

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

УСТРОЙСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
6-05-1042-01 «Транспортная логистика»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 629.331
ББК 39.33
У82

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«24» сентября 2024 г., протокол № 2

Составители: ст. преподаватель О. А. Пономарева;
ст. преподаватель Е. А. Моисеев

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине
«Устройство транспортных средств» предназначены для студентов специальностей 6-05-1042-01 «Транспортная логистика» дневной и заочной форм обучения.

Учебное издание

УСТРОЙСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

1 Практическое занятие № 1. Изучение конструкции кривошипно-шатунного механизма.....	4
2 Практическое занятие № 2. Изучение конструкции газораспределительного механизма	12
3 Практическое занятие № 3. Изучение конструкции систем охлаждения и смазки.....	16
4 Практическое занятие № 4. Изучение конструкции системы питания двигателей	20
5 Практическое занятие № 5. Изучение конструкции сцепления.....	29
6 Практическое занятие № 6. Изучение конструкции коробок передач.....	32
7 Практическое занятие № 7. Изучение конструкции рулевого управления	36
8 Практическое занятие № 8. Изучение конструкции тормозной системы.....	41
Список литературы	48

1 Практическое занятие № 1. Изучение конструкции кривошипно-шатунного механизма

Цель работы: закрепление знаний по назначению, устройству, работе и конструктивным схемам кривошипно-шатунных механизмов (КШМ) поршневых двигателей; а также изучение назначения, взаимодействия и конструкции их деталей, правил эксплуатации механизма.

1.1 Теоретические сведения

Кривошипно-шатунный механизм на такте расширения (рабочий ход) преобразует прямолинейное поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала, а на остальных тактах – вращательное движение коленчатого вала в прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня.

Базовые детали КШМ можно разделить на:

- *неподвижные* – картер, блок цилиндров, головка блока цилиндров, прокладка головки блока и поддон. Обычно блок цилиндров отливают вместе с верхней половиной картера, поэтому иногда его называют блок-картером;
- *подвижные* – поршни, поршневые кольца и пальцы, шатуны, коленчатый вал и маховик.

Кроме того, к кривошипно-шатунному механизму относятся различные крепежные детали, а также коренные и шатунные подшипники.

Блок цилиндров (БЦ) – главная и наиболее дорогая часть ДВС, составляющая общего устройства КШМ. В нем находятся отверстия цилиндров, где движутся поршни и идет сгорание топлива. Конструктивно выполнен в виде металлического корпуса с цилиндрами, каналами охлаждающей системы, посадочными отверстиями коленвала, распределительного вала. Изготавливается литьем из сплава на основе алюминия или чугуна, для уменьшения веса узла применяются ребра жесткости.

Головка блока цилиндров (ГБЦ) размещается поверх блока цилиндров, оснащается отверстиями под клапаны выпускного/впускного коллектора, фиксирующих элементов для различных узлов силовой установки.

Прокладка БЦ предотвращает разгерметизацию пространства между ГБЦ и блоком цилиндров, получила форму пластины. Для производства уплотнителя используется асбостальной материал толщиной 1,4 мм. Отверстия под цилиндры окантованы листовой сталью, жидкостные гнезда получили окантовку из меди.

Картер ДВС – одна из главных составляющих устройства КШМ. Эта часть корпуса силовой установки размещается ниже блока цилиндров. Между ними находится коленвал. В ходе эксплуатации картер испытывает большие температурные и силовые нагрузки. Чтобы выполнять сложные задачи, выпускается из высокопрочных сплавов (чугун, сплавы на основе алюминия с литьем) и обладает повышенной жесткостью.

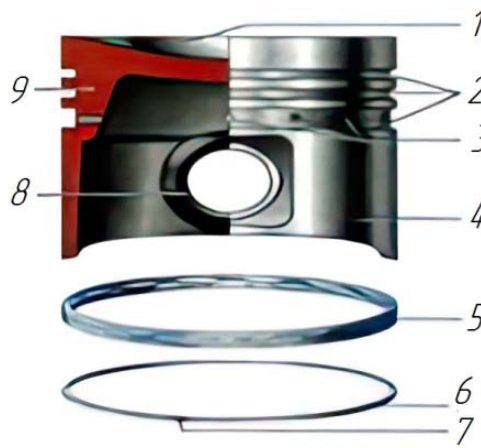
Внутри него размещаются опоры коленвала, цилиндры, отдельные компоненты механизма ГРМ, элементы системы смазки с разветвленной схемой ка-

налов и дополнительными устройствами.

Поддон картера закрывает КШМ снизу и одновременно является резервуаром для масла. Внутри поддонов могут выполняться лотки и перегородки, препятствующие перемещению и взбалтыванию масла при движении автомобиля по неровным дорогам. В нижней точке поддона приваривается бобышка с резьбовым отверстием, которое закрывают пробкой с магнитом для улавливания металлических крошек, образующихся вследствие изнашивания двигателей.

Поршневая группа включает в себя поршень, поршневые кольца, поршневой палец с фиксирующими деталями, шатун.

Поршень (рисунок 1.1) передает давление газов через шатуны коленчатому валу двигателя.



1 – днище поршня; 2 – канавки под поршневые кольца; 3 – отверстия для слива масла; 4 – юбка поршня; 5 – маслосъемное кольцо; 6 – компрессионное кольцо; 7 – замок кольца; 8 – бобышка; 9 – головка поршня

Рисунок 1.1 – Поршень и поршневые кольца

Поршень состоит из днища, канавок для колец, бобышек и юбки. Поршень должен выдерживать высокое давление и температуру. Например, на поршень дизельного двигателя действуют давление 4 МПа и температура 2000 °С.

Конструкция поршня зависит от конструкции камеры сгорания, а качество сгорания топливоздушнoй смеси, в свою очередь, зависит от конструкции поршня. Поршневые кольца, установленные в канавки, герметизируют камеру сгорания со стороны картера. Поршневой палец вставляется в бобышки поршня. Поршень имеет днище 1, уплотняющую и направляющую часть 4 (юбку) (см. рисунок 1.1). Днище и уплотняющая часть составляют головку поршня 9. Форма и конструкция поршня в значительной степени определяются формой камеры сгорания.

При работе двигателя на поршень действуют большие механические и тепловые нагрузки от давления горячих газов. Большую опасность представляет собой перегрев поршня из-за недостаточного его охлаждения. При перегреве прогорает днище поршня, происходит задиры рабочей поверхности цилиндра, залегание колец и даже заклинивание поршня.

Конструкция поршня должна обеспечивать такой зазор между поршнем и цилиндром, который исключал бы стуки поршня после запуска двигателя и заклинивание его в результате теплового расширения при работе двигателя под нагрузкой. Поэтому головка поршня 9 имеет диаметр меньше, чем юбка поршня 4. В быстроходных двигателях, особенно при применении коротких шатунов, скорость изменения силы давления на «зеркало» цилиндра довольно значительна. Это приводит к удару поршня о цилиндр и его повышенному износу.

С внутренней стороны юбки поршня имеются приливы – бобышки 8 с отверстиями под поршневой палец. Для фиксации пальца в бобышках проточены канавки под стопорные кольца. В зоне выхода отверстий на внешних стенках юбки выполняются местные углубления, где стенки юбки не соприкасаются со стенками цилиндров.

Кроме того, в головке поршня 9 имеются канавки под поршневые кольца 2. В нижней канавке находятся дренажные отверстия 3 для отвода масла диаметром 2,5...3 мм. Днище головки является одной из стенок камеры сгорания и воспринимает давление газов, подвергается воздействию пламени и горячих газов. Для увеличения прочности днища и повышения общей жесткости головки ее стенки выполняются с массивными ребрами. Днища поршней изготавливают плоскими, выпуклыми, вогнутыми и фигурными.

Поршневые кольца обеспечивают приемлемую герметичность скользящего соединения между поршнем и цилиндром герметично.

Поршневые кольца делятся на два типа: компрессионные и маслосъемные.

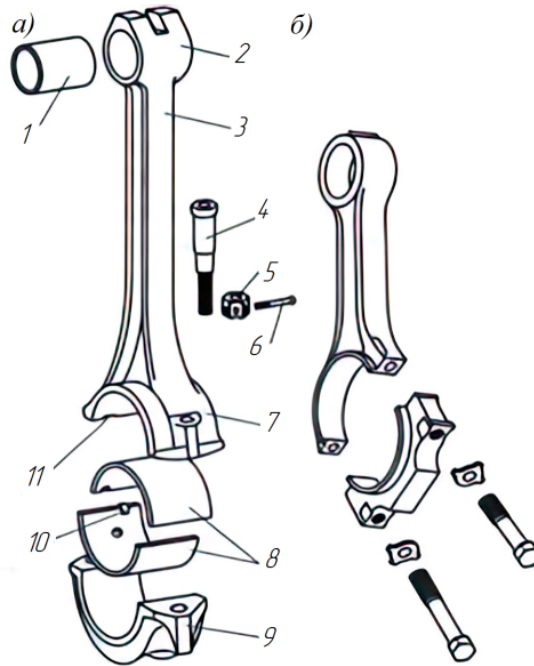
Компрессионные кольца обеспечивают необходимую герметичность, а *маслосъемные кольца* регулируют количество масла на стенках цилиндра. Именно регулируют, а не полностью удаляют, поскольку полное или слишком большое удаление масла приведёт к масляному голоданию соединения поршня со стенками цилиндра в верхней части поршня и последующему заклиниванию поршня в цилиндре.

Большинство поршней двигателей имеют по три кольца: два компрессионных и одно маслосъемное. Хотя поршни двигателей форсированных спортивных автомобилей, постоянно работающие на высоких оборотах, могут иметь всего два кольца, а поршни дизельных автомобильных двигателей, для облегчения запуска, могут иметь четыре кольца, три из которых компрессионные. Производители поршневых колец производят кольца с постепенно уменьшающимся через 0,1 мм зазором, таких подбираемых размеров может быть до 15.

Поршневой палец является осью качания шатуна в соединении с поршнем. Через поршневой палец передаются все силы, возникающие между поршнем и шатуном. Поршневые пальцы полые, изготовлены из хромоникелевой стали, что позволяет им быть легкими, прочными и износостойкими. Наружная поверхность пальца должна быть твердая, а сердцевина вязкая, что достигается специальной обработкой материала.

Шатун двигателя внутреннего сгорания соединяет поршень двигателя с коленчатым валом и во время работы двигателя передаёт все усилия от поршня на коленчатый вал и, наоборот, от коленчатого вала к поршню. При этом шатун совершает достаточно сложное движение. Верхняя головка шатуна совместно с

поршнем совершает возвратно-поступательное движение, а нижняя головка шатуна совместно с шатунной шейкой коленчатого вала совершает круговое движение. Основными элементами шатуна (рисунок 1.2) являются стержень 3, верхняя 2 и нижняя 7 головки.



а – шатун с прямым разъемом; *б* – шатун с косым разъемом; 1 – втулка поршневого пальца; 2 – верхняя головка шатуна; 3 – стержень; 4 – шатунный болт; 5 – гайка; 6 – шплинт; 7 – нижняя головка шатуна; 8 – вкладыши шатунного подшипника; 9 – крышка; 10 – усик вкладыша; 11 – паз нижней головки шатуна

Рисунок 1.2 – Конструкция шатунов

Если поршневой палец плавающего типа, в верхнюю головку шатуна запрессовываются бронзовые или биметаллические втулки 1, изготовленные из стали с залитым во втулку тонким слоем бронзы. Но существуют двигатели с плавающим пальцем в верхней головке шатуна, в которой отсутствует втулка. В этом случае поршневой палец вращается непосредственно в отверстии верхней головки шатуна. Плавающий поршневой палец устанавливается в верхней головке шатуна с установленным зазором (0,015...0,020 мм). Для смазывания плавающего поршневого пальца в верхней головке шатуна может быть сделано отверстие, через которое масло из внутренней полости поршня подаётся к поршневому пальцу. Нижняя головка шатуна служит для соединения его с шатунной шейкой коленчатого вала. Для возможности сборки с валом нижнюю головку шатуна делают разъемной. У карбюраторных двигателей разъем головки сделан, как правило, под углом 90° к оси шатуна. У двигателей некоторых марок в стенке верхней головки шатуна сбоку просверлено специальное отверстие для впрыска масла на стенки цилиндра.

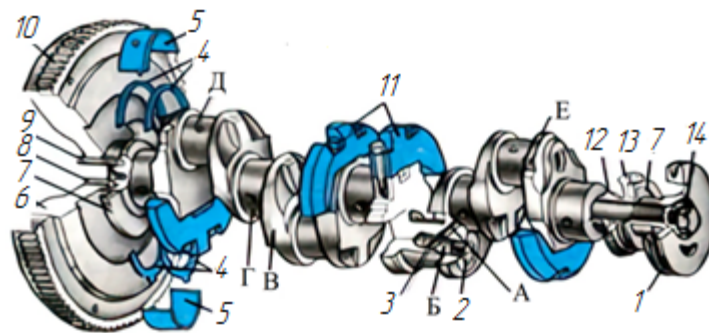
Крышку 9 крепят к шатуну двумя шатунными болтами 4, изготовленными из специальной стали и термически обработанными. Болты имеют шлифован-

ные пояса и точно подогнаны к отверстиям в шатунах и крышке, что обеспечивает высокую точность соединения крышки с шатуном и точность формы подшипника при закреплении крышки. Чтобы избежать ослабления крепления, гайки шатунных болтов надежно стопорят шплинтами, стопорными шайбами или контргайками. В нижнюю головку шатуна вставляются тонкостенные вкладыши подшипников скольжения. Вкладыши подшипника нижней головки шатуна изготавливаются из тонкой стальной ленты, внутренняя поверхность которой залита специальным сплавом, обладающим высокими антифрикционными свойствами и высоким сопротивлением износу.

Шатун изготавливают из углеродистой или специальной стали путем штамповки нагретых заготовок, после чего его подвергают обработке резанием и термической обработке (закалке и отпуску). Стержень шатуна для увеличения прочности имеет двутавровое сечение. При принудительной смазке поршневого пальца в стержне шатуна сверлят специальный канал.

В дизелях шатуны делают особенно прочными и жесткими, т. к. они передают значительно большие усилия, чем шатуны в двигателях с искровым зажиганием.

Коленчатый вал (рисунок 1.3) предназначен для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение.



А – канал подвода масла; *Б* – полость центробежной очистки масла; *В* – щеки кривошипа; *Г* – коренные шейки коленчатого вала; *Д* – шатунные шейки коленчатого вала; *Е* – галтель; *1* – шкив; *2* – пробка; *3* – трубка; *4* – упорные полукольца; *5* – вкладыш коренного подшипника; *6* – маховик; *7* – маслоотражатель; *8* – установочный штифт; *9* – болт крепления маховика; *10* – зубчатый венец; *11* – противовесы; *12* – шестерня коленчатого вала; *13* – ведущая шестерня привода масляного насоса; *14* – болт для проворачивания вала

Рисунок 1.3 – Коленчатый вал двигателя

Шейки подшипников, в которых коленчатый вал вращается в блоке цилиндров, называются *коренными*, шейки подшипников, вращающиеся внутри нижней (большой) головки шатуна, называются *шатунными*.

Коленчатый вал состоит из *коренных Г* и *шатунных Д* шеек, соединенных *щеками В*, к которым крепятся противовесы *11* (могут быть отлитыми как одно целое с валом) переднего конца коленчатого вала. На передний конец вала устанавливаются шестерня привода газораспределения (шестерня коленчатого вала), шестерня привода масляного насоса, шкив привода водяного насоса *1*

и генератора. На заднем конце коленчатого вала имеются маслоотражательный гребень 7, маслосгонная резьба и фланец (может отсутствовать) для крепления маховика. В торце имеется гладкое отверстие под подшипник для опоры ведущего вала коробки передач. В коренных шейках для масляных каналов выполнены отверстия под углом к пустотелым шатунным шейкам *Б*, где масло дополнительно очищается под действием центробежных сил.

Прочность коленчатого вала зависит не только от его конструкции, но и от материалов, из которых изготовлен коленчатый вал. Подбор необходимого материала – ещё один из примеров компромисса. Чаще всего возникает компромисс между ценой и прочностью, но при этом, для обеспечения необходимой надёжности, необходимо учитывать степень форсированности двигателя, весовые и геометрические характеристики вала. Коленчатый вал двигателей серийных автомобилей, в целях обеспечения расчётной себестоимости производства, изготавливается из литого чугуна. Двигатели более форсированных автомобилей имеют коленчатый вал, изготовленный методомковки из низколегированной стали. Кованные коленчатые валы имеют явное преимущество по весовым, габаритным и прочностным характеристикам перед валами, изготовленными методом литья, поэтому эти валы, в последнее время, находят большее применение.

Вкладыши коренных и шатунных подшипников коленчатого вала тонкостенные, изготовленные из биметаллической полосы. По внутреннему диаметру основные вкладыши изготавливаются двух размеров в соответствии с номиналом шеек коленчатого вала.

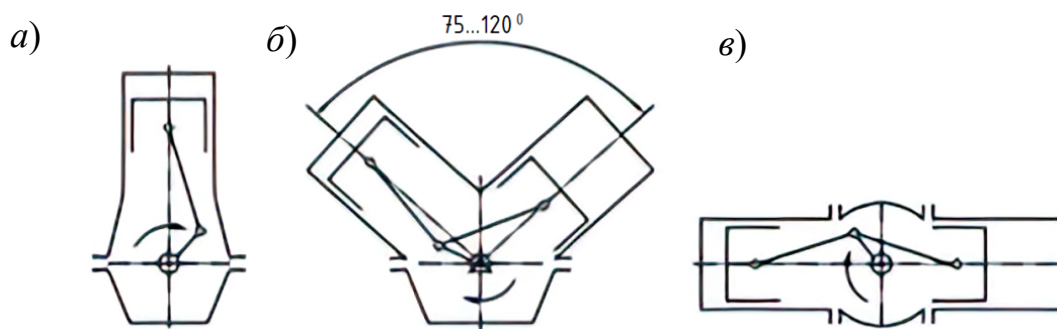
Маховик служит для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала, вывода деталей кривошипного механизма из мёртвых точек, накопления во время такта расширения кинетической энергии, необходимой для вращения коленчатого вала в период между вспышками в отдельных цилиндрах, облегчения пуска двигателя и плавного трогания с места.

Маховик представляет собой массивный чугунный диск, тщательно сбалансированный, на обод которого напрессован зубчатый венец, при помощи которого производится запуск двигателя от стартера. На маховике также монтируется механизм сцепления. Размеры маховика зависят от числа цилиндров. Чем больше число цилиндров у двигателя, тем равномернее следует чередование тактов расширения и тем меньших размеров (меньшей массы) требуется маховик.

Картер маховика крепится к задней стенке блок-картера болтами и представляет собой фасонную отливку из серого чугуна или сплава алюминия. Правильная установка картера маховика обеспечивается установочными штифтами.

Прокладки – это уплотнительный материал, зажимаемый между двумя соприкасающимися деталями и предотвращающий утечку через это соединение жидкостей и газов. Большинство прокладок можно использовать только один раз. Они изготавливаются из мягкого материала, такого как пробка, резина, нитрил, бумага, жаростойкие материалы или графит, или мягких сплавов и металлов, например латуни, меди, алюминия или мягкой листовой стали.

Применяют кинематические схемы КШМ со следующим расположением цилиндров: рядным (рисунок 1.4, *а*), V-образным (рисунок 1.4, *б*), оппозитным (рисунок 1.4, *в*).



а – рядное вертикальное; б – двурядное V-образное; в – оппозитное

Рисунок 1.4 – Схемы расположения цилиндров двигателей

Самый простой двигатель – рядный (их обычно обозначают R2, R3, R4 и т. д. в зависимости от числа цилиндров). С увеличением числа цилиндров двигатель становится длиннее.

Для уменьшения длины двигателя и увеличения жесткости основных деталей и узлов конструкции применяют V-образные схемы КШМ (обозначают V2, V4, V6, V8 и т. д.), в которых блоки цилиндров располагаются под углом $90^\circ \dots 120^\circ$. V-образные двигатели с углом «развала» между блоками 180° называют оппозитными. Такие двигатели конструктивно сложнее рядных, т. к. имеют как минимум вдвое больше головок цилиндров, коллекторов и валов механизма газораспределения, привод которого также более сложный.

Оппозитные двигатели получаются еще и намного шире рядных. Поэтому они в основном используются для транспортных средств, в которых необходимо иметь двигатель небольшой высоты, например в автобусах с расположением силового агрегата под полом салона.

1.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции автомобильных двигателей), детали КШМ и инструмент, изучить следующие вопросы:

- 1) назначение КШМ и предъявляемые к нему требования;
- 2) конструкции блока цилиндров, нумерация цилиндров при их различном расположении;
- 3) устройство гильз цилиндров;
- 4) конструкция головок цилиндров и формы камер сгорания;
- 5) поршни и их элементы, предохранение поршня от заклинивания, особенности конструкции поршней двигателей;
- 6) поршневые кольца, их виды и расположение на поршне;
- 7) поршневой палец и способы его крепления в поршне;
- 8) шатун, шатунные подшипники;
- 9) коленчатый вал и его элементы, формы валов в зависимости от количества и расположения цилиндров, осевая фиксация вала, гаситель крутильных колебаний, маховик;

- 10) коренные подшипники;
- 11) уплотнения коленчатого вала;
- 12) условия работы и материалы деталей КШМ;
- 13) основные правила эксплуатации.

1.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

1 Отметить назначение КШМ и предъявляемые к нему требования.

2 Выписать основные параметры, характеризующие КШМ двигателя, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:

- а) тип двигателя;
- б) количество цилиндров;
- в) порядок работы;
- г) диаметр цилиндра, мм;
- д) ход поршня, мм;
- е) мощность, кВт;
- ж) рабочий объем одного цилиндра, л;
- з) частота вращения коленчатого вала, об/мин;
- и) степень сжатия;
- к) количество шатунных шеек;
- л) количество коренных шеек;
- м) угол между шатунными шейками коленчатого вала.

3 Начертить схему компоновки КШМ заданной модели автомобиля.

4 Начертить поперечные сечения компрессионных колец.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение КШМ.
- 2 Какая деталь является основой двигателя?
- 3 Перечислите детали, составляющие КШМ.
- 4 Сколько коренных и шатунных шеек имеет коленчатый вал двигателя, установленного на заданной модели автомобиля?
- 5 Назначение поддона картера.
- 6 Назовите кольца, устанавливаемые ближе к днищу поршня.
- 7 Назовите основные части поршня.
- 8 Почему диаметр головки поршня меньше диаметра его юбки?
- 9 Как называется зазор в поршневом кольце?
- 10 Чем ограничено осевое перемещение поршневого пальца?
- 11 Назовите основные части шатуна.
- 12 Назовите основные части коленчатого вала.

2 Практическое занятие № 2. Изучение конструкции газораспределительного механизма

Цель работы: закрепление знаний по назначению, классификации, устройству и работе основных типов газораспределительных механизмов ДВС, назначению, взаимодействию и конструкции их деталей, правилам эксплуатации.

2.1 Теоретические сведения

Газораспределительный механизм (ГРМ) служит для своевременного открытия и закрытия клапанов для наполнения цилиндров двигателя горючей смесью или воздухом и выпуска из них отработавших газов.

В ДВС применяется клапанное, золотниковое и комбинированное газораспределение. Автомобильные двигатели имеют клапанный ГРМ из-за его сравнительно простой конструкции и высокой надежности. В настоящее время чаще применяют верхнее расположение клапанов при верхнем расположении распределительного вала (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Газораспределительный механизм

Технически работа ГРМ происходит следующим образом.

1 Коленчатый вал передает крутящий момент посредством привода на распределительный.

2 Кулачок на распределительном валу нажимает на толкатель или коромысло.

3 Клапан перемещается внутрь камеры сгорания, открывая доступ свежему заряду или отработавшим газам.

4 После того, как кулачок проходит активную фазу воздействия, клапан возвращается на место под действием пружины.

Газораспределительный механизм состоит из распределительного вала, толкателей, клапанов, коромысла, штанги, привода.

Коромысло предназначено для воздействия на клапан с целью его откры-

тия. Коромысло представляет собой двуплечий рычаг, изготовленный из стали. В его центре сделано утолщение, в нем выполнено отверстие, куда запрессована втулка. На длинном плече коромысло имеет закаленный боёк, которым оно давит на клапан, а на другом плече резьбовое отверстие, в которое вворачивается регулировочный винт для установления зазора между клапаном и бойком коромысла и обеспечения плотного закрытия клапанов. Коромысло качается на оси, установленной на стойках, прикрученных к ГБЦ.

Распределительный вал предназначен для своевременного открытия и закрытия клапанов в определенной последовательности. Кулачки и опорные шейки распределительного вала отлиты заодно с ним.

Кулачки подвергаются закалке токами высокой частоты. Шейки вала вращаются во втулках, запрессованных в блоке. Втулки могут быть изготовлены из бронзы, металлокерамики или из стали. Смазываются механизмы ГРМ под давлением через канал блока. В одной или двух имеется отверстие для подвода масла в канал блока, откуда оно подается к коромыслам.

Распределительный вал приводится в движение от коленчатого вала при помощи *привода*, который может быть цепным, шестеренчатым, ременным.

Клапана служат для периодического открытия и закрытия отверстий впускных и выпускных каналов в зависимости от положения поршней в цилиндре и от порядка работы двигателя. Клапан состоит из головки и стержня. Диаметр впускного клапана больше, чем выпускного, для лучшего наполнения цилиндров свежей горючей смесью. Материал – жаропрочная сталь.

Клапанные пружины предназначены для возврата клапанов в исходное положение и плотного их прилегания к седлам, когда кулачки распределителя отходят от клапанов. Пружина одной стороной упирается в шайбу, расположенную на головке цилиндров, а другой – в упорную тарелку.

Упорные тарелки удерживают пружины на клапанах с помощью сухарей.

Сухари предназначены для удержания упорных тарелок на клапанах.

Штанги служат для передачи усилия от толкателей к коромыслам. Их изготавливают из стального стержня.

Толкатели предназначены для передачи усилия от кулачков распределительного вала через штанги к коромыслам. Изготовлены из стали в виде малых цилиндрических стаканов.

Установлено, что для лучшего наполнения цилиндра двигателя свежей горючей смесью или воздухом и более полной очистки его от отработавших газов клапаны нужно открывать не в те моменты, когда поршень находится в мертвых точках, а с некоторым опережением при открытии и запаздыванием при закрытии.

Фазами газораспределения (рисунок 2.2) называются отклонения кривошипа коленчатого вала относительно его верхнего и нижнего положений в начале открытия или в конце закрытия клапанов. Эти отклонения выражаются в градусах окружности.

Выпускной клапан всегда открывается со значительным опережением, т. е. прежде чем кривошип во время рабочего хода дойдет до крайнего нижнего положения. Опережение открытия этого клапана ($44^{\circ} \dots 50^{\circ}$ окружности) позволя-

ет продуктам сгорания выходить из цилиндра до того, как поршень начнет подниматься. Это предохраняет двигатель от перегрева и уменьшает потерю мощности, затрачиваемой на совершение такта выпуска. Чтобы лучше очистить цилиндр от отработавших газов, выпускной клапан закрывается с небольшим запаздыванием, т. е. после того, как кривошип отойдет от верхнего крайнего положения ($13^{\circ}\dots 27^{\circ}$).



Рисунок 2.2 – Диаграмма фаз газораспределения двигателя ГАЗ-53

Впускной клапан открывается с небольшим опережением. В этом случае впускной и выпускной клапаны в течение короткого времени одновременно открыты (перекрытие клапанов). Опережение открытия впускного клапана ($9^{\circ}\dots 24^{\circ}$) обеспечивает его наибольший подъем к моменту поступления горючей смеси в цилиндр и его лучшего заполнения. Закрывается впускной клапан всегда со значительным запаздыванием ($51^{\circ}\dots 64^{\circ}$) для того, чтобы увеличить наполнение цилиндра горючей смесью за счет его инерции и небольшого разрежения в цилиндре, когда поршень находится около мертвой точки.

Углы опережения и запаздывания не являются общими для всех двигателей. Более мощные и быстроходные имеют большие значения этих интервалов. Для правильной установки фаз газораспределения шестерни привода имеют метки, в соответствии с которыми соединяют шестерни распределительного механизма при сборке двигателя.

2.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции автомобильных двигателей), детали ГРМ и инструмент, изучить следующие вопросы:

- 1) назначение, классификация, устройство и работа ГРМ двигателей;
- 2) достоинства и недостатки ГРМ с верхним и нижним расположением клапанов;
- 3) особенности газораспределения двухтактных двигателей;
- 4) ГРМ с различным расположением распределительного вала;

- 5) фазы газораспределения, диаграмма фаз, механизмы изменения фаз;
- 6) конструкция и материалы впускных и выпускных клапанов, зазоры между клапаном и приводом, их регулирование, механизм поворота клапана;
- 7) привод ГРМ (зубчатая передача прямого зацепления или с промежуточными шестернями, цепная, ременная или комбинированная передача);
- 8) типы толкателей;
- 9) основные правила эксплуатации ГРМ.

2.3 *Содержание отчета*

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

- 1 Записать назначение и принцип работы ГРМ двигателя.
- 2 Выписать конструктивные особенности ГРМ двигателя, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:
 - а) расположение клапанов;
 - б) расположение распределительного вала;
 - в) привод на распределительный вал;
 - г) количество кулачков на распределительном валу;
 - д) количество клапанов на одном цилиндре;
 - е) количество пружин на одном клапане;
 - ж) тип толкателей.
- 3 Зарисовать принципиальную схему ГРМ двигателя, диаграмму фаз газораспределения, распределительного вала, указать их элементы, материал.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и классификация ГРМ.
- 2 Достоинства и недостатки различных компоновочных схем механизмов газораспределения.
- 3 Материалы основных деталей ГРМ.
- 4 Фазы газораспределения.

3 Практическое занятие № 3. Изучение конструкции систем охлаждения и смазки

Цель работы: закрепление знаний по назначению, классификации и устройству автомобильных двигателей, принципу их действия, устройству узлов и деталей систем охлаждения и смазки, правилам эксплуатации.

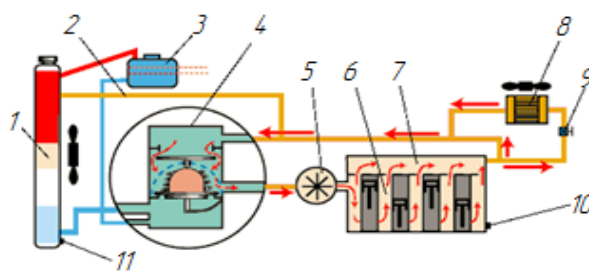
3.1 Теоретические сведения

Система охлаждения поддерживает оптимальный температурный режим двигателя, предупреждает перегрев деталей, обеспечивает эффективность, надежность и долговечность работы двигателя, а также:

- автоматическое поддержание оптимального теплового режима независимо от режима работы двигателя и внешних условий;
- быстрый прогрев двигателя до рабочей температуры;
- длительное сохранение теплоты после остановки двигателя;
- малые энергетические затраты, связанные с приводом агрегатов системы охлаждения.

В зависимости от рабочего тела, используемого для охлаждения, системы охлаждения делят на системы жидкостного и воздушного охлаждения. По принципу вывода теплоты различают замкнутые системы охлаждения, в которых циркулирует постоянное количество рабочего тела, в свою очередь охлаждаемого в специальных охладителях, рассеивающих теплоту, и незамкнутые, в которых теплота отводится во внешнюю среду вместе с рабочим телом.

В ДВС наибольшее распространение получили системы жидкостного охлаждения (рисунок 3.1) из-за большей интенсивности охлаждения, по сравнению с воздухом, и возможности гибкого управления такой системой.



1 – радиатор; 2 – патрубок для циркуляции охлаждающей жидкости; 3 – расширительный бачок; 4 – термостат; 5 – водяной насос; 6 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 7 – рубашка охлаждения головки блока; 8 – радиатор отопителя с электроventилиатором; 9 – кран радиатора отопителя; 10 – пробка для слива охлаждающей жидкости из блока; 11 – пробка для слива охлаждающей жидкости из радиатора

Рисунок 3.1 – Схема системы охлаждения двигателя

Система охлаждения состоит из (см. рисунок 3.1) рубашки охлаждения блока и головки блока цилиндров (поз. 6 и 7), центробежного насоса (поз. 5), термостата (поз. 4), радиатора с расширительным бачком (поз. 1 и 3), вентиля-

тора (поз. 12), соединительных патрубков и шлангов (поз. 2).

Рубашка охлаждения двигателя состоит из множества каналов в блоке и головке блока цилиндров, по которым циркулирует охлаждающая жидкость.

Насос центробежного типа заставляет жидкость перемещаться по рубашке охлаждения двигателя и всей системе. Насос приводится в действие ременной передачей от шкива коленчатого вала двигателя. Натяжение ремня регулируется отклонением корпуса генератора или натяжным роликом привода распределительного вала двигателя.

Термостат предназначен для поддержания постоянного оптимального теплового режима двигателя.

Радиатор служит для охлаждения проходящей через него жидкости за счет потока воздуха, который создается при движении автомобиля или с помощью вентилятора. В радиаторе имеется множество трубок и «перепонок», которые образуют большую площадь поверхности охлаждения.

Расширительный бачок необходим для компенсации изменения объема и давления охлаждающей жидкости при ее нагреве и охлаждении.

Вентилятор предназначен для принудительного увеличения потока воздуха, проходящего через радиатор движущегося автомобиля, а также для создания потока воздуха в случае, когда автомобиль стоит без движения с работающим двигателем.

Патрубки и шланги служат для соединения рубашки охлаждения двигателя с термостатом, насосом, радиатором и расширительным бачком.

Основное назначение *системы смазки* – уменьшение потерь на трение, износа трущихся поверхностей и отвод от них теплоты.

В зависимости от способа организации подвода масла к трущимся поверхностям системы смазки делят на системы с *разбрызгиванием масла, принудительные и комбинированные*.

Система смазки с разбрызгиванием масла применяется в простейших двигателях, имеющих, как правило, в качестве подшипников коленчатого и распределительного валов подшипники качения.

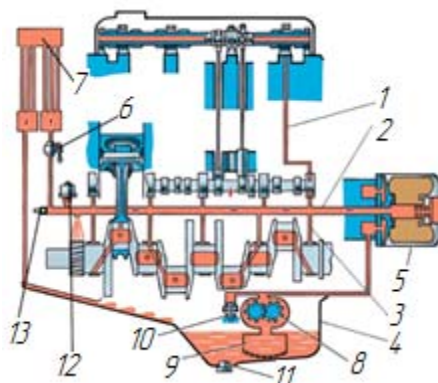
Принудительная смазочная система применяется в форсированных двигателях, в которых для устранения перегрева трущихся поверхностей и масла с помощью специальных насосов создается его интенсивная циркуляция через все подшипники, валы, охладители и фильтры.

Комбинированные системы смазки позволяют упростить конструкцию двигателя, т. к. часть элементов смазывается разбрызгиванием, а часть наиболее нагруженных – принудительно.

Смазочная система (рисунок 3.2) состоит из поддона картера 4, масляного насоса 8, маслоприемника с сетчатым фильтром 9, масляного фильтра 5, главной масляной магистрали 2, каналов для подачи масла к подшипникам коленчатого вала 3, просверленных в блоке цилиндров, канала подачи масла к газораспределительному механизму 1, датчика указателя давления 12 и датчика лампы аварийного давления 13.

Поддон картера является резервуаром для хранения масла. При заливке масла через маслозаливную горловину (установлен сетчатый фильтр) оно про-

ходит по пустотам внутри двигателя и опускается в поддон картера. Уровень, имеющегося в поддоне масла определяется масляным щупом через отверстие в картере двигателя.



1 – канал подачи масла к газораспределительному механизму; 2 – главная масляная магистраль; 3 – канал подачи масла к подшипникам коленчатого вала; 4 – поддон картера двигателя; 5 – масляная центрифуга; 6 – кран масляного радиатора; 7 – масляный радиатор; 8 – масляный насос; 9 – маслоприемник с сетчатым фильтром; 10 – редукционный клапан; 11 – пробка для слива масла; 12 – датчик указателя давления; 13 – датчик лампы аварийного давления

Рисунок 3.2 – Система смазывания двигателя

Масляный насос под давлением подает масло (через фильтр и каналы) к трущимся деталям кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов. Насос состоит из двух шестерен и приводится в действие от коленчатого вала двигателя. При вращении шестеренок зубья захватывают масло и нагнетают его в главную масляную магистраль. Насос обеспечивает давление масла в системе 0,25...0,45 МПа.

Масляный фильтр служит для очистки проходящего через него масла от механических примесей. Он устанавливается сразу же после насоса и пропускает через себя все масло, которое далее поступает для охлаждения в масляный радиатор.

Основной принцип работы системы смазки заключается в постоянной подаче масла ко всем трущимся деталям силовой установки независимо от того, в каком режиме происходит работа в данный момент времени.

При включении двигателя смазка посредством насоса начинает циклически циркулировать в системе, проходя через фильтр, далее по центральной магистрали попадает в масляные каналы блока цилиндров. Через них движение происходит к трущимся парам и деталям, максимально нуждающимся в смазке.

3.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции автомобильных двигателей), детали и механизмы систем охлаждения и смазки, изучить следующие вопросы:

- 1) назначение, классификация, устройство и работа систем охлаждения и их частей, материалы деталей;
- 2) назначение термостата и принцип его работы;
- 3) устройства и способы регулирования теплового режима;
- 4) конструкция и работа водяного насоса, пускового подогревателя и отопителя кабины (салона) автомобиля, радиатора, материал деталей;
- 5) правила применения и состав жидкостей с низкой температурой замерзания, их маркировка, свойства и правила безопасности применения;
- 6) основные правила эксплуатации системы охлаждения;
- 7) назначение, классификация, общая схема и принцип работы системы смазки, способы смазки отдельных деталей двигателя;
- 8) устройство и работа масляных насосов, фильтров, радиатора, материал деталей, привод насоса;
- 9) способы подачи масла к трущимся деталям;
- 10) пути прохождения масла в системе смазывания;
- 11) способы очистки и охлаждения масла;
- 12) характеристика моторных масел, маркировка и предъявляемые к ним требования;
- 13) контроль за уровнем масла в картере, давлением и температурой масла;
- 14) основные правила эксплуатации системы смазки.

3.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

- 1 Записать назначение и принцип работы системы охлаждения двигателя.
- 2 Выписать конструктивные особенности системы охлаждения двигателя, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:
 - а) тип насоса;
 - б) тип привода на насос;
 - в) количество и тип термостатов;
 - г) тип привода на вентилятор;
 - д) количество подводящих патрубков;
 - е) количество отводящих патрубков.
- 3 Указать свойства применяемой охлаждающей жидкости.
- 4 Записать назначение и принцип работы системы смазки двигателя.
- 5 Выписать конструктивные особенности системы смазки двигателя, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:
 - а) тип масляного насоса;
 - б) привод на масляный насос;
 - в) количество секций в масляном насосе;
 - г) количество и тип фильтров грубой очистки масла;
 - д) количество и тип фильтров тонкой очистки масла;
 - е) тип системы вентиляции картера.
- 6 Указать марку и свойства масла для двигателя.
- 7 Указать основные правила эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и классификация систем охлаждения двигателей.
- 2 Основные элементы системы охлаждения.
- 3 Назначение и виды термостатов.
- 4 Принцип работы термостата.
- 5 Охлаждающие жидкости, их свойства.
- 6 Назначение и классификация систем смазки ДВС. Требования к системе смазки.
- 7 Основные элементы системы смазки ДВС. Назначение каждого элемента.
- 8 Способы смазки трущихся поверхностей.
- 9 Требования и основные характеристики моторных масел.
- 10 Конструкции и принципы работы масляных фильтров.

4 Практическое занятие № 4. Изучение конструкции системы питания двигателей

Цель работы: закрепление знаний по назначению, устройству и работе системы питания двигателя, а также ее составных частей, правилам эксплуатации.

4.1 Теоретические сведения

Системой питания называется совокупность приборов и устройств, обеспечивающих подачу топлива и воздуха к цилиндрам двигателя и отвод от цилиндров отработавших газов. Система питания служит для приготовления горючей смеси, необходимой для работы двигателя.

Классификация систем питания ДВС представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Классификация систем питания ДВС

В карбюраторной системе питания топливно-воздушная смесь (ТВС) готовится в специальном устройстве – карбюраторе. В основе действия такой системы лежит процесс карбюрации – всасывания бензина через жиклер в смесительную камеру под действием разрежения в диффузоре.

Основной причиной недостатков карбюраторных систем питания является то, что по впускному трубопроводу, соединяющему карбюратор и цилиндры, поступает уже приготовленная ТВС. Пока она поступит в цилиндры, ее состав изменится (за счет того, что часть бензина осядет на стенках впускного трубопровода). Поскольку в большинстве случаев длина впускных трубопроводов от карбюратора к цилиндрам разная, состав смеси в отдельных цилиндрах будет неодинаков. Устранить эту причину недостатков можно, если ТВС готовить непосредственно около каждого цилиндра.

При *центральной впрыске* топливо впрыскивается через одну форсунку в смесительную камеру, где смешивается с воздухом, образуя ТВС.

При *распределенном впрыске* ТВС готовится для каждого цилиндра отдельно.

Основные достоинства систем впрыскивания бензина:

- возможность точного дозирования топлива на всех эксплуатационных режимах работы двигателя;
- раздельное дозирование воздуха и топлива позволяет изменять качество топливовоздушной смеси при одной и той же подаче воздуха;
- хорошая приспособленность к включению в систему управления двигателя;
- повышение мощностных, экономических и экологических показателей двигателя.

Системы впрыска, по сравнению с карбюраторной, дороже и сложнее при производстве и в эксплуатации. Однако в настоящее время только они используются на современных двигателях с искровым зажиганием. При впрыске бензина не требуется устанавливать диффузоры во впускном тракте, и поэтому гидравлическое сопротивление системы впуска значительно меньше, чем в случае применения карбюратора, что повышает наполнение цилиндра двигателя и его мощностные показатели. Этому способствует отсутствие необходимости подогрева впускного тракта.

В двигателях с впрыском бензина достигается большая однородность состава смеси в отдельных цилиндрах вследствие более точной дозировки топлива, подаваемого в каждый цилиндр. Имеется возможность использования топлив с несколько меньшим октановым числом, а также более тяжелых топлив (благодаря принудительному распыливанию). К достоинствам впрыска в цилиндр относятся независимость протекания процесса смесеобразования от положения двигателя, надежный и быстрый пуск при низких температурах.

При впрыске топлива в результате более равномерного, по сравнению с карбюраторным смесеобразованием, распределения состава смеси по цилиндрам уменьшается количество токсичных компонентов в ОГ.

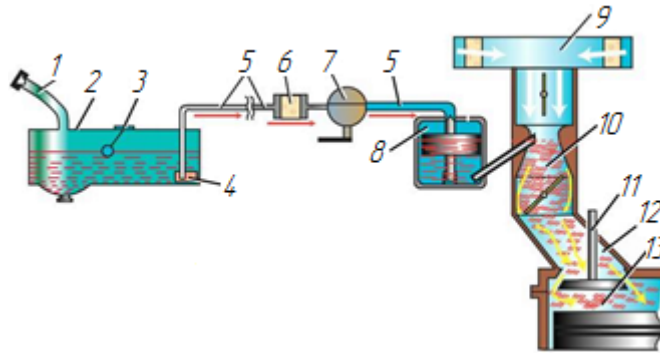
Газовыми называются карбюраторные двигатели, работающие на газообразном топливе – сжатых и сжиженных газах. Особенностью газовых двигателей является их способность работать также и на бензине.

Система питания газовых двигателей имеет специальное газовое оборудование. Имеется также дополнительная резервная система, обеспечивающая при необходимости работу газового двигателя на бензине.

По сравнению с карбюраторными двигателями, газовые более экономичны, менее токсичны, работают без детонаций, имеют более полное сгорание топлива и меньший износ деталей, срок их службы больше в 1,5–2 раза. Однако их мощность меньше на 10 %...20 %, т. к. в смеси с воздухом газ занимает больший объем, чем бензин. У них сложнее система питания, а при обслуживании в эксплуатации необходима более сложная техника безопасности.

Система питания *карбюраторного двигателя* предназначена для приготовления в определенной пропорции из топлива и воздуха горючей смеси, подачи ее в цилиндры двигателя и отвода из них отработавших газов.

Принципиальная схема системы питания карбюраторного двигателя показана на рисунке 4.2.



1 – заливная горловина с пробкой; 2 – топливный бак; 3 – датчик указателя уровня топлива с поплавком; 4 – топливозаборник с фильтром; 5 – топливопроводы; 6 – фильтр тонкой очистки топлива; 7 – топливный насос; 8 – поплавковая камера карбюратора с поплавком; 9 – воздушный фильтр; 10 – смесительная камера карбюратора; 11 – впускной клапан; 12 – впускной трубопровод; 13 – камера сгорания

Рисунок 4.2 – Система питания карбюраторного двигателя

Топливный бак – это емкость для хранения топлива. Обычно он размещается в задней, более безопасной при аварии части автомобиля. От топливного бака к карбюратору бензин поступает по топливопроводам.

Первая ступень очистки топлива – это сетка на топливозаборнике внутри бака. Она не дает возможности содержащимся в бензине крупным примесам и воде попасть в систему питания двигателя.

Топливный фильтр – второй этап очистки топлива. Фильтр располагается в моторном отсеке и предназначен для тонкой очистки бензина, поступающего к топливному насосу (возможна установка фильтра и после насоса).

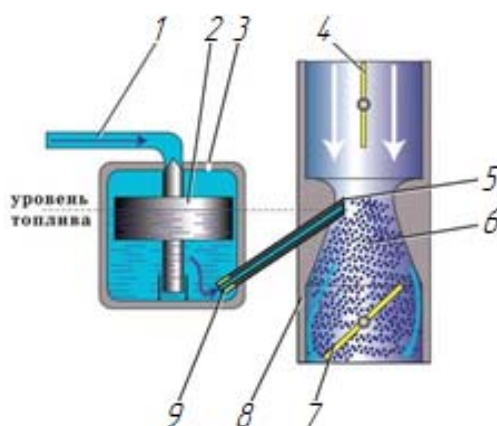
Топливный насос предназначен для принудительной подачи топлива из бака в карбюратор.

Воздушный фильтр необходим для очистки воздуха, поступающего в цилиндры двигателя с ИЗ. Фильтр устанавливается на верхней части воздушной горловины карбюратора. При загрязнении фильтра возрастает сопротивление

движению воздуха, что может привести к повышенному расходу топлива, т. к. горючая смесь будет слишком обогащаться бензином.

Карбюратор предназначен для приготовления горючей смеси и подачи ее в цилиндры двигателя.

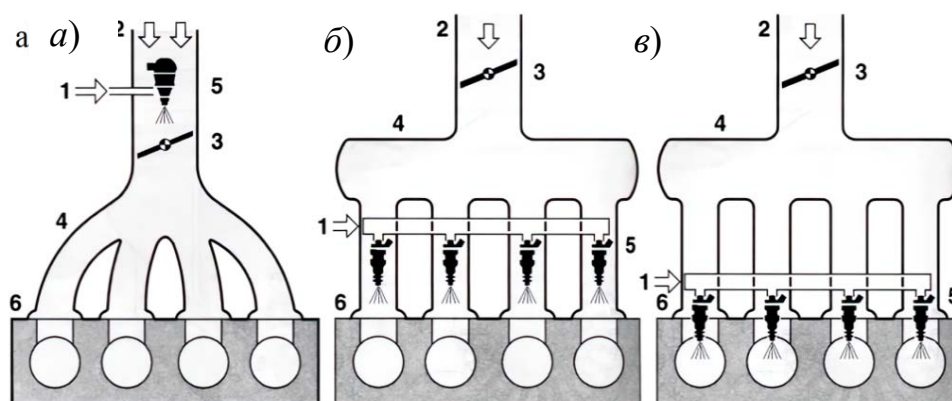
Поплавковый карбюратор состоит из поплавковой камеры, обеспечивающей стабильный приток топлива, смесительной камеры и многочисленных дозирующих систем, состоящих из топливных и воздушных каналов, дозирующих элементов – жиклёров и клапанов. Поплавковые карбюраторы при прочих равных условиях обеспечивают самые стабильные параметры смеси на выходе и обладают самыми высокими эксплуатационными качествами. На рисунке 4.3 приведена схема простейшего карбюратора с падающим потоком.



1 – топливная трубка; 2 – поплавок с игольчатым клапаном; 3 – отверстие для связи поплавковой камеры с атмосферой; 4 – воздушная заслонка; 5 – распылитель; 6 – диффузор; 7 – дроссельная заслонка; 8 – корпус карбюратора; 9 – топливный жиклер

Рисунок 4.3 – Схема устройства и работы простейшего карбюратора

Почти все современные автомобильные бензиновые двигатели оборудованы впрыском топлива. Системы впрыска топлива представлены на рисунке 4.4.



а – центральный впрыск; б – распределенный впрыск; в – непосредственный впрыск; 1 – подача топлива; 2 – поступление воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной коллектор; 5 – форсунки; 6 – двигатель

Рисунок 4.4 – Системы впрыска топлива

По сравнению с карбюраторными системами питания, двигатели с впрыском бензина имеют следующие преимущества.

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

2 Уменьшается сопротивление впускного тракта благодаря отсутствию карбюратора, улучшается наполнение цилиндров рабочей смесью или воздухом, что увеличивает экономичность и мощность двигателя.

3 Можно несколько повысить степень сжатия двигателя вследствие более однородного состава смеси в цилиндрах и возможности организовать продувку (для систем с распределенным циклическим впрыском топлива).

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

5 В отработавших газах содержится меньшее количество окислов углерода, а также других вредных веществ.

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

7 Уменьшается пожарная опасность, т. к. отсутствуют карбюратор и большие объемы, заполненные горючей смесью.

8 При электронном управлении впрыском облегчается возможность отключения подачи топлива на режимах принудительного холостого хода, что значительно уменьшает расход топлива.

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

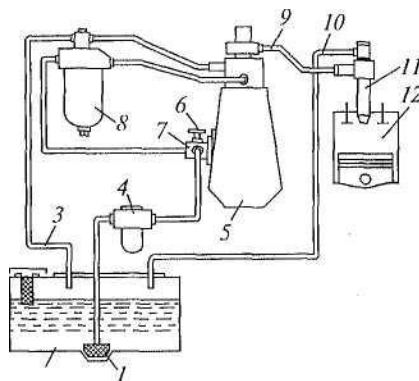
Наряду с указанными преимуществами системы впрыска бензина обладают некоторыми существенными недостатками.

1 Эти системы сложнее, чем карбюраторные системы питания. Наличие прецизионных деталей и чувствительной автоматики для регулирования и корректирования состава смеси обуславливает более высокую стоимость систем впрыска по сравнению с карбюраторными системами.

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

Указанные недостатки до недавнего времени обуславливали ограниченное применение систем питания с впрыском топлива. Однако в связи с бурным развитием средств электроники и повышением их надежности, а также значительной экономией топлива системы впрыска бензина получили широкое применение на автомобильных двигателях.

Система питания непосредственного действия дизельных ДВС служит для очистки топлива и равномерного его распределения дозированными порциями в цилиндры двигателя. В эту систему входят топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки, топливоподкачивающий насос, топливный насос высокого давления (ТНВД), форсунки и топливопроводы (рисунок 4.5).



1 – топливоприемник; 2 – бак; 3, 9, 10 – топливопроводы; 4, 8 – фильтры; 5 – ТНВД; 6 – рукоятка; 7 – топливоподкачивающий насос; 11 – форсунка; 12 – цилиндр

Рисунок 4.5 – Схема системы питания непосредственного действия дизельного ДВС

ТНВД служит для подачи через форсунки в цилиндры двигателя под большим давлением (20...50 МПа) требуемых порций топлива в определенные моменты времени.

Муфта опережения впрыска топлива служит для автоматического изменения угла опережения впрыска топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Муфта повышает экономичность дизеля при различных режимах работы и улучшает его пуск. Муфта устанавливается на переднем конце кулачкового вала топливного насоса высокого давления и с ее помощью насос приводится в действие.

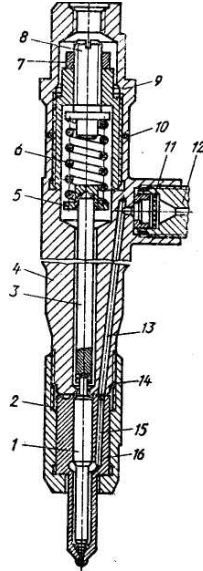
Форсунки служат для впрыскивания под определенным давлением и распыления топлива в цилиндрах двигателя. Форсунки устанавливают и закрепляют в головке цилиндров.

В дизелях наибольшее распространение получили закрытые форсунки (рисунок 4.6). В них сопловые отверстия распылителя закрываются иглой (клапаном), нагруженной пружиной. Игла поднимается под действием давления топлива. Такие форсунки называют форсунками с гидравлическим управлением.

При увеличении давления в камере распылителя игла, преодолевая сопротивление пружины, отрывается от седла. Площадь иглы, на которую действует давление топлива, повышается, и игла резко поднимается вверх до упора в нижний торец корпуса форсунки. Топливо впрыскивается в цилиндр. Просочившееся при работе форсунки через зазор в корпусе распылителя топливо отводится через верхнее отверстие штуцера форсунки, к которому присоединяется сливной трубопровод.

После длительной работы форсунки допускается снижение давления подъема иглы до 13,5 МПа. При проверке давление должно быть восстановлено

до 15...15,5 МПа. Перед регулировкой форсунки необходимо снять ее штуцер и отвернуть контргайку регулировочного винта пружины. Давление подъема иглы распылителя устанавливается в необходимых пределах регулировочным винтом пружины, при ввертывании которого давление повышается, при вывертывании — понижается.



1 – игла распылителя; 2 – накидная гайка; 3 – штанга; 4 – корпус форсунки; 5 – тарелка; 6 – пружина; 7 – гайка; 8 – регулировочный винт; 9 – штуцер; 10 – уплотнитель; 11 – сетчатый фильтр; 12 – топливный канал в штуцере; 13 – топливный канал в корпусе форсунки; 14 – кольцевая канавка; 15 – вертикальные каналы в корпусе распылителя; 16 – распылитель

Рисунок 4.6 – Топливная форсунка

Качество распыливания топлива считается удовлетворительным, если топливо впрыскивается в атмосферу в туманообразном состоянии и равномерно распределяется по поперечному сечению конуса струи. Начало и конец впрыскивания должны быть четкими, подтекание топлива не допускается.

Газовыми называются карбюраторные двигатели, работающие на газообразном топливе – сжатых и сжиженных газах. Особенностью газовых двигателей является их способность работать также и на бензине.

Система питания газовых двигателей имеет специальное газовое оборудование. Имеется также дополнительная резервная система, обеспечивающая при необходимости работу газового двигателя на бензине.

По сравнению с карбюраторными двигателями, газовые более экономичны, менее токсичны, работают без детонаций, имеют более полное сгорание топлива и меньший износ деталей, срок их службы больше в 1,5–2 раза. Однако их мощность меньше на 10 %...20 %, т. к. в смеси с воздухом газ занимает больший объем, чем бензин. У них сложнее система питания и обслуживание в эксплуатации, требующее высокой техники безопасности.

4.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по системе питания двигателей), детали, узлы и приборы системы питания, изучить вопросы:

- 1) назначение и общая схема системы питания карбюраторного двигателя. Взаимное расположение узлов и деталей системы питания на автомобиле;
- 2) топливо для карбюраторных двигателей;
- 3) назначение составных частей системы питания карбюраторных двигателей: карбюратора, топливных фильтров, топливного насоса, топливного бака; воздушного фильтра;
- 4) воздушные фильтры и их классификация;
- 5) принцип действия топливных фильтров, топливного насоса и бака;
- 6) система питания с электронным регулированием впрыска топлива;
- 7) характеристика простейшего карбюратора. Требования к карбюратору;
- 8) устройство и принцип работы простейшего карбюратора;
- 9) схемы основных топливоподающих систем;
- 10) экономайзеры, эконостаты, ускорительные насосы;
- 11) типы карбюраторов, их классификация. Общее устройство и принцип работы карбюратора современного двигателя;
- 12) назначение и основные элементы системы питания;
- 13) способы подачи топлива в дизельных двигателях;
- 14) устройство и работа топливных насосов высокого давления;
- 15) устройство и работа закрытых форсунок;
- 16) устройство и работа муфты опережения впрыска топлива;
- 17) устройство топливных баков и фильтров и топливоподкачивающих насосов дизельных двигателей;
- 18) характеристики дизельного топлива. Цетановое число. Смесеобразование и процесс сгорания топлива.

4.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

1 Определить тип системы питания двигателя, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля. Записать назначение и принцип работы системы питания двигателя.

2 Выписать конструктивные особенности системы питания:

– для карбюраторного двигателя:

- а) тип фильтра грубой очистки;
- б) тип фильтра тонкой очистки;
- в) тип воздушного фильтра;
- г) марка карбюратора;
- д) количество регулировочных винтов;
- е) дозирующие устройства и системы карбюратора;

– для дизельного двигателя:

- а) тип фильтра грубой очистки;
- б) тип фильтра тонкой очистки;
- в) тип воздушного фильтра;
- г) тип ТНВД (многосекционный или распределительный);
- д) количество секций в ТНВД;
- е) форма корпуса ТНВД;
- ж) количество кулачков на кулачковом валу ТНВД;
- з) наличие автоматической муфты опережения впрыска топлива;
- и) тип топливоподкачивающего насоса;
- к) тип форсунок.

3 Указать правила эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое карбюрация?
- 2 Назовите виды горючей смеси.
- 3 Перечислите детали простейшего карбюратора.
- 4 Назовите основные части главной дозирующей системы.
- 5 Назовите виды топливных фильтров.
- 6 Назовите типы воздухоочистителей, применяемых на карбюраторных двигателях.
- 7 Как осуществляется привод бензонасоса?
- 8 Перечислите агрегаты и узлы системы питания и поясните их назначение.
- 9 Назначение и состав системы питания дизельных двигателей.
- 10 Способы смесеобразования в дизелях. Формы камер сгорания.
- 11 Назначение и принцип работы автоматической муфты опережения впрыска топлива.
- 12 Характеристики дизельного топлива.
- 13 Основные элементы и принцип работы ТНВД.
- 14 Принцип регулирования количества и качества смеси, подаваемой в цилиндры дизельных ДВС.
- 15 Конструкция и принцип работы всережимного регулятора ДВС.
- 16 Конструкция и принцип работы двухрежимного регулятора ДВС.
- 17 Основные регулировки ТНВД и форсунок.

5 Практическое занятие № 5. Изучение конструкции сцепления

Цель работы: закрепление знаний по назначению, классификации, устройству, работе сцепления его привода, регулировкам, правилам эксплуатации.

5.1 Теоретические сведения

Сцепление предназначено для кратковременного разъединения работающего двигателя и трансмиссии и последующего их плавного соединения. Необходимость во временном разъединении возникает при переключении передач, торможении автомобиля и его остановки. Плавное соединение требуется после включения соответствующей передачи и при трогании автомобиля с места.

Сцепление должно обеспечивать:

- надежную передачу вращающего момента двигателя на ведущий вал трансмиссии при всех условиях эксплуатации;
- «чистоту» выключения, т. е. быстрое и полное разобщение валов двигателя и трансмиссии;
- плавное включение, т. е. постепенное нарастание момента на валу трансмиссии;
- хороший теплоотвод от трущихся деталей;
- надежное предохранение деталей трансмиссии от перегрузок;
- малый момент инерции ведомых деталей;
- легкость управления и высокую надежность;
- удобство обслуживания и регулировок.

В зависимости от способа передачи вращающего момента, от двигателя к трансмиссии, сцепления подразделяются на:

- *гидравлические* – для передачи используется энергия потока жидкости;
- *электромагнитные* – передача как результат взаимодействия электромагнитных полей;
- *фрикционные* – передача силами трения между деталями.

Фрикционные сцепления получили наибольшее распространение на современных автомобилях. По ряду признаков эти сцепления делятся на группы, в частности:

- *по форме поверхностей трения* – одно-, двух- и многодисковые.

Многодисковые сцепления применяются на большегрузных автомобилях для передачи большого крутящего момента;

- *по конструкции нажимного механизма* – постоянно и непостоянно замкнутые.

Постоянно разомкнутые сцепления осуществляют связь между двигателем и трансмиссией только после достижения коленчатым валом определенной частоты вращения. Включение обычно осуществляется посредством специального механизма, использующего силы инерции, возникающие при вращении деталей (центробежные сцепления).

Наиболее широкое применение нашли постоянно замкнутые сцепления, в которых при нормальном положении элементов осуществляется жесткая

связь двигателя с трансмиссией.;

- *по материалу накладок* – из волокнистых материалов, из порошковых материалов, металлокерамики (для сцеплений, передающих значительный вращающий момент при больших угловых скоростях);

- *по роду трения* – с сухим трением и «мокрые» (работающие в масле);

- *по типу привода* – с механическим, гидравлическим, пневматическим, электрическим приводом или комбинированным.

Стандартная муфта сцепления, применяющаяся на большинстве автомобилей с механической коробкой передач, включает следующие основные элементы: маховик двигателя – ведущий диск; ведомый диск сцепления; корзина сцепления – нажимной диск; выжимной подшипник сцепления; муфта выключения сцепления; вилка сцепления; привод сцепления.

На ведомый диск сцепления с обеих сторон установлены фрикционные накладки. Его функция – передача крутящего момента за счет силы трения. Встроенный в корпус диска пружинный демпфер крутильных колебаний смягчает соединение с маховиком и гасит вибрации и нагрузки от неравномерности работы двигателя.

Нажимной диск и диафрагменная пружина, воздействующие на ведомый диск сцепления, в сборе представляют собой единый узел, получивший название «корзина сцепления». Ведомый диск сцепления расположен между корзиной и маховиком и соединен с первичным валом коробки передач с помощью шлицев, по которым он может перемещаться.

Диафрагменная пружина корзины может быть либо нажимного, либо вытяжного принципа действия. Отличие – в направлении приложения усилия от привода сцепления: к маховику или от маховика. Особенность конструкции пружины вытяжного действия позволяет использовать корзину, толщина которой значительно меньше. Это делает узел максимально компактным.

Принцип работы сцепления основан на жестком соединении ведомого диска сцепления и маховика двигателя за счет возникающей силы трения от усилия, которое создает диафрагменная пружина. Сцепление имеет два режима: «включено» и «выключено». Основное время работы ведомый диск прижат к маховику. Крутящий момент от маховика передаётся ведомому диску, а от него через шлицевое соединение на первичный вал коробки передач.

Для выключения муфты водитель нажимает на педаль, которая соединена с вилкой механическим или гидравлическим приводом. Вилка перемещает выжимной подшипник, который, нажимая на концы лепестков диафрагменной пружины, прекращает её давление на нажимной диск, а он, в свою очередь, освобождает ведомый. В этот момент двигатель разъединен с трансмиссией.

После включения нужной передачи в коробке передач водитель отпускает педаль сцепления, вилка перестаёт воздействовать на выжимной подшипник, а тот на пружину. Нажимной диск прижимает ведомый к маховику. Двигатель соединен с трансмиссией.

5.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции сцеплений), учебники, конспекты, макеты, разрезные узлы и детали привода и сцеплений, изучить следующие вопросы:

- 1) назначение, классификация, устройство и принцип действия сцеплений;
- 2) характеристика, устройство и работа фрикционного и гидравлического сцепления;
- 3) устройство и принцип действия электромагнитного сцепления;
- 4) конструкция и работа механического, гидравлического и электромагнитного приводов, вакуумного, гидровакуумного и пневматического усилителей;
- 5) материал деталей и рабочее тело привода;
- 6) правила эксплуатации.

5.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

1 Определить тип сцепления, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля.

2 Выписать конструктивные особенности сцепления, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:

- а) количество ведомых дисков;
- б) тип привода сцепления;
- в) наличие и тип усилителя;
- г) наличие демпфера;
- д) тип нажимных пружин.

3 Изобразить принципиальную схему сцепления и его привода, указать места регулировок.

4 Указать основные правила эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение сцепления.
- 2 Основные типы сцепления.
- 3 Основные типы приводов сцепления.
- 4 Перечислите детали муфты сцепления.
- 5 Перечислите детали ведомого диска.
- 6 Перечислите детали муфты сцепления с центральной диафрагменной пружиной.
- 7 Перечислите различия в конструкции муфт сцепления периферийными цилиндрическими пружинами и с центральной диафрагменной пружиной.
- 8 Перечислите детали главного цилиндра гидравлического привода сцепления.
- 9 Перечислите детали рабочего цилиндра гидравлического привода сцепления.

10 Опишите последовательность передачи воздействия от педали на вилку выключения сцепления, имеющего гидравлический привод.

6 Практическое занятие № 6. Изучение конструкции коробок передач

Цель работы: закрепление знаний по назначению, классификации, устройству, работе коробок передач и их привода, регулировкам, правилам эксплуатации.

6.1 Теоретические сведения

Коробка передач является агрегатом трансмиссий автомобилей и служит для изменения передаваемого вращающего момента и частоты вращения в заданном диапазоне реверсирования выходного вала и длительного отсоединения двигателя от ведущих колес.

Главными требованиями, предъявляемыми к ступенчатым КП, являются:

– обеспечение наилучших тяговых и топливно-экономических свойств автомобиля;

– высокий КПД;

– легкость и удобство при управлении;

– безударное переключение передач и бесшумность работы;

– невозможность включения одновременно двух передач;

– надежное удержание передач во включенном и нейтральном положениях;

– малые габаритные размеры и масса;

– надежность конструкции, удобство обслуживания и ремонта.

Коробки передач классифицируют по следующим свойствам.

1 По изменению передаточного числа – *ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные*.

В ступенчатых коробках изменение передаточных чисел происходит ступенчато, что ведет к разрыву силового потока в момент переключения передач. Бесступенчатые коробки позволяют плавно изменять передаточные числа без разрыва силового потока. В комбинированных коробках передач применяют комбинацию ступенчатых и бесступенчатых коробок.

Ступенчатые коробки, в свою очередь, подразделяют:

– по количеству передач – *трех-, четырех-, пяти- и многоступенчатые*;

– по количеству валов – *двух-, трех- и многовальные*;

– по расположению валов – *соосные и несоосные*;

– по способу зацепления шестерен – *со скользящими шестернями и с шестернями постоянного зацепления*.

2 По преобразованию крутящего момента – *механические, гидравлические, электрические и комбинированные*. Бесступенчатые коробки передач по этому признаку бывают *механическими, гидравлическими и электрическими*.

3 По способу управления переключением передач – с *ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением.*

Для получения большого числа ступеней применяют составные и много-вальные КПП, которые называются многоступенчатыми. Эти КПП с числом ступеней 6–15 устанавливают на грузовые автомобили-тягачи большой грузоподъемности и высокой проходимости.

Механическая коробка передач (МКПП) пока остается самым распространенным устройством, изменяющим крутящий момент двигателя. Свое название коробка получила от механического (ручного) способа переключения передач.

МКПП относится к ступенчатым коробкам, т. е. крутящий момент в ней изменяется ступенями. Ступенью (или передачей) называется пара взаимодействующих шестерен. Каждая из ступеней обеспечивает вращение с определенной угловой скоростью или, другими словами, имеет свое *передаточное число*.

Передаточным числом называется отношение числа зубьев ведомой шестерни к числу зубьев ведущей шестерни. Низшая ступень имеет наибольшее передаточное число, высшая ступень – наименьшее. Пример передаточных чисел для четырехступенчатой коробки передач автомобиля ГАЗ-53: 1-я передача – 6,55; 2-я передача – 3,09; 3-я передача – 1,71; 4-я передача – 1,0; задняя передача – 7,9.

Трехвальная коробка передач состоит из ведущего (первичного), промежуточного, ведомого (вторичного) валов, на которых размещены шестерни с синхронизаторами. В конструкцию коробки также входит механизм переключения передач. Все элементы размещены в картере (корпусе) коробки передач.

Ведущий (первичный) вал обеспечивает соединение со сцеплением. На валу имеются шлицы для ведомого диска сцепления. Крутящий момент от ведущего вала передается через соответствующую шестерню, находящуюся с ним в жестком зацеплении.

Промежуточный вал расположен параллельно первичному валу. На валу располагается блок шестерен, находящийся с ним в жестком зацеплении.

Ведомый (вторичный) вал расположен на одной оси с ведущим. Технически это осуществляется за счет торцевого подшипника на ведущем валу, в который входит ведомый вал. Блок шестерен ведомого вала не имеет закрепления с валом и поэтому свободно вращается на нем. Блок шестерен промежуточного и ведомого вала, а также шестерня ведущего вала находятся в постоянном зацеплении.

Механизм переключения трехвальной коробки передач обычно располагается непосредственно на корпусе коробки. Конструктивно он состоит из рычага управления и ползунов с вилками. Для предотвращения одновременного включения двух передач механизм оснащен блокирующим устройством.

Картер коробки передач служит для размещения конструктивных частей и механизмов, а также для хранения масла. Картер изготавливается из алюминиевого или магниевых сплава.

Между шестернями ведомого вала располагаются **синхронизаторы**. Работа синхронизаторов основана на выравнивании (синхронизации) угловых скоростей шестерен ведомого вала с угловой скоростью самого вала за счет сил

трения. Синхронизаторы имеют жесткое зацепление с ведомым валом и могут двигаться по нему в продольном направлении за счет шлицевого соединения.

На современных коробках передач синхронизаторы устанавливаются на всех передачах, т. к. он не только обеспечивает плавность переключения передач, но и способствует снижению уровня шума. Благодаря элементу снижается степень физического износа механических деталей коробки, что, в свою очередь, влияет на срок службы всей КПП.

Кроме того, синхронизатор упростил принцип переключения передач, сделав его более удобным для водителя. До появления этого механизма переключение скоростей происходило с помощью двойного выжима сцепления и перевода коробки передач в нейтральную передачу.

Синхронизатор состоит из следующих элементов: ступица с сухарями; муфта включения; блокировочные кольца; шестерня с фрикционным конусом.

В выключенном состоянии муфта синхронизатора занимает среднее положение, а шестерни свободно вращаются на валу. При этом передачи крутящего момента не происходит. В процессе выбора передачи вилка передвигает муфту к шестерне, а муфта, в свою очередь, пододвигает блокировочное кольцо. Кольцо прижимается к конусу шестерни и проворачивается, делая дальнейшее продвижение муфты невозможным.

Под воздействием силы трения происходит синхронизация скоростей шестерни и вала. Муфта свободно перемещается далее и жестко соединяет шестерню и вал коробки передач. Начинается передача крутящего момента и движение автомобиля на выбранной скорости.

Принцип работы трехвальной МКПП.

При нейтральном положении рычага управления крутящий момент от двигателя на ведущие колеса не передается. При перемещении рычага управления соответствующая вилка перемещает муфту синхронизатора. Муфта обеспечивает синхронизацию угловых скоростей соответствующей шестерни и ведомого вала. После этого зубчатый венец муфты заходит в зацепление с зубчатым венцом шестерни и обеспечивается блокировка шестерни на ведомом валу. Коробка передач осуществляет передачу крутящего момента от двигателя на ведущие колеса с заданным передаточным числом.

Движение задним ходом обеспечивается соответствующей передачей коробки. Изменение направления вращения осуществляется за счет промежуточной шестерни заднего хода, устанавливаемой на отдельной оси.

Принцип работы двухвальной механической коробки передач.

Принцип работы аналогичен трехвальной коробке, отличие заключается в особенностях работы механизма переключения передач. Движение рычага управления при включении конкретной передачи разделяется на поперечное и продольное. При поперечном движении рычага управления усилие передается на трос выбора передач. Тот, в свою очередь, воздействует на рычаг выбора передач. Рычаг осуществляет поворот центрального штока вокруг оси и тем самым обеспечивает выбор передач.

При дальнейшем продольном движении рычага усилие передается на трос переключения передач и далее на рычаг переключения передач. Рычаг произ-

водит горизонтальное перемещение штока с вилками. Соответствующая вилка на штоке перемещает муфту синхронизатора и осуществляет блокирование шестерни ведомого вала. Крутящий момент от ДВС передается на ведущие колеса.

Бесступенчатая коробка передач (БКП) – это современная технология, применяемая в автомобилях для передачи крутящего момента с двигателя на колеса. В отличие от обычной механической или автоматической коробки передач, БКП не имеет фиксированных шестерен и позволяет плавно изменять передаточное число.

Основная особенность бесступенчатой коробки передач заключается в использовании полностью переменных передаточных чисел, что позволяет более эффективно использовать мощность двигателя и улучшить экономичность автомобиля. Благодаря этому БКП обеспечивает плавный разгон и плавное переключение передач без рывков и потери крутящего момента.

Работа бесступенчатой коробки передач основывается на использовании двух механизмов: вариатора и гидравлической управляющей системы. Вариатор состоит из шкивов и металлической цепи, которые могут плавно изменять свои размеры и передаточное число. Гидравлическая система управляет вариатором и осуществляет переключение передач в зависимости от режима движения автомобиля и требований водителя.

Благодаря уникальному принципу работы бесступенчатая коробка передач обеспечивает плавные переключения передач, что повышает комфорт и управляемость автомобиля. Она также позволяет автомобилю работать в оптимальном рабочем диапазоне оборотов двигателя, что способствует экономии топлива и снижению выбросов.

6.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции коробок переключения передач), макеты, разрезные узлы и детали привода и коробок передач, изучить следующие вопросы:

- 1) назначение, классификация, общее устройство и работа ступенчатых и бесступенчатых коробок передач;
- 2) конструкция и работа механизмов переключения и фиксирования;
- 3) назначение, устройство и принцип действия синхронизаторов;
- 4) материалы деталей и смазка коробок передач;
- 5) возможные неисправности, их причины и способы устранения;
- 6) определение передаточных чисел ступеней коробки передач;
- 7) правила эксплуатации.

6.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

- 1 Определить тип и вычертить схему коробки передач, установленной на заданной преподавателем модели автомобиля.

2 Выписать конструктивные особенности коробки передач:

- а) количество валов в коробке передач;
- б) количество передач:
 - вперёд;
 - назад;
- в) передаточные числа ступеней;
- г) способ переключения передач;
- д) тип синхронизаторов и их число;
- е) тип системы смазки.

3 Указать основные правила эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите назначение синхронизатора коробки передач.
- 2 Опишите работу синхронизатора коробки передач.
- 3 Назначение коробок передач.
- 4 Классификация коробок передач.
- 5 Принцип работы коробок передач.

7 Практическое занятие № 7. Изучение конструкции рулевого управления

Цель работы: закрепление знаний по назначению, классификации, конструкции рулевых управлений, работе, правилам эксплуатации, требованиям к техническому состоянию.

7.1 Теоретические сведения

Рулевое управление – совокупность механизмов, служащих для поворота управляемых колес, обеспечивает движение автомобиля в заданном направлении.

Рулевые управления автомобилей классифицируются по следующим признакам:

- 1) по расположению рулевого колеса: правое и левое;
- 2) по способу поворота автомобиля: поворотом управляемых колес, складыванием элементов (одноосный тягач и одноосный прицеп), вращением колес одного борта в сторону, обратную движению, торможением колес одного борта;
- 3) по расположению управляемых колес на двухосных автомобилях: первой оси, второй оси, первой и второй осей;
- 4) по расположению управляемых колес на трехосных автомобилях: первой оси, первой и третьей осей;
- 5) по расположению управляемых колес на четырехосных автомобилях: первой и второй осей, первой и третьей осей, всех осей.

Каждое управляемое колесо установлено на поворотном кулаке, соединен-

ном с передней осью посредством шкворня, который неподвижно крепится в передней оси. При вращении водителем рулевого колеса усилие передается посредством тяг и рычагов на поворотные кулаки, которые поворачиваются на определенный угол (задает водитель), изменяя направление движения автомобиля.

Основными элементами рулевого управления современного автомобиля являются *рулевое колесо* с рулевой колонкой, *рулевой механизм* и *рулевой привод* (рисунок 7.1). В конструкции рулевого управления многих автомобилей применяют *усилители рулевого управления* (гидравлические, электрические).



1 – рулевое колесо; 2 – рулевая колонка; 3 – карданный вал; 4 – датчик крутящего момента на рулевом колесе; 5 – электроусилитель руля; 6 – рулевой механизм; 7 – рулевая тяга; 8 – наконечник рулевой тяги с шаровым шарниром

Рисунок 7.1 – Схема рулевого управления

Рулевое колесо воспринимает от водителя усилия, необходимые для изменения направления движения, и передает их через рулевую колонку рулевому механизму.

Рулевая колонка обеспечивает соединение рулевого колеса с рулевым механизмом. Рулевая колонка представлена рулевым валом, имеющим несколько шарнирных соединений.

Рулевой механизм преобразует повороты рулевого колеса в необходимые перемещения элементов рулевого привода для выполнения заданного направления движения. В качестве рулевого механизма используются различные типы редукторов.

Рулевой привод предназначен для передачи усилия от рулевого механизма на управляемые колеса. Он обеспечивает оптимальное соотношение углов поворота управляемых колес, а также препятствует их повороту при работе подвески.

Усилитель рулевого управления предназначен для уменьшения необходимого усилия на рулевом колесе при повороте автомобиля.

Требования в отношении управляемости, устойчивости, маневренности и легкости управления могут быть реализованы, если рулевым управлением обеспечивается:

- высокая жесткость деталей и отсутствие зазоров в их соединениях;

– согласованность (пропорциональность) углов поворота рулевого колеса и управляемых колес;

– согласованность кинематики элементов рулевого привода и направляющего устройства подвески;

– легкость управления и маневренность автомобиля (небольшая величина крутящего момента, необходимого для поворота, обеспечение «чувства дороги»).

Рулевой механизм включает в себя рулевую пару (иногда называют рулевой передачей), размещенную в картере, рулевой вал, рулевую колонку и рулевое колесо.

К конструкции рулевых механизмов предъявляется ряд требований:

1) высокий КПД в прямом направлении при передаче усилия от рулевого колеса для облегчения управления автомобилем и несколько пониженный КПД в обратном направлении для снижения силы толчков, передаваемых на рулевое колесо от управляемых колес при наезде на неровности;

2) обратимость рулевой пары, чтобы рулевой механизм не препятствовал стабилизации управляемых колес;

3) минимальный зазор в зацеплении элементов рулевой пары в нейтральном положении управляемых колес и в некотором диапазоне углов поворота (без зазорное зацепление) при обязательной возможности регулирования зазора в процессе эксплуатации;

4) заданный характер изменения передаточного числа рулевого механизма;

5) травмобезопасность рулевого механизма с тем, чтобы при лобовом столкновении он не был причиной травмы водителя.

Рулевые механизмы делятся на: *шестеренные* (редукторные и реечные); *червячные* (червячно-секторные и червячно-роликовые); *винтовые* (винтореечные и винторычажные).

Червячный рулевой механизм применяется на автомобилях с повышенной проходимостью с зависимой подвеской управляемых колес, а также в легких грузовых автомобилях и автобусах.

Конструктивно состоит из следующих элементов: *рулевой вал; передача «червяк – ролик»; картер; рулевая сошка.*

Пара «червяк – ролик» находится в постоянном зацеплении. Глобоидальный червяк представляет собой нижнюю часть рулевого вала, а ролик закреплен на валу сошки. При вращении руля ролик перемещается по зубьям червяка, благодаря чему вал рулевой сошки также поворачивается. Результатом такого взаимодействия является передача поступательных движений на привод и колеса.

Рулевой механизм червячного типа имеет следующие преимущества: возможность поворота колес на больший угол; гашение ударов от дорожных неровностей; передача больших усилий; обеспечение лучшей маневренности машины.

Изготовление конструкции достаточно сложное и дорогое – в этом главный ее минус. Рулевое управление с таким механизмом состоит из множества соединений, периодическая регулировка которых просто необходима.

Рулевой механизм реечного типа в отличие применяется на транспортных средствах с независимой подвеской управляемых колес.

В реечный рулевой механизм входят следующие элементы: *корпус меха-*

низма; передача «шестерня – рейка».

Шестерня устанавливается на рулевом валу и находится в постоянном зацеплении с рейкой. В процессе вращения рулевого колеса рейка перемещается в горизонтальной плоскости. В результате соединенные с ней тяги рулевого привода также перемещаются и приводят в движение управляемые колеса.

К преимуществам можно отнести: простота конструкции; высокий КПД; меньшее количество шарниров и тяг; компактность и невысокая цена; надежность и простота конструкции.

С другой стороны, редуктор этого типа чувствителен к ударам от неровностей дороги – любой толчок от колес передается на руль.

Особенностью *винтового рулевого механизма* является соединение с помощью шариков винта и гайки. За счет чего наблюдается меньшее трение и износ элементов. Для запуска механизма требуется отлаженная командная работа «винт – гайка». В резьбе находятся шарики. Поэтому физически вместо трения при запуске механизма начинается качение. При изменении направления винт сдвигает гайку, рейка отклоняет сектор, также отклоняются сошка и рулевые тяги.

Винтовой рулевой механизм применяется в автобусах, тяжелых грузовых автомобилях и в некоторых легковых автомобилях представительского класса.

Рулевым усилителем называется механизм, создающий под давлением жидкости или сжатого воздуха дополнительное усилие на рулевой привод, необходимое для поворота управляемых колес автомобиля.

Усилитель служит для облегчения управления автомобилем, повышения его маневренности и безопасности движения. Он также смягчает толчки и удары дорожных неровностей, передаваемых от управляемых колес на рулевое колесо.

Однако наличие усилителя приводит к усложнению конструкции рулевого управления и повышению стоимости, к увеличению изнашивания шин, более сильному нагружению деталей рулевого привода и ухудшению стабилизации управляемых колес автомобиля.

Усилители бывают *электрические, пневматические и гидравлические*. В настоящее время широко применяют *гидравлические* усилители, которые могут быть встроенными в механизм рулевого управления и отдельными.

Требования, предъявляемые к усилителю рулевого привода:

- обеспечение следящего действия как по силе, так и по перемещению рулевого колеса (сила перемещения рулевого колеса должна быть пропорциональна силе сопротивления повороту и углу поворота управляемых колес);
- в случае выхода из строя усилителя – управление автомобилем не должно нарушаться;
- минимальное время срабатывания;
- минимальное препятствие стабилизации управляемых колес;
- усилитель не должен включаться от толчков дороги.

7.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции рулевых управлений), макет рулевого управления, рулевые механизмы, усилители и рулевые приводы, изучить следующие вопросы:

- 1) принципиальная схема поворота автомобиля;
- 2) назначение и основные элементы рулевого управления;
- 3) типы и особенности конструкции рулевых механизмов;
- 4) устройство и работа усилителей разных типов (гидравлического, электрического, электрогидравлического);
- 5) конструкция элементов безопасности рулевых управлений;
- 6) рулевой привод при зависимой и независимой подвесках;
- 7) устройство узлов и деталей рулевого привода, рулевая трапеция;
- 8) материалы деталей рулевого управления, смазочные материалы;
- 9) требования к техническому состоянию и правила эксплуатации.

7.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

1 Выписать конструктивные особенности рулевого управления, установленного на заданной преподавателем модели автомобиля:

- а) тип рулевого механизма;
- б) передаточное число рулевого механизма;
- в) суммарный допустимый люфт рулевого колеса;
- г) наличие и тип гидроусилителя (раздельный или встроенный);
- д) тип насоса гидроусилителя;
- е) тип рулевой трапеции (цельная или расчленённая);
- ж) марка масла для рулевого механизма;
- з) марка масла для гидроусилителя.

2 Описать принцип работы усилителя рулевого управления.

3 Записать требования к техническому состоянию рулевого управления.

4 Указать правила эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите назначение рулевого управления.
- 2 Укажите требования к рулевому управлению.
- 3 Опишите основные элементы рулевого управления.
- 4 Назовите типы и особенности конструкции рулевых механизмов.
- 5 Назовите материалы деталей рулевого управления.
- 6 Назовите смазочные материалы деталей рулевого управления.

8 Практическое занятие № 8. Изучение конструкции тормозной системы

Цель работы: закрепление знаний по назначению, устройству и работе рабочей тормозной системы автомобилей, правилам эксплуатации, требованиям к техническому состоянию и эффективности.

8.1 Теоретические сведения

Тормозные системы предназначены для уменьшения скорости движения автомобиля, быстрой остановки и удержания его на месте.

Современный автомобиль оборудуется рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозными системами.

Рабочая тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля вплоть до полной его остановки вне зависимости от его скорости, нагрузки и уклонов дороги.

Стояночная тормозная система служит для удержания неподвижного автомобиля на горизонтальном участке или уклоне дороги.

Запасная тормозная система предназначена для плавного снижения скорости движения автомобиля до остановки в случае отказа полной или частичной рабочей системы.

Вспомогательная система тормозов предназначена для поддержания постоянной скорости автомобиля, при движении его на затяжных спусках горных дорог, с целью снижения нагрузки на рабочую тормозную систему при длительном торможении.

Тормозная система прицепа, работающая в составе автопоезда, служит как для снижения скорости движения прицепа, так и для автоматического торможения его при обрыве сцепки с тягачом.

Антиблокировочная система (АБС) – часть рабочей тормозной системы, которая предотвращает блокировку одного или нескольких колес при торможении автомобиля. Управление силами торможения на колесах осуществляется на основе данных датчиков, контролирующих скорость вращения каждого колеса.

Каждая тормозная система включает в себя следующие механизмы: *тормозной привод; тормозные механизмы; усилитель тормозного привода (для гидравлического привода).*

Принцип работы тормозной системы.

1 При нажатии на педаль тормоза водитель создает усилие, которое передается к вакуумному усилителю.

2 Далее оно увеличивается в вакуумном усилителе и передается в главный тормозной цилиндр (ГТЦ).

3 Поршень ГТЦ нагнетает рабочую жидкость к колесным цилиндрам через трубопроводы, за счет чего растет давление в тормозном приводе, а поршни рабочих цилиндров перемещают тормозные колодки к дискам.

4 Дальнейшее нажатие на педаль еще больше увеличивает давление жид-

кости, за счет чего срабатывают тормозные механизмы, приводящие к замедлению вращения колес. Давление рабочей жидкости может приблизиться к 10...15 МПа. Чем оно больше, тем эффективнее происходит торможение.

5 Опускание педали тормоза приводит к ее возврату в исходное положение под действием возвратной пружины. В нейтральное положение возвращается и поршень ГТЦ. Рабочая жидкость также перемещается в главный тормозной цилиндр. Колодки отпускают диски или барабаны. Давление в системе падает.

Требования, предъявляемые к тормозной системе.

1 Высокая эффективность – оценивается расстоянием, пройденным автомобилем за время торможения (тормозным путем), и обеспечивается небольшим временем срабатывания тормозной системы, достаточной величиной тормозных моментов и правильным распределением тормозных сил между передними и задними колесами.

2 Обеспечение устойчивости автомобиля при торможении – достигается, в частности, путем синхронности срабатывания тормозных механизмов и равенства тормозных сил по бортам автомобиля.

3 Высокая стабильность тормозных моментов, обеспечивающая выполнение предыдущих требований.

4 Обеспечение пропорциональности между управляющим усилием водителя и тормозным эффектом на всех режимах торможения и растормаживания.

5 Удобство управления – по действующим нормам расчетное замедление автомобиля должно обеспечиваться при усилии водителя на педаль тормоза, не превышающем 500 Н для легковых и 700 Н для грузовых автомобилей.

6 Повышенная надежность – так как тормозная система играет определяющую роль в обеспечении активной безопасности автомобиля, должно быть гарантировано сохранение работоспособности ряда его элементов в течение всего срока службы автомобиля независимо от условий его эксплуатации.

Тормозной привод служит для передачи силы, создаваемой водителем на органе управления (педали или рычаге), к тормозным механизмам или для управления посторонним источником энергии, приводящим в действие тормозные механизмы.

Тормозной привод (по виду применяемого рабочего тела) может быть *механическим, гидравлическим, пневматическим, электрическим и комбинированным* (гидропневматическим, электропневматическим).

Механический привод представляет собой систему рычагов, тяг, тросов, валов, через которые усилие от педали или рычага передается к тормозным механизмам. Такой тип привода в качестве привода рабочей тормозной системы совершенно не применяется. Причинами этого служат следующие недостатки механического привода: не обеспечивает одновременного начала работы нескольких тормозных механизмов и необходимого распределения приводных сил между ними; сложность и трудность компоновки на автомобиле; трудоемкий уход (необходимость частого регулирования и смазывания); малый КПД (из-за больших потерь на трение).

Однако вследствие своей постоянной жесткости такой тип привода имеет неограниченное время действия. Поэтому он всегда используется в качестве привода стояночной тормозной системы.

Гидропривод применяется на всех легковых автомобилях и на грузовых автомобилях полной массой до 7,5 т, а в сочетании с пневмоприводом – на автомобилях большой массы. Гидравлический привод является гидростатическим (передача энергии осуществляется давлением жидкости), принцип действия которого основан на свойстве несжимаемой жидкости, находящейся в покое, передавать создаваемое в любой точке давление одинаково всем точкам замкнутого объема жидкости.

Основные преимущества гидропривода: малое время срабатывания; высокий КПД; возможность получения необходимого распределения тормозных сил между несколькими тормозными механизмами; удобство компоновки; малые размеры и масса; простота конструкции; низкая стоимость.

К недостаткам тормозного гидропривода относят: снижение КПД при низких температурах; выход из строя всей системы при местном повреждении привода или попадании воздуха; ограниченное силовое передаточное число.

Гидропривод состоит из педали, главного тормозного цилиндра, колесных цилиндров, а также трубопроводов, соединяющих цилиндры.

Тормозной пневматический привод применяется на грузовых автомобилях средней и большой грузоподъемности и на автобусах.

К преимуществам пневмопривода следует отнести: возможность получения больших приводных сил при облегчении управления; удобство привода тормозных систем прицепа и полуприцепа; возможность управления тормозами прицепа при обеспечении желаемой разницы между режимами торможения прицепа и тягача; возможность использования сжатого воздуха для различных целей (управление агрегатами трансмиссии, регулирование давления в шинах, привод стеклоочистителей и др.).

Недостатки пневмопривода: сложность производства и обслуживания; сравнительно высокая стоимость; постоянная затрата мощности на привод компрессора (до 5 %...6 % от мощности двигателя); большая масса и габариты; большое время срабатывания (в 5–10 раз больше, чем у гидропривода) из-за наличия большого количества клапанов и пружин и свойств сжатого воздуха.

Применение *электропневматического привода* тормозных механизмов целесообразно на длинномерных автопоездах. Один из основных недостатков тормозного пневмопривода – повышенное время срабатывания больше всего сказывается на торможении многосекционных автопоездов, т. к. наряду с увеличением тормозного пути часто наблюдается нарушение устойчивости автопоезда (в виде так называемого «складывания»). В современных электропневматических приводах применяется электронное управление процессом регулирования давления, при котором обеспечивается не только следящее действие на всех режимах торможения, но и регулируется распределение тормозных сил между мостами, что определяет как тормозную эффективность, так и устойчивость автопоезда.

Тормозной механизм создает искусственное сопротивление движению ав-

томобиля за счет трения между вращающимися и невращающимися деталями. При трении поглощается кинетическая энергия автомобиля, которая превращается в тепло и рассеивается в атмосферу. При работе отдельные детали механизма нагреваются до температуры 300 °С...350 °С. Кроме того, детали тормозных механизмов подвержены воздействию дорожных и атмосферно-климатических факторов.

Сложные условия работы и необходимость обеспечения безопасности движения обуславливают ряд требований к тормозным механизмам:

- высокая эффективность действия;
- стабильность работы при изменяющихся режимах движения и внешних условиях;
- высокая долговечность пары трения;
- плавность действия и отсутствие вибрации при торможении;
- способность рассеивать большое количество тепла за малый промежуток времени;
- удобство проведения эксплуатационных регулировок.

Принцип работы любых тормозных устройств основан на применении сил трения. Это касается и *барабанной системы*, которая, несмотря на ряд недостатков, до сих пор применяется на значительной части грузовых автомобилей. В комплектацию оборудования такого класса входят (рисунок 8.1):

- барабан, который устанавливается непосредственно на ступице колеса;
- тормозные колодки, на которые крепятся накладки, обеспечивающие необходимую для остановки автомобиля силу трения;
- тормозной цилиндр, необходимый для подачи сжатого воздуха или тормозной жидкости к исполнительным механизмам;
- пружины, удерживающие колодки в рабочем положении и обеспечивающие необходимый зазор;
- устройство, поддерживающее колодки, щит, монтируемый на ступице, балке.



Рисунок 8.1 – Барабанный тормозной механизм

Большинство автопроизводителей устанавливают барабанную систему на задние оси. Она может быть выполнена с применением одного или двух тормозных цилиндров. Двухцилиндровую схему считают более надежной и эффективной, при ней площадь контакта колодок с колесом увеличивается, что обес-

печивает повышение скорости торможения. В отдельных случаях установка такой системы практикуется и на передних осях. Но для такой комплектации характерен более быстрый износ тормозных колодок.

Принцип действия системы.

При нажатии на педаль тормоза сжатый воздух или тормозная жидкость повышает давление на находящийся в цилиндре поршень. Создаваемое усилие передается на тормозные колодки, которые начинают раздвигаться. Соприкосновение с барабаном вызывает увеличение сил трения, которые и приводят к замедлению движения или остановке машины. После отпущения педали колодки возвращаются в сомкнутое положение, что позволяет разблокировать колесо.

Преимущества: закрытый механизм, который защищен от воздействия грязи и воды; высокий рабочий ресурс колодок (до 150 тыс. км пробега); высокая стойкость к износу; большая площадь соприкосновения, обеспечивающая увеличение сил трения.

Недостатки: значительный нагрев рабочих элементов системы; возможность прикипания летом и примерзания колодок в зимних условиях эксплуатации; значительный износ при интенсивной эксплуатации тормозов.

Дисковые тормоза отличаются более простой конструкцией, меньше греются в процессе работы, монтируются и на задние, и на передние оси. В таких системах реализована следующая конструкция (рисунок 8.2):

- диск, который при помощи болтов закреплен на ступице. перегрев предотвращен за счет ряда вентиляционных отверстий, через которые отводится тепло, возникающее при трении;
- чугунный тормозной суппорт, который состоит из двух частей. Первая из них установлена жестко, вторая имеет возможность свободного движения;
- тормозные колодки с установленными накладками фрикционного типа. При необходимости (по мере износа) накладки можно без проблем заменить;
- тормозные цилиндры с поршневой системой, которая приводится в действие за счет увеличения давления воздуха или тормозной жидкости.



Рисунок 8.2 – Дисковые тормозные механизмы

Принцип действия дисковой системы.

При нажатии на педаль создается избыточное давление, начинающее перемещать поршень тормозного цилиндра. В результате происходит раздвигание колодок, которые прижимаются к диску. Соприкосновение подвижной части

суппорта и колодок вызывает увеличение сил трения, что приводит к замедлению движения и остановке автомобиля. После прекращения нажима на педаль все конструктивные элементы возвращаются в начальное положение.

Преимущества: равномерный износ колодок, который позволяет продлить срок службы; компактные размеры, простой ремонт, обслуживание; отсутствие риска повышения температуры до критических пределов; повышенная маневренности транспортного средства.

Недостатки: более высокая стоимость по сравнению с системой барабанного типа; меньшая эффективность.

Усилители тормозного привода служат для уменьшения усилия, прикладываемого к тормозной педали, в автомобилях с гидроприводом. Усилители бывают следующих принципов действия:

- вакуумные;
- гидровакуумные;
- пневматические;
- пневмогидравлические;
- электрические.

Антиблокировочная тормозная система (АБС) – это электрогидравлическая система активной безопасности, позволяющая сохранить управляемость и устойчивость автомобиля при торможении за счет предотвращения блокировки колес. АБС особенно эффективна на дорожных покрытиях с невысоким коэффициентом сцепления, а также при плохой погоде (снег, гололед, дождь и т. д.).

В состав антиблокировочной тормозной системы входят:

1) *датчики частоты вращения колес.* Датчики работают на основе эффекта Холла и установлены на ступице каждого колеса. Они определяют скорость вращения колес и передают сигнал в блок управления АБС;

2) *блок управления.* Основная функция электронного блока управления (ЭБУ) – обеспечить работу тормозной системы в наиболее эффективном и стабильном диапазоне, при котором тормозная сила будет максимальной, а колеса автомобиля не будут заблокированы. Для этого блок управления проводит непрерывные вычисления изменения скорости вращения колес (замедления). На основании данных показателей формируются управляющие сигналы для исполнительных устройств: насоса и электромагнитных клапанов гидравлического блока;

3) *гидравлический блок.* Этот компонент АБС является исполнительным устройством. Гидравлический блок включает в себя электромагнитные клапаны (впускные и выпускные), гидроаккумуляторы, кулачковый насос с электрическим двигателем, демпфирующие камеры.

Кроме перечисленного оборудования, в комплект АБС могут входить датчики и анализаторы, которые определяют состояние дорожного полотна, угол наклона дороги, сцепление с дорогой всех колес и т. д.

Принцип работы антиблокировочной системы тормозов АБС автомобиля. Работа антиблокировочной системы тормозов носит циклический характер. Цикл работы системы включает три фазы: *удержание давления; сброс давления; увеличение давления.*

На основании электрических сигналов, поступающих от датчиков угловой скорости, блок управления АБС сравнивает угловые скорости колёс. При возникновении опасности блокирования одного из колёс блок управления закрывает соответствующий выпускной клапан. Выпускной клапан при этом также закрыт. Происходит удержание давления в контуре тормозного цилиндра колеса. При дальнейшем нажатии на педаль тормоза давление в тормозном цилиндре колеса не увеличивается.

При продолжающейся блокировке колеса блок управления открывает соответствующий выпускной клапан. Выпускной клапан при этом остается закрытым. Тормозная жидкость перепускается в аккумулятор давления. Происходит сброс давления в контуре, при этом скорость вращения колеса увеличивается. При недостаточной емкости аккумулятора давления блок управления АБС подключает к работе насос обратной подачи. Насос обратной подачи перекачивает тормозную жидкость в демпфирующую камеру, уменьшая давление в контуре. Водитель при этом ощущает пульсацию педали тормоза.

Как только угловая скорость колеса превысит определённое значение, блок управления закрывает выпускной клапан и открывает впускной. Происходит увеличение давления в контуре тормозного цилиндра колеса.

Цикл работы антиблокировочной системы тормозов повторяется до завершения торможения или прекращения блокирования.

8.2 Содержание работы

Используя наглядные пособия (альбомы и плакаты по конструкции), макеты, узлы и детали тормозной системы, учебники, конспекты, изучить следующие вопросы:

- 1) требования, предъявляемые к рабочей тормозной системе автомобилей, параметры эффективности;
- 2) типы тормозных систем, их анализ и применение;
- 3) схема, основные элементы рабочих тормозных систем с гидравлическим приводом, их назначение, устройство, работа;
- 4) конструкции барабанных и дисковых тормозных механизмов;
- 5) материал деталей, марки тормозных жидкостей, требования и свойства;
- 6) требования к техническому состоянию рабочей тормозной системы, правила эксплуатации;
- 7) антиблокировочная система (АБС) и ее элементы.

8.3 Содержание отчета

Заданием к лабораторной работе служит модель автомобиля. Модель автомобиля выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Порядок выполнения отчета.

- 1 Описать назначение и принцип работы тормозной системы, установленной на заданной преподавателем модели автомобиля.
- 2 Выписать конструктивные особенности тормозной системы, установ-

ленной на заданной преподавателем модели автомобиля:

- а) тип тормозного привода;
 - б) тип тормозных механизмов;
 - в) наличие и тип усилителя;
 - г) наличие АБС;
 - д) рабочее давление в приводе тормозной системы;
 - е) материалы тормозного барабана (диска) и фрикционной накладки;
 - ж) марка тормозной жидкости.
- 3 Вычертить принципиальную схему рабочей тормозной системы.
 - 4 Указать требования к техническому состоянию.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите назначение и требования, предъявляемые к тормозной системе.
- 2 Перечислите известные вам типы тормозных механизмов.
- 3 Укажите назначение тормозных систем (рабочей, стояночной, запасной и вспомогательной).
- 4 Поясните принцип действия тормозных механизмов (барабанного, ленточного и дискового).
- 5 Опишите устройство дисковых тормозных механизмов.
- 6 Опишите устройство тормозной системы с гидравлическим приводом.
- 7 Укажите назначение и поясните работу гидровакуумного усилителя тормозов автомобиля.
- 8 Укажите назначение и поясните работу вакуумного усилителя тормозов автомобиля.

Список литературы

- 1 **Сазонов, И. С.** Автомобили и тракторы: учеб. пособие / И. С. Сазонов, В. А. Ким. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – 174 с. : ил.
- 2 **Карташевич, А. Н.** Автомобили : учеб.-метод. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Билык, М. Л. Петренко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – 424 с. : ил.
- 3 **Передерий, В. П.** Устройство автомобиля : учеб. пособие / В. П. Передерий. – М. : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2020. – 286 с.
- 4 **Березина, Е. В.** Автомобили: конструкция, теория и расчет: учеб. пособие / Е. В. Березина. – М. : АЛЬФА-М; ИНФРА-М, 2017. – 320 с.
- 5 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие: в 3 ч. Ч. 1 : Теоретические основы технической эксплуатации / Е. Л. Савич, А. С. Сай ; под общ. ред. Е. Л. Савича. – Минск : Новое знание; ИНФРА-М, 2015. – 427 с.