к системе питания дизельного двигателя.**

В быстроходных дизелях процесс сгорания происходит в течение очень короткого промежутка времени (несколько миллисекунд). Вследствие этого полное и своевременное сгорание топлива и хорошее использование воздуха, заключенного в цилиндрах двигателя, могут быть достигнуты только при соблюдении следующих условий:

- топливо должно поступать в камеры сгорания в мелко-распыленном состоянии, с размером капель 5-50мкм;
- форма, направление и глубина проникновения факела распыленного топлива должны сочетаться с формой и размерами камеры сгорания и с направлением потока движущегося в ней воздуха;
- момент начала подачи топлива и продолжительность подачи должны обеспечить подготовку топлива к сгоранию и протекание процесса горения вблизи в.м.т. поршня;
- в начальный период подачи топлива должна происходить с возможно малой скоростью, чтобы на протяжении периода задержки воспламенения в камеру сгорания попало небольшое количество топлива. Это необходимо для получения малой скорости нарастания давления;
- в последующий, основной, период подача топлива должна происходить с высокой скоростью, обеспечивающей поступление всего необходимого для получения требуемой мощности двигателя заряда топлива при повороте коленчатого вала двигателя на угол 10-20° С;
- прекращение подачи топлива (отсечка) должно быть резким, так как растягивание заключительного периода подачи топлива ведет к догоранию топлива на линии расширения и к коксованию распыливающих отверстий форсунок;
- в каждый цилиндр должно подаваться строго одинаковое количество топлива в последовательности, соответствующей порядку их работы;
- подача топлива на каждый рабочий цикл должна изменяться в зависимости от нагрузки двигателя;
- для осуществления экономичного рабочего цикла (со сгоранием топлива вблизи в.м.т.) при работе двигателя в широком



диапазоне частоты вращения вала целесообразно введение приспособления, автоматически изменяющего момент начала подачи топлива;

- при пуске должно подаваться увеличенное количество топлива, так как его значительная часть, попадая на холодные стенки камеры сгорания, не будет воспламеняться и сгорать;

- перед поступлением в топливный насос топливо должно быть тщательно профильтровано, для того чтобы содержащиеся в нем посторонние частицы не приводили к ускоренному износу плунжерных пар и точно обработанных деталей распылителей форсунок. С той же целью топливо перед заливкой в топливный бак автомобиля должно быть отстояно.

### **10.5. Устройство системы питания топливом.**

Система питания топливом обеспечивает очистку топлива и равномерное распределение его по цилиндрам двигателя строго дозированными порциями. На двигателях КамАЗ применена система питания топливом разделенного типа, состоящая из топливного насоса высокого давления, форсунок, фильтров грубой и тонкой очистки, топливоподкачивающего насоса низкого давления, топливопроводов низкого и высокого давлений, топливных баков, электромагнитного клапана и факельных свечей, электрофакельного пускового устройства.

Принципиальная схема системы питания показана на рисунке 10.5. Топливо из бака через фильтр грубой очистки засасывается топливоподкачивающим насосом и через фильтр тонкой очистки по топливопроводам низкого давления подается к топливному насосу высокого давления; согласно порядку работы цилиндров двигателя насос распределяет топливо по топливопроводам высокого давления к форсункам. Форсунки распыляют и впрыскивают топливо в камеры сгорания. Избыточное топливо, а вместе с ним и попавший в систему воздух, через перепускной клапан топливного насоса высокого давления и клапан-жиклер фильтра тонкой очистки по дренажным топливопроводам отводятся в топливный бак. Топливо просачивается через зазор между корпусом распылителя и иглой, сливается в бак через сливные топливопроводы.

Автомобили. Типаж и конструкция

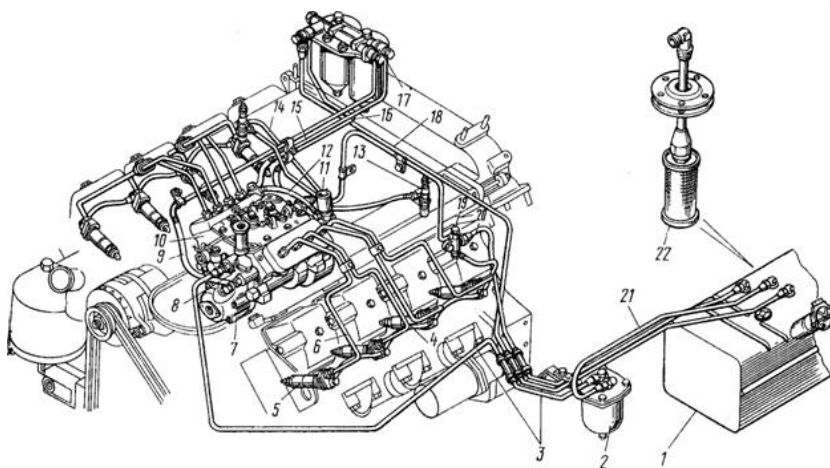


Рисунок 10.5. Схема питания двигателя топливом: 1 – бак топливный; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – трубка топливная подводящая к насосу низкого давления; 4 – трубка топливная дренажная форсунок левых головок; 5 – форсунка; 6 – трубка топливная высокого давления; 7 – насос топливоподкачивающий низкого давления; 8 – насос топливоподкачивающий ручной; 9 – трубка топливная отводящая насоса низкого давления; 10 – насос топливный высокого давления; 11 – клапан электромагнитный; 12 – трубка топливная к электромагнитному клапану; 13 – свеча факельная; 14 – трубка топливная дренажная форсунок правых головок; 15 – трубка топливная подводящая ТНВД; 16 – трубка топливная отводящая ТНВД; 17 – фильтр тонкой очистки топлива; 18 – трубка топливная фильтра тонкой очистки топлива; 19 – тройник крепления топливных трубок; 20 – трубка топливная сливная; 21 – топливопровод к фильтру грубой очистки; 22 – труба приемная с фильтром

Фильтр грубой очистки (отстойник) (рисунок 10.6) предварительно очищает топливо, поступающее в топливоподкачивающий насос низкого давления. Он установлен на всасывающей магистрали системы питания с левой стороны автомобиля на раме.

Стакан соединен с корпусом четырьмя болтами и уплотнен кольцом. Снизу в бобышку колпачка ввернута сливная пробка. Топливо, поступающее из топливного бака через подводящий штуцер, стекает в стаканы. Крупные частицы и вода собираются в нижней

Автомобили. Типаж и конструкция

части стакана. Из верхней части через фильтрующую сетку по отводящему штуцеру и топливопроводам топливо подается к топливодкачивающему насосу.

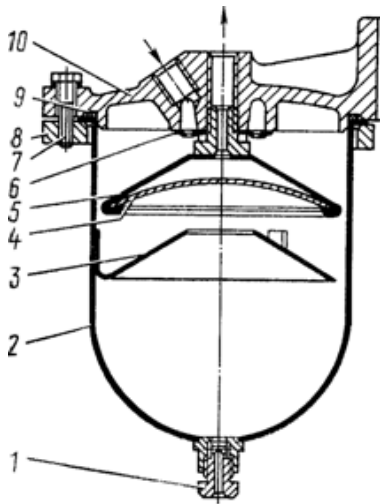


Рисунок 10.6. Фильтр грубой очистки топлива: 1 – пробка сливная; 2 – стакан; 3 – успокоитель; 4 – сетка фильтрующая; 5 – отражатель; 6 – распределитель; 7 – болт; 8 – фланец; 9 – кольцо уплотнительное; 10 – корпус

Фильтр тонкой очистки (рисунок 10.7) окончательно очищающий топливо перед поступлением в топливный насос высокого давления, установлен в самой высокой точке системы питания для сбора и удаления в бак проникшего в систему питания воздуха вместе с частью топлива через клапан-жиклер, установленный в корпусе. Начало сдвига клапана-жиклера происходит при давлении в полости 24,5 -44,1 кПа (0,2 -0,45 кгс/см<sup>2</sup>), а начало перепуска топлива из полости А в полость В – при давлении в полости А 196,2 - 235,3 кПа (2,0 – 2,4 кгс/см<sup>2</sup>). Регулируется клапан подбором регулировочных шайб внутри пробки клапана.

Топливопроводы подразделяются на топливопроводы низкого 392 – 1961 кПа (4 – 20 кгс/см<sup>2</sup>) и высокого более 19614 кПа (200 кгс/см<sup>2</sup>) давления. Топливопроводы высокого давления изготовлены из стальных трубок, концы которых выполнены конусообразными, и прижаты накидными гайками через шайбы к конусным гнездам штуцеров топливного насоса и форсунок. Во избежание

поломок от вибрации топливопроводы закреплены скобками и кронштейнами.

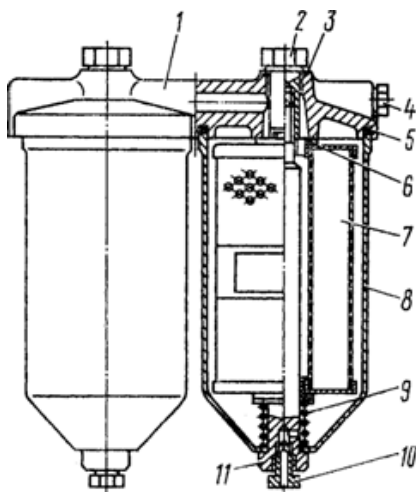


Рисунок 10.7. Фильтр тонкой очистки топлива: 1 – корпус; 2 – болт; 3 – шайба уплотнительная; 4 – пробка; 5, 6 – прокладки уплотнительные; 7 – элемент фильтрующий; 8 – колпак; 9 – пружина фильтрующего элемента; 10 – пробка сливная; 11 – стержень

Насос топливный высокого давления предназначен для подачи в цилиндры двигателя в определенные моменты времени строго дозированных порций топлива под высоким давлением. В корпусе (рисунок 10.8) установлены восемь секций, каждая состоит из корпуса, втулки, плунжера, поворотной втулки, нагнетательного клапана, прижатого через уплотнительную прокладку к втулке плунжера штуцером. Плунжер совершает возвратно-поступательное движение под действием кулачка вала и пружины. При этом по трубопроводам высокого давления топливо подается к форсункам. Толкатель от проворачивания в корпусе зафиксирован сухарем. Кулачковый вал в роликоподшипниках, установленных в крышках и прикрепленных к корпусу насоса. Осевой зазор кулачкового вала регулируется прокладками. Величина зазора должна быть не более 0,1 мм.

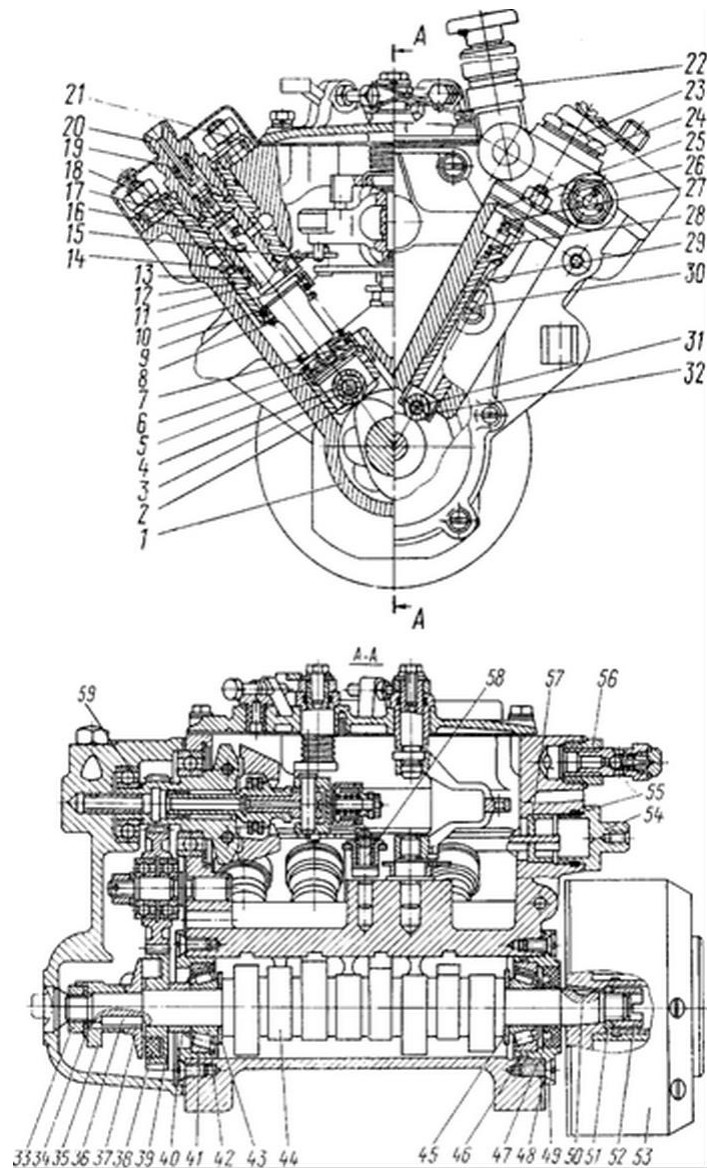


Рисунок 10.8. Топливный насос высокого давления: 1 – корпус; 2, 32 – ролики толкателей; 3, 31 – оси роликов; 4 - втулка ролика; 5 – пята толкателя; 6 – сухарь; 7 – тарелка пружины толкателя; 8 – пружина толкателя; 9, 34, 43, 45, 51 – шайбы; 10 – втулка поворотная; 11 – плунжер; 12, 13, 46, 55 – кольца уплотнительные; 14 – штифт установочный; 15 – рейка; 16 – втулка плунжера; 17 – корпус секции; 18 – прокладка нагнетательного клапана; 19 – клапан нагнетательный; 20 – штуцер; 21 – фланец корпуса секции; 22 – насос ручной топливоподкачивающий; 23 – пробка пружины; 24, 48 – прокладки; 25 – корпус насоса низкого давления; 26 – насос топливоподкачивающий низкого давления; 27 – втулка штока; 28 – пружина толкателя; 29 – толкатель; 30 – винт стопорный; 33, 52 – гайки; 35 – эксцентрик привода насоса низкого давления; 36, 50 – шпонки; 37 – фланец ведущей шестерни регулятора; 38 – сухарь ведущей шестерни регулятора; 39 – шестерня ведущая регулятора; 40 – втулка упорная; 41, 49 – крышки подшипника; 42 – подшипник; 44 – вал кулачковый; 47 – манжета с пружиной в сборе; 53 – муфта опережения впрыскивания топлива; 54 – пробка рейки; 56 – клапан перепускной; 57 – втулка рейки; 58 – ось рычага реек; 59 – прокладки регулировочные

## Автомобили. Типаж и конструкция

Для увеличения подачи топлива плунжер поворачивают втулкой, соединенной через ось поводка с рейкой насоса. Рейка перемещается в направляющих втулках. Выступающий ее конец закрыт пробкой. С противоположной стороны насоса находится винт, регулирующий подачу топлива всеми секциями насоса. Этот винт закрыт пробкой и запломбирован.

Топливо к насосу подводится через специальный штуцер, к которому болтом крепится трубка низкого давления. Далее по каналам в корпусе оно поступает к впускным отверстиям втулок плунжеров.

На переднем торце корпуса, на выходе топлива из насоса установлен перепускной клапан, открытие которого происходит при давлении 58,8-78,5 кПа (0,6 – 0,8 кгс/см<sup>2</sup>). Давление открытия клапана регулируется подбором регулировочных шайб внутри пробки клапана.

Смазывание насоса циркуляционное, под давлением от общей системы смазки двигателя.

Регулятор частоты вращения (рисунок 10.9) всережимный, прямого действия, изменяет количество топлива, подаваемого в цилиндр в зависимости от нагрузки, поддерживая заданную частоту. Регулятор установлен в развале корпуса топливного насоса высокого давления. На кулачковом валу насоса установлена ведущая шестерня регулятора, вращение на которую передается через резиновые сухари. Ведомая шестерня выполнена заодно с державкой грузов, вращающейся на двух шарикоподшипниках. При вращении державки грузы, качающиеся на осях, под действием центробежных сил расходятся и через упорный подшипник перемещают муфту. Муфта, упираясь в палец, в свою очередь перемещает рычаг муфты грузов. Рычаг одним концом закреплен на оси, а другим – через штифт соединен с рейкой топливного насоса. На оси закреплен рычаг Э другой конец которого перемещается до упора в регулировочный болт подачи топлива. Рычаг передает усилие рычагу через корректор.

Автомобили. Типаж и конструкция

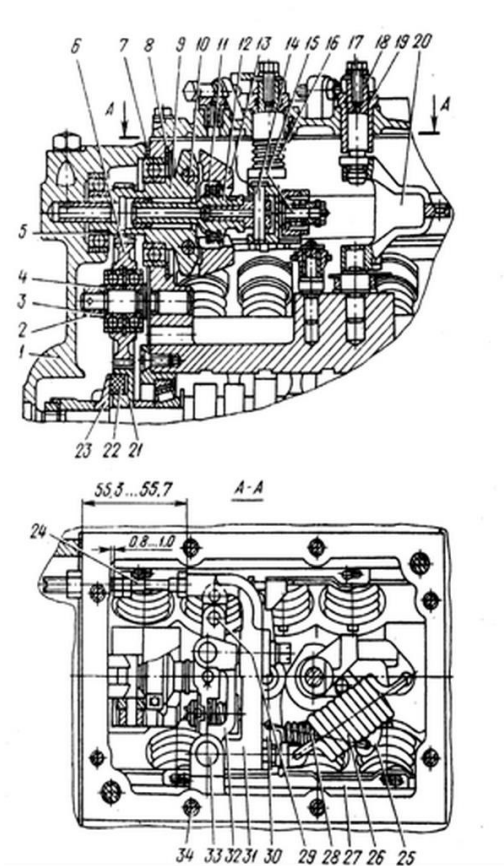


Рисунок 10.9. Регулятор частоты вращения: 1 – крышка задняя; 2 – гайка; 3 – шайба; 4 – подшипник; 5 – прокладка регулировочная; 6 – шестерня промежуточная; 7 – прокладка задней крышки регулятора; 8 – кольцо стопорное; 9 – державка грузов; 10 – ось груза; 11 – подшипник упорный; 12 – муфта; 13 – груз; 14 – палец; 15 – корректор; 16 – пружина возвратная рычага останова; 17 – болт; 18 – втулка; 19 – кольцо; 20 – рычаг пружины регулятора; 21 – шестерня ведущая; 22 – сухарь ведущей шестерни; 23 – фланец ведущей шестерни; 24 – болт регулировочный подачи топлива; 25 – рычаг стартовой пружины; 26 – пружина регулятора; 27 – рейка; 28 – пружина стартовая; 29 – штифт; 30 – рычаг реек; 31 – рычаг регулятора; 32 – рычаг муфты грузов; 33 – ось рычагов регулятора; 34 – болт крепления верхней крышки

## Автомобили. Типаж и конструкция

Во время работы регулятора в определенном режиме центробежные силы грузов уравновешены усилием пружины. При увеличении частоты вращения коленчатого вала регулятора, преодолевая сопротивление пружины, грузы перемещают рычаг регулятора с рейкой топливного насоса – подача топлива уменьшается. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала центробежная сила грузов уменьшается, и рычаг регулятора с рейкой топливного насоса под действием усилия пружины перемещается в обратном направлении – подача топлива и частота вращения коленчатого вала увеличивается.

Подача топлива включается поворотом рычага останова до упора в болт, при этом рычаг, преодолев усилие пружины, через штифт перевернет рычаги, рейка переместится до полного выключения подачи топлива. При снятии усилия с рычага останова под действием пружины рычаг возвратится в рабочее положение, а стартовая пружина через рычаг вернет рейку топливного насоса в положение максимальной подачи топлива, необходимой для пуска.

Топливный насос низкого давления поршневого типа предназначен для подачи топлива от бака через фильтр грубой и тонкой очистки к впускной полости насоса высокого давления. Насос установлен на задней крышке регулятора. В корпусе (рисунок 10.8.) установлены поршень, пружина поршня, втулка штока и шток толкателя, во фланце корпуса – впускной клапан и пружина клапана. Эксцентрик кулачкового вала через ролик, толкатель и шток сообщает поршню топливopодкачивающего насоса возвратно-поступательное движение.

Схема работы насоса показана на рисунке 10.10. При опускании толкателя поршень под действием пружины движется вниз. В полости А всасывания создается разрежение, и впускной клапан, сжимая пружину, пропускает в полость топливо. Одновременно топливо, находящееся в нагнетательной полости В, вытесняется в магистраль, минуя нагнетательный клапан, соединенный каналами с обеими полостями. В свободном положении нагнетательный клапан закрывает канал всасывающей полости.

При движении поршня вверх топливо, заполнившее всасывающую полость, через нагнетательный клапан поступает в полость В под поршнем, при этом впускной клапан закрывается. При повышении давления в нагнетательной магистрали поршень не совершает полного хода вслед за толкателем, а остается в положении, которое определяется равновесием сил от давления топлива с одной стороны, от усилия пружины – с другой стороны.



Автомобили. Типаж и конструкция

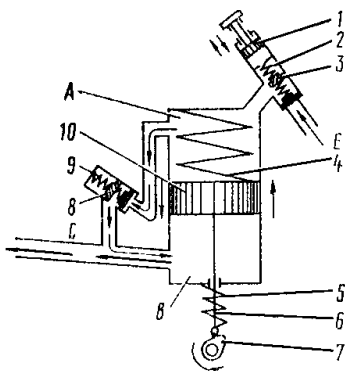


Рисунок 10.10. Схема работы топливного насоса низкого давления и ручного топливоподкачивающего насоса: 1 – клапан впускной; 2, 4, 5, 9 – пружины; 3 – поршень ручного топливоподкачивающего насоса; 6 – толкатель; 7 – эксцентрик; 8 – клапан нагнетательный; 10 – поршень; А – полость всасывания; В – полость нагнетающая; С – подача к топливному насосу высокого давления; Е – подача от фильтра грубой очистки топлива

Ручным топливоподкачивающим насосом заполняется система топливом и удаляется воздух из нее. Насос поршневого типа закреплен на фланце топливного насоса низкого давления с уплотнительной медной шайбой. Насос состоит из корпуса, поршня, цилиндра, рукоятки в сборе со штоком, опорной тарелки и уплотнения.

Систему питания прокачивают движением рукоятки со штоком и поршнем вверх – вниз. При движении рукоятки вверх в подпоршневом пространстве создается разрежение. Впускной клапан, сжимая пружину, открывается, и топливо поступает в полость А топливного насоса низкого давления. При движении рукоятки вниз нагнетательный клапан открывается, и топливо под давлением поступает в нагнетательную магистраль.

После прокачки рукоятку необходимо навернуть на верхний резьбовой хвостовик цилиндра. При этом поршень прижимается к резиновой прокладке, уплотнив всасывающую полость топливного насоса низкого давления. Автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива (рисунок 10.11) изменяет начало подачи топлива в зависимости от частоты вращения колена того вала двигателя. Применение муфты обеспечивает оптимальное для рабо-

Автомобили. Типаж и конструкция

чего процесса начало подачи топлива по всему диапазону скоростных режимов. Этим обеспечивается экономичность и приемлемая жесткость процесса в различных скоростных режимах работы двигателя.

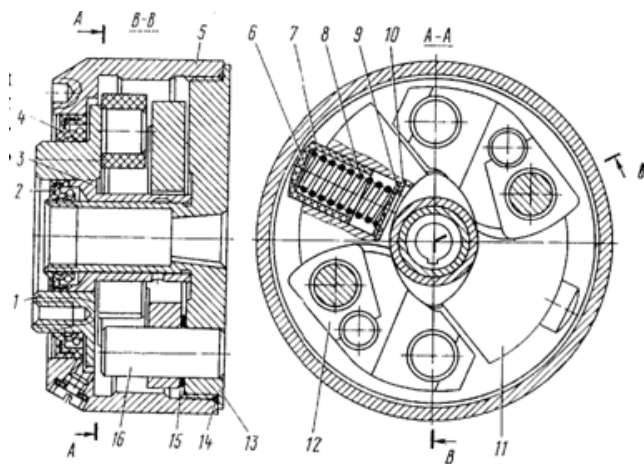


Рисунок 10.11. Муфта автоматическая опережения впрыскивания топлива: 1 – полумуфта ведущая; 2, 4 – манжеты; 3 – втулка ведущей полумуфты; 5 – корпус; 6 – прокладки регулировочные; 7 – стакан пружины; 8 – пружина; 9, 15 – шайбы; 10 – кольцо; 11 – груз с пальцем; 12 – проставка с осью; 13 – полумуфта ведомая; 14 – кольцо уплотни – тельное; 16 – ось грузов

Ведомая полумуфта закреплена на конической поверхности переднего конца кулачкового вала топливного насоса шпонкой и гайкой с шайбой, ведущая полумуфта – на ступице ведомой полумуфты ( может поворачиваться на ней). Между ступицей и полумуфтой установлена втулка. Грузы качаются на осях, запрессованных в ведомую полумуфту, в плоскости перпендикулярной оси вращения муфты. Проставка ведущей полумуфты упирается одним концом в палец груза, другим – в профильный выступ. Пружина стремится удерживать груз на упоре во втулку ведущей полумуфты.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала грузы под действием центробежных сил расходятся, вследствие чего ведомая полумуфта поворачивается относительно ведущей в направлении вращения кулачкового вала, что вызывает увеличение угла опережения впрыска топлива. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузы под действием пружин сходятся, ведомая

Автомобили. Типаж и конструкция

полумуфта поворачивается вместе с валом насоса в сторону, противоположную направлению вращения вала, что вызывает уменьшение угла опережения подачи топлива.

Форсунка (рисунок 10.12) закрытого типа с многодырчатым распылителем и гидравлически управляемой иглой. Все детали форсунки собраны в корпусе. К нижнему торцу корпуса форсунки гайкой присоединены проставка и корпус распылителя, внутри которого находится игла. Корпус и игла распылителя составляют прецизионную пару. Распылитель имеет четыре сопловых отверстия. Проставка и корпус зафиксированы относительно корпуса штифтами. Пружина одним концом упирается в штангу, которая передает усилие на иглу распылителя, другим – в упор.

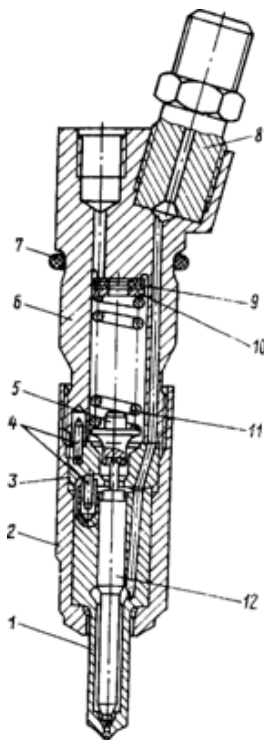


Рисунок 10.12. Форсунка: 1 – корпус распылителя; 2 – гайка распылителя; 3 – проставка распылителя; 4 – штифты установочные; 5 – штанга форсунки; 6 – корпус форсунки; 7 – кольцо уплотни- тельное; 8 – штуцер; 9, 10 – шайбы регулировочные; 11 – пружина форсунки; 12 – игла распылителя

Автомобили. Типаж и конструкция

Топливо в форсунки подается под высоким давлением через штуцер. Далее по каналам корпуса, проставки и корпуса распылителя топливо поступает в полость между корпусом распылителя и иглой и, отжимая ее, впрыскивается в цилиндр. Просочившееся через зазор между иглой и корпусом распылителя топливо отводится через каналы в корпус форсунки. Форсунка установлена в головке цилиндра и закреплена скобой. Уплотнительное кольцо предохраняет полость между форсункой и головкой цилиндров от попадания пыли и воды.

Привод управления подачи топлива (рисунок 10.13) механический, состоит из педали, тяг, рычагов и поперечных валиков, предусмотрен также ручной привод подачи топлива и останова двигателя. Педаль управления подачи топлива связана с рычагом управления регулятором частоты вращения. Рукоятки ручного привода смонтированы на уплотнителе рычага коробки передач: левая – для включения постоянной подачи топлива связана гибким тросом в защитной оболочке с рычагом управления регулятором частоты вращения, правая для останова двигателя – тросом с рычагом останова, который находится на крышке регулятора частоты вращения.

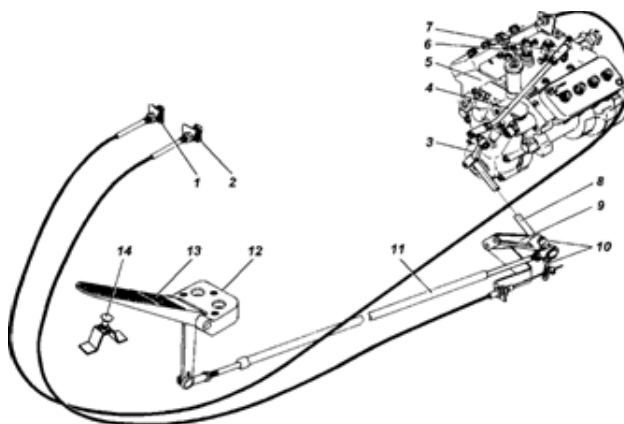


Рисунок 10.13. Привод управления подачей топлива: 1 – рукоятка тяги останова двигателя; 2 – рукоятка тяги ручного управления подачей топлива; 3, 10 – задние рычаги; 4 – тяга рычага управления регулятором; 5 – ТНВД; 6 – рычаг останова двигателя; 7 – рычаг управления регулятором; 8 – поперечный валик; 9 – задний кронштейн; 11 – телескопическая тяга; 12 – кронштейн педали; 13 – педаль; 14 – регулировочный болт

## 10.6. Устройство системы питания воздухом и выпуска отработавших газов.

Система питания двигателя воздухом предназначена для забора воздуха из атмосферы, очистки его от пыли и распределения по цилиндрам. Схема системы изображена на рисунке 10.14. Атмосферный воздух засасывается в цилиндры двигателя, проходя через воздухоочиститель. Очищенный воздух распределяется впускными коллекторами по цилиндрам двигателя, и участвуют в сгорании в составе рабочей смеси. Отработавшие газы проходят по выпускным коллекторам, приемным трубам, глушитель и выбрасываются в атмосферу. Газы, проникшие в картер двигателя через зазоры между зеркалом цилиндра и поршневыми кольцами, удаляются в атмосферу через патрубок и вытяжную трубку за счет избыточного давления.

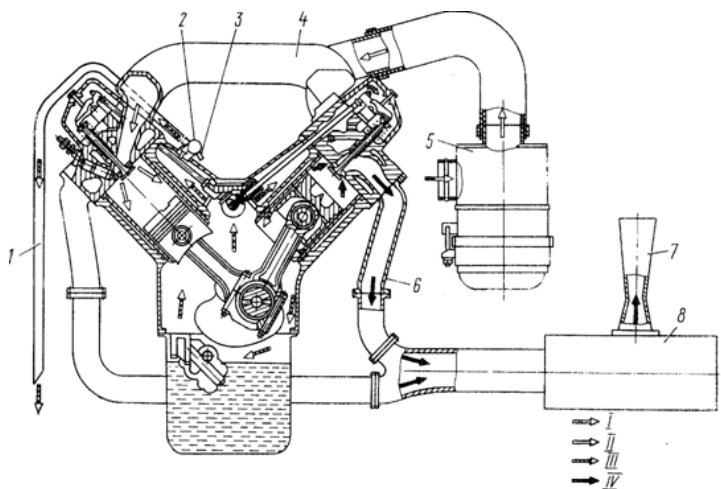


Рисунок 10.14. Схема системы питания двигателя воздухом и выпуска отработавших газов: 1 – трубка сапуна газоотводящая; 2 – сапун; 3 – трубка маслосливная сапуна; 4 – воздухопровод впускной двигателя; 5 – воздухоочиститель; 6 – коллектор выпускной; 7 – патрубок выпускной; 8 – глушитель; I – воздух из атмосферы; II – очищенный воздух; III – картерные газы; IV – отработавшие газы

Автомобили. Типаж и конструкция

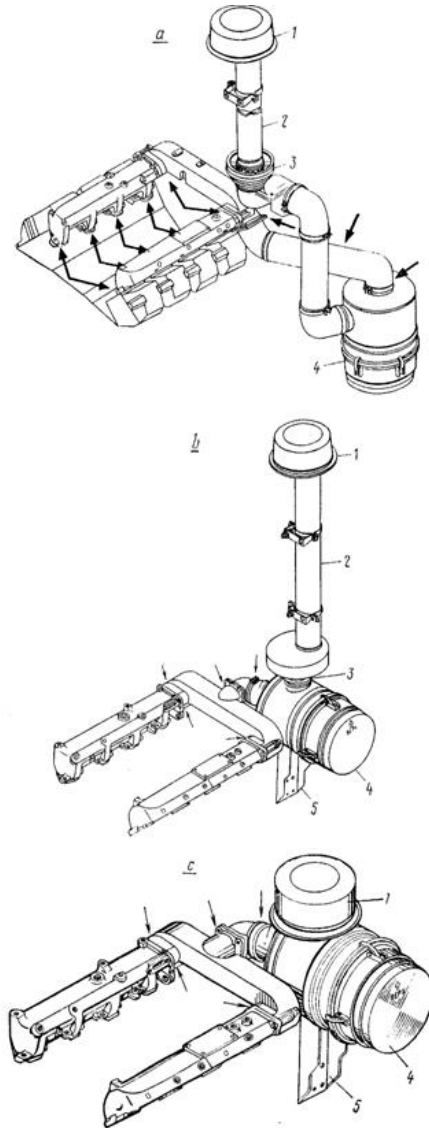


Рисунок 10.15. Схема систем забора воздуха автомобилей:  
 а – моделей 5320 и 55102; б – моделей 53212, 5410 и 54112;  
 с – модели 55111; 1 – колпак; 2 – труба воздухозаборника;  
 3 – уплотнитель; 4 – воздухоочиститель; 5 – кронштейн  
 (стрелками указаны места, подлежащие контролю герметичности  
 при обслуживании системы)

### Автомобили. Типаж и конструкция

На рисунке 10.15. изображена система забора воздуха. Забор воздуха в двигатель осуществляется через воздухозаборник. Между трубой воздухозаборника и воздухопроводами, закрепленными на двигателе, предусмотрен уплотнитель – гофрированный резиновый патрубок, внутрь которого вставлен нажимной диск, служащий опорой для распорной пружины. Последняя обеспечивает герметичность соединения уплотнителя с трубой воздухозаборника при транспортном положении кабины.

Воздухоочиститель закреплен на кронштейне. Воздухоочиститель сухого типа, двухступенчатый. Первая ступень центробежная – моноциклон со сбором отсепарированной пыли в бункер, вторая ступень – бумажный фильтрующий элемент.

Воздухоочиститель (рисунок 10.16) состоит из корпуса, фильтрующего элемента, крышки, прикрепленной к корпусу четырьмя защелками. Герметичность соединения обеспечивается прокладкой. Во внутренней полости крышки установлена перегородка с щелью, которая образует полость сбора пыли (бункер). На входном патрубке воздухоочистителя имеется пылеотбойник. Фильтрующий элемент крепится в корпусе самоконтращейся гайкой.

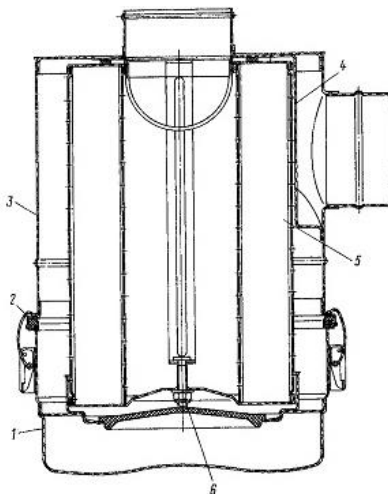


Рисунок 10.16. Воздухоочиститель: 1 – крышка; 2 – прокладка крышки; 3 – корпус; 4 – пылеотбойник; 5 – элемент фильтрующий; 6 – гайка фильтрующего элемента

## Автомобили. Типаж и конструкция

Засасываемый воздух через входной патрубок поступает в фильтр. Пылеотбойник создает вращательное движение потока воздуха в кольцевом зазоре между корпусом и фильтроэлементом, за счет действия центробежных сил частицы пыли отбрасываются к стене корпуса, и собирается в бункере через щель в перегородке, и под влиянием разряжения, которое передается через патрубок отсасывается отработавшими газами в атмосферу. Для этой цели в выпускном трубопроводе двигателя установлен эжектор, соединенный трубопроводом с патрубком.

Затем предварительно очищенный воздух проходит через фильтрующий элемент, где происходит его окончательная очистка. Крышку следует устанавливать так, чтобы стрелка, выполненная на днище, была направлена вверх. Чистый воздух из воздухоочистителя поступает к впускным коллекторам двигателя.

Воздухопроводы впускные закреплены на боковых поверхностях головок цилиндров со стороны развала болтами через уплотнительные паранитовые прокладки и соединены с впускными каналами головок цилиндров. Впускные воздухопроводы левой и правой половин блока соединены между собой соединительным патрубком. Патрубок закреплен на фланцах воздухопроводов болтами. Соединения патрубка с впускными воздухопроводами уплотнены резиновыми прокладками.

Система питания воздухом двигателя КамАЗ-7403 с турбонаддувом отличается от двигателя КамАЗ-740 установкой воздухоочистителя, конструкцией воздухопроводов, впускных коллекторов и патрубков.

Чистый воздух из воздухоочистителя через тройник поступает к двум центробежным компрессорам и под избыточным давлением 70 кПа в режиме максимальной мощности подается через впускные коллекторы в цилиндры.

Соединение тройника подвода воздуха с компрессорами и компрессоров с впускными коллекторами обеспечивается резиновыми патрубками и шлангами, которые стянуты хомутами.

Система выпуска газов (рисунок 10.17) предназначена для выброса в атмосферу отработавших газов. Система состоит из двух выпускных коллекторов, двух приемных труб, гибкого металлического рукава и глушителя.

Каждый выпускной коллектор обслуживает ряд цилиндров и крепится к блоку цилиндров тремя болтами. Коллекторы соединены с головками цилиндров патрубками. Разъемное выполнение соединения коллектор – патрубок – головка позволяет компенсировать тепловые деформации, возникающие при работе двигателя.



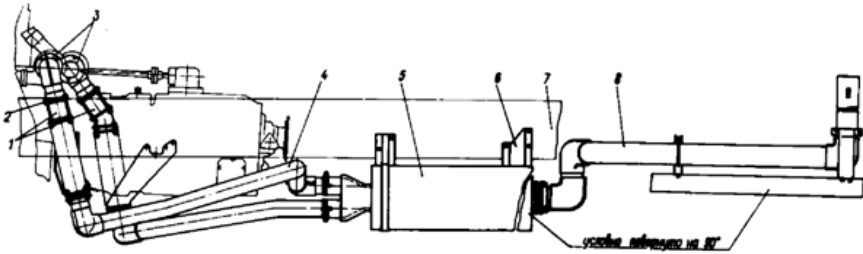


Рисунок 10.17. Система выпуска отработавших газов:

- 1 – соединительные патрубки; 2 – натяжные фланцы;
- 3 – турбокомпрессоры; 4, 8 – трубы выпуска отработавших газов;
- 5 – глушитель; 6 – кронштейны крепления глушителя;
- 7 – лонжерон рамы

Приемные трубы объединены тройником и соединены с глушителем гибким металлическим рукавом, который компенсирует погрешности сборки и температурные деформации деталей системы. В каждой приемной трубе установлена заслонка вспомогательной моторной тормозной системы.

Глушитель шума выпуска активно – реактивный, неразборной конструкции. Активный глушитель работает по принципу преобразования энергии звуковой в тепловую, что осуществляется установкой на пути газов перфорированных перегородок, в отверстиях которых поток газов дробится и пульсация затихает. В реактивном глушителе используется принцип акустической фильтрации звука. Этот глушитель представляет собой ряд акустических камер, соединенных последовательно.