

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-36 11 01  
«Инновационная техника для строительного комплекса  
(по направлениям)» и направления подготовки  
23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.43: 629.114  
ББК 31.365: 39.33-04  
Т99

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «20» декабря 2022 г., протокол № 5

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного комплекса (по направлениям)» и направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» очной формы обучения.

Учебно-методическое издание

## ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 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, 2023

## Содержание

Введение .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Кривошипно-шатунные механизмы .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Газораспределительные механизмы .....	8
3 Лабораторная работа № 3. Системы подачи воздуха и выпуска отработавших газов .....	11
4 Лабораторная работа № 4. Системы подачи топлива дизелей .....	13
5 Лабораторная работа № 5. Системы подачи топлива бензиновых двигателей .....	15
6 Лабораторная работа № 6. Системы смазки ДВС .....	16
7 Лабораторная работа № 7. Системы охлаждения ДВС .....	18
8 Лабораторная работа № 8. Системы запуска поршневых ДВС .....	20
9 Лабораторная работа № 9. Системы зажигания и особенности двухтактных ДВС .....	22
10 Лабораторная работа № 10. Механические трансмиссии .....	24
11 Лабораторная работа № 11. Гидромеханические трансмиссии .....	28
12 Лабораторная работа № 12. Колёсные и гусеничные движители .....	29
13 Лабораторная работа № 13. Подвески колес и мостов .....	32
14 Лабораторная работа № 14. Несущие системы самоходных машин .....	34
15 Лабораторная работа № 15. Тормозные системы .....	37
16 Лабораторная работа № 16. Системы поворота .....	41
17 Лабораторная работа № 17. Электрооборудование самоходных машин .....	43
Список литературы .....	47

## Введение

Целью лабораторных работ по учебной дисциплине «Тягово-транспортные машины» является изучение назначения и конструкции механизмов и систем двигателей и шасси самоходных машин.

Подготовка к каждой лабораторной работе заключается в самостоятельном изучении по заданной теме учебников, специальной литературы, конспектов лекций, методических рекомендаций и иных материалов, а также в ознакомлении с плакатами и экспонатами в специализированной лаборатории № 015 (корпус 1) в присутствии преподавателя-консультанта.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ. Во время защиты лабораторной работы данная тетрадь предоставляется преподавателю. Отчет по каждой работе начинается с новой страницы и содержит название работы и следующую информацию:

- назначение изучаемого механизма или системы;
- принципиальные схемы механизмов (систем);
- обозначение на схемах основных элементов механизмов (систем);
- подрисуючную расшифровку обозначенных на схемах основных элементов механизмов (систем).

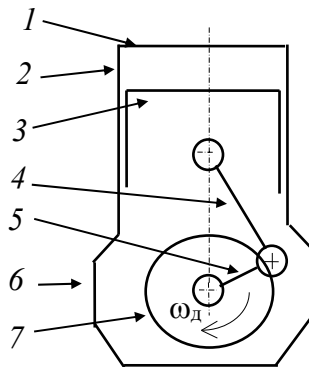
В процессе защиты студент отвечает на вопросы преподавателя, касающиеся назначения, классификации, конструкции и принципа работы изучаемого механизма или системы.

# 1 Лабораторная работа № 1. Кривошипно-шатунные механизмы

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) предназначен для преобразования поступательного движения поршня во вращательное движение маховика и наоборот.

На трех тактах (впуск, сжатие и выпуск) четырехтактного мотора происходит преобразование вращательного движения, т. е. кинетической энергии, запасенной в основном в маховике, в поступательное движение поршня и только на такте расширения наоборот.

Основные элементы КШМ показаны на рисунке 1.1.



1 – головка; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – шатун; 5 – коленчатый вал; 6 – картер; 7 – маховик

Рисунок 1.1 – Схема КШМ

КШМ состоит из неподвижных и подвижных деталей.

К основным неподвижным деталям КШМ относят цилиндр, головку, картер. Внутренняя поверхность цилиндра является направляющей для поршня. Головка служит крышкой для рабочей полости цилиндра. Картер используется в качестве опор для коленчатого вала и совместно с масляным картером (поддоном) является резервуаром для моторного масла. К неподвижным деталям двигателя также относятся различные крышки, прокладки, картер маховика.

В большинстве моделей самоходных машин применяют многоцилиндровые ДВС. Поэтому базовой, наиболее сложной и дорогостоящей деталью двигателя является блок цилиндров. Это отливка, объединяющая несколько цилиндров. Для увеличения жёсткости корпусных частей мотора, уменьшения массы и себестоимости часто в одной отливке объединяют блок цилиндров и картер. В этом случае такая деталь называется блок-картер. Принятая компоновочная схема двигателя (расположение цилиндров) определяет конструкцию блок-картера. На самоходной технике применяют либо однорядные моторы с положением цилиндров вертикально, горизонтально, наклонно, либо двухрядные: V-образные, оппозитные.

Для упрощения отливки блок-картера двигателя с жидкостным охлаждением часто используют вставные мокрые гильзы (рисунок 1.2). В этом случае они уплотняются кольцами снизу и сверху, а пространство между гильзами и стенками блок-картера заполняется циркулирующей охлаждающей жидкостью, образующей рубашку охлаждения.

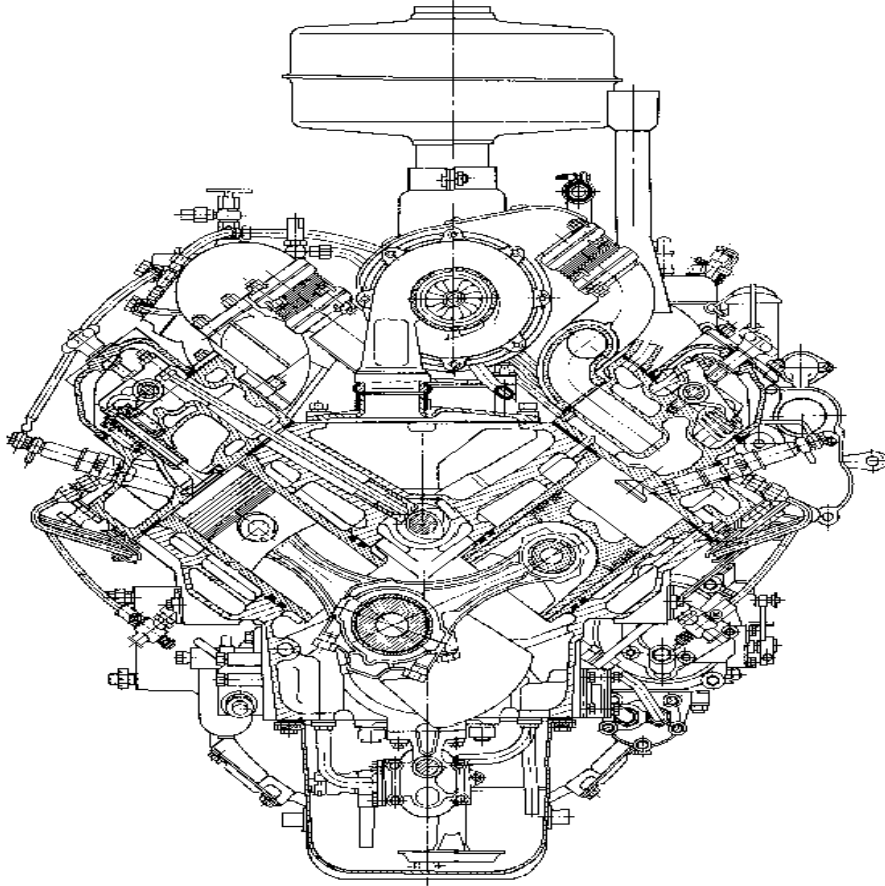


Рисунок 1.2 – Поперечный разрез V-образного двигателя

Основными подвижными деталями КШМ являются поршни с кольцами и поршневыми пальцами, шатуны, коленчатый вал с подшипниками (вкладышами), маховик (рисунок 1.3).

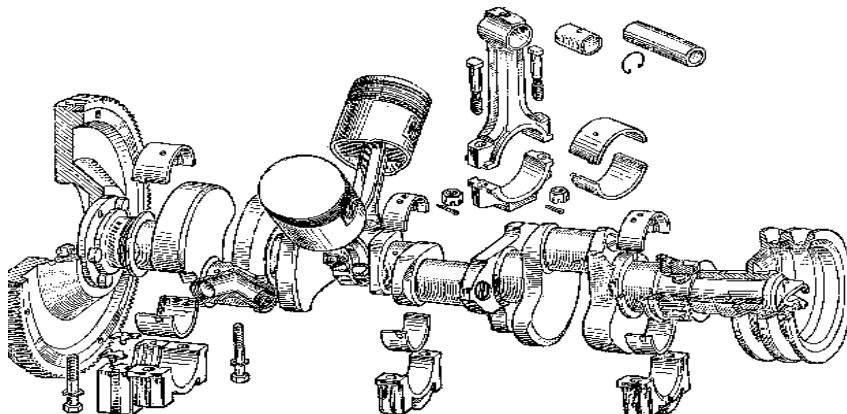


Рисунок 1.3 – Подвижные детали КШМ двигателя

Одной из наиболее сложных подвижных деталей КШМ является коленчатый вал. Он состоит из коренных (опорных) и шатунных шеек, которые соединяются щеками. Для разгрузки коренных опор от сил инерции на продолжении щёк делают противовесы. В задней части коленчатого вала имеется фланец для крепления маховика, а в передней части – носок (хвостовик) для установки ведущей шестерни (звездочки или зубчатого шкива) привода газораспределительного механизма, шкива привода вентилятора системы охлаждения, генератора, компрессора, насоса гидроусилителя руля и других систем. Внутри коленчатого вала выполняют отверстия для подвода масла к парам трения.

Чаще всего в ДВС в качестве шатунных и коренных опор коленчатого вала используются подшипники скольжения, которые выполняют в виде стальных разрезных колец (вкладышей) с антифрикционным покрытием и специальными отгибами (выступами) для предотвращения проворота.

Маховик является основным элементом КШМ, системы запуска и трансмиссии. В кривошипно-шатунном механизме он выполняет функции аккумулятора кинетической энергии, которая накапливается во время рабочего хода и отдается при других тактах.

Шатун предназначен для шарнирной связи поршня с коленчатым валом. Основными элементами шатуна являются нижняя (кривошипная) и верхняя (поршневая) головки, а также стержень двутаврового сечения. В верхнюю головку шатуна часто запрессовывают втулку из антифрикционного материала.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение кривошипно-шатунного механизма.
- 2 Классификация поршневых двигателей внутреннего сгорания.
- 3 Структура КШМ.
- 4 Конструкция неподвижных деталей КШМ.
- 5 Конструкция коленчатого вала.
- 6 Конструкция поршня и поршневых колец.
- 7 Конструкция шатуна.
- 8 Конструкция маховика.

## 2 Лабораторная работа № 2. Газораспределительные механизмы

Газораспределительный механизм (ГРМ) предназначен для своевременного сообщения полости цилиндра с впускными и выпускными каналами (трубопроводами) двигателя, т. е. со средой.

В ДВС применяют клапанные, золотниковые или комбинированные ГРМ. Четырехтактные моторы самоходных машин имеют исключительно клапанные газораспределительные механизмы. Основными элементами клапанного ГРМ являются:

- клапаны с седлами и возвратными пружинами;
- распределительный (кулачковый) вал;
- механизм привода распределительного вала;
- детали привода от распределительного вала к клапанам (толкатели, штанги, одно- или двуплечие рычаги с их валиками и др.).

Клапан является финишным элементом ГРМ и предназначен для сообщения полости цилиндра с соответствующим каналом (впускным или выпускным) согласно фазам газораспределения. В остальное время рабочего цикла клапан должен изолировать полость цилиндра от соответствующего канала. Клапан состоит из стержня с канавкой и тарелки с фаской.

Распределительный вал служит для преобразования вращательного движения в поступательное. При набегании кулачка распределительного вала на толкатель последний воспринимает значительные боковые нагрузки и передает их корпусным деталям, а осевые усилия – следующим за ним подвижным деталям ГРМ, которые, преодолевая силу пружины, открывают клапан. Стержни клапанов и толкатели перемещаются в специальных направляющих антифрикционных втулках.

Работа ГРМ и КШМ строго синхронизирована посредством механизма привода, т. е. положению поршней в цилиндрах должно соответствовать строго определенное положение клапанов. Эту связь показывает диаграмма фаз газораспределения (рисунок 2.1).

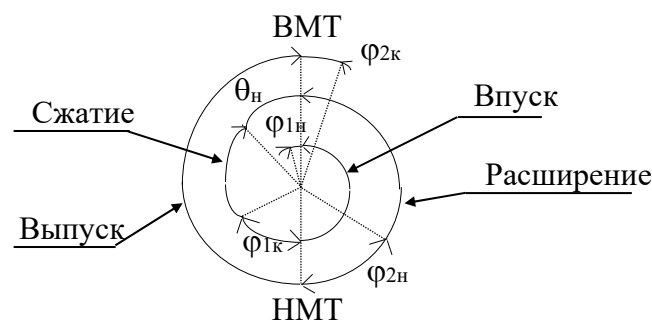


Рисунок 2.1 – Диаграмма фаз газораспределения четырехтактного ДВС



Если ДВС четырехтактный, то распределительный вал имеет угловую скорость в 2 раза меньше по сравнению с коленчатым. Это связано с тем, что за полный рабочий цикл (два оборота коленчатого вала) распределительный вал делает только один оборот, т. е. он один раз открывает и закрывает каждый клапан.

Различают ГРМ:

– с нижним расположением клапанов, когда стержень клапана расположен ниже тарелки, а сами клапаны устанавливаются в направляющих втулках блока цилиндров (рисунок 2.2);

– с верхним расположением клапанов, когда стержень клапана находится выше тарелки и клапаны устанавливаются в направляющих втулках головки блока цилиндров (рисунок 2.3).

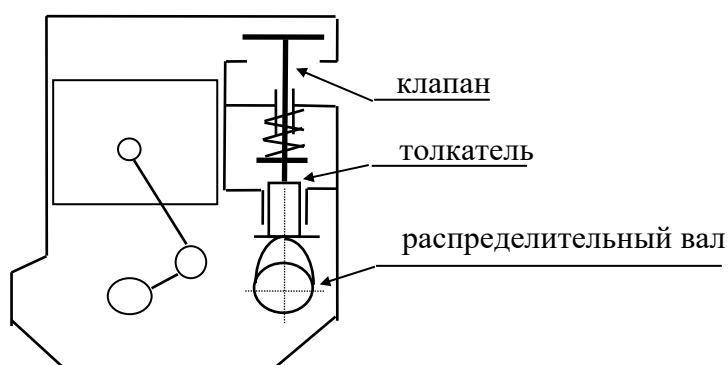


Рисунок 2.2 – Схема ГРМ с нижним расположением клапана

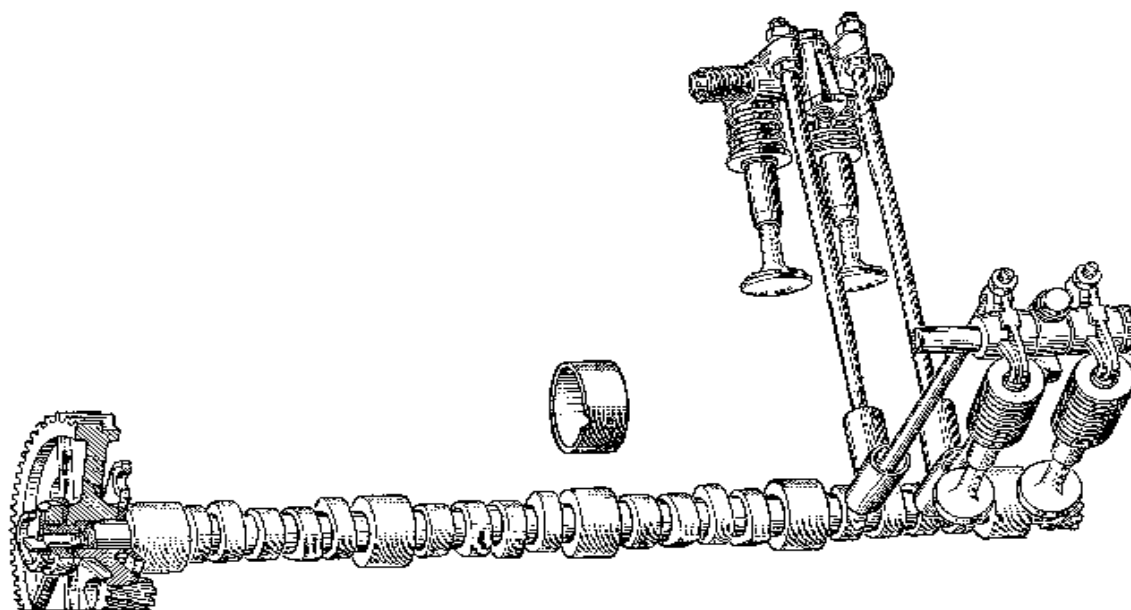


Рисунок 2.3 – ГРМ с верхним расположением клапанов

В современных ДВС самоходных машин исключительное применение находят ГРМ с верхним расположением клапанов. Схемы таких механизмов показаны на рисунке 2.4.

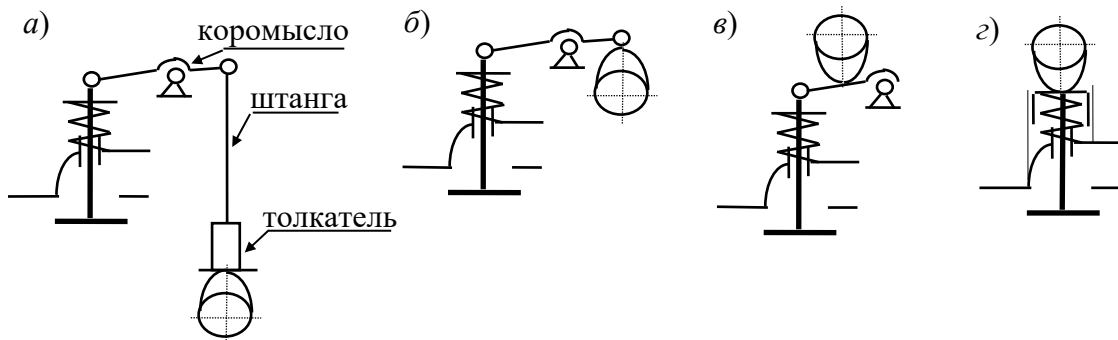


Рисунок 2.4 – Схемы ГРМ с верхним расположением клапанов

Распределительный вал может располагаться в блок-картере или в головке блока. В последнем случае упрощается привод от распределительного вала к клапанам, уменьшаются силы инерции, но увеличивается расстояние от оси вращения коленчатого вала до оси распределительного.

При верхнем расположении распределительного вала его привод может осуществляться с помощью шестерённой передачи, цепной передачи или зубчатым ремнем. В последних двух случаях в свободной ветви цепи или ремня устанавливают натяжитель.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение газораспределительного механизма.
- 2 Классификация ГРМ.
- 3 Структура ГРМ.
- 4 Конструкция распределительного вала.
- 5 Конструкция клапана.
- 6 Конструкция и назначение толкателя.
- 7 Конструкция механизма привода распределительного вала.
- 8 Диаграмма фаз газораспределения четырехтактного ДВС.

### **3 Лабораторная работа № 3. Системы подачи воздуха и выпуска отработавших газов**

Системы подачи воздуха и выпуска отработавших газов входят в систему питания двигателя. Система подачи воздуха предназначена для организации (очистки, подогрева или охлаждения, сжатия, завихрения) подачи в цилиндры двигателя свежего воздуха, необходимого для сгорания топлива, а система выпуска отработавших газов – для организации (гашения пламени, уменьшения шума, снижения концентрации токсичных веществ) выпуска отработавших газов из цилиндров двигателя.

Основными элементами системы подачи воздуха являются воздухозаборник, воздушный фильтр, впускные трубопроводы с впускным коллектором, может быть компрессор (турбокомпрессор и (или) нагнетатель с механическим приводом) и может быть охладитель наддувочного воздуха.

Применяют воздушные фильтры с бумажным или иным поверхностным фильтрующим элементом, инерционные (объёмные) или комбинированные.

Принцип работы инерционного воздушного фильтра основан на резком изменении направления движения воздуха. При этом твердые частицы за счет сил инерции отходят к периферии фильтра, а более легкие молекулы воздуха направляются к выпускному патрубку фильтра. Степень очистки – до 98 %. Наиболее качественная очистка (до 99,9 %) воздуха осуществляется в фильтрах с бумажными фильтрующими элементами, но при этом сопротивление воздушному потоку больше, чем в инерционных. На самоходных машинах, работающих в сильно запылённых условиях (тракторы, комбайны, строительные дорожные машины и т. п.) в качестве воздушных фильтров применяют комплексные, где очистка воздуха осуществляется как инерционным способом, так и с помощью фильтрующих элементов.

Для увеличения массы воздуха, входящей в цилиндры двигателя при впуске, применяют наддув, для чего используют специальные компрессоры. Если в цилиндре будет больше воздуха, то, соответственно, туда можно подать больше топлива, которое полностью сгорит. В результате можно получить большие давления газов в цилиндрах, а значит, большие крутящие моменты и мощности при тех же основных размерах мотора.

Если в двигателе используется турбонаддув, то отработавшие газы, выходя из цилиндров на такте выпуска, давят на лопатки турбины и заставляют ее вращаться с большой скоростью (до 200 тыс. об/мин). На одном валу с турбиной закреплено лопастное колесо центробежного компрессора, которое, вращаясь, сжимает воздух (рисунок 3.1).

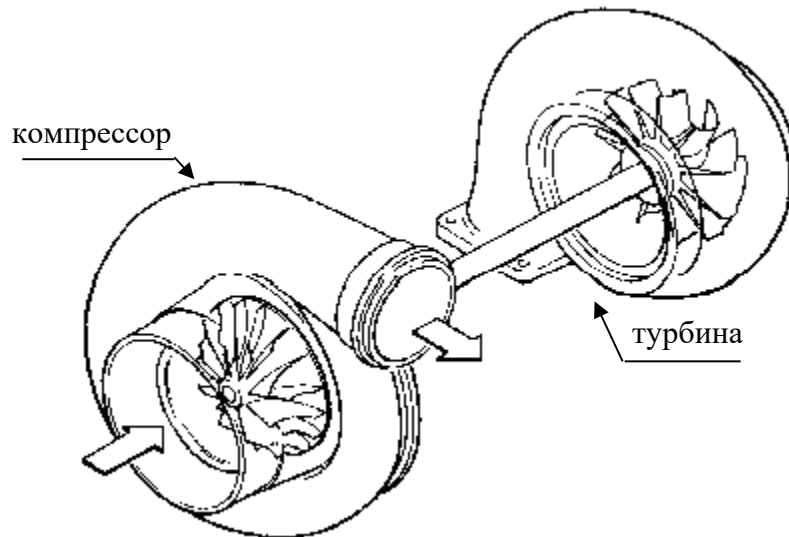


Рисунок 3.1 – Турбокомпрессор

Как видим, турбокомпрессор является элементом сразу двух систем – системы подачи воздуха и системы выпуска отработавших газов.

Основные элементы системы выпуска отработавших газов:

- выпускные трубопроводы с выпускным коллектором;
- у двигателей с газотурбинным наддувом – турбина;
- нейтрализатор отработавших газов;
- глушитель шума.

Глушитель представляет собой емкость с множеством перегородок с отверстиями. Газы, проходя через глушитель, многократно изменяют свое направление, относительно плавно расширяются и за счет этих местных сопротивлений уменьшают свою скорость, температуру и давление.

Для уменьшения концентрации вредных веществ в отработавших газах на современных машинах применяют каталитические нейтрализаторы. Такие устройства состоят из металлического корпуса с входным и выходным патрубками. Внутри расположен мелкоячеистый керамический элемент, имеющий покрытие из платины и родия.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение и структура системы подачи воздуха.
- 2 Назначение и структура системы выпуска отработавших газов.
- 3 Конструкция и принцип работы воздушного фильтра.
- 4 Конструкция и принцип работы турбокомпрессора.
- 5 Конструкция каталитического нейтрализатора отработавших газов.
- 6 Конструкция глушителя.
- 7 Назначение и конструкция системы рециркуляции отработавших газов.

## 4 Лабораторная работа № 4. Системы подачи топлива дизелей

Система подачи топлива двигателя с самовоспламенением предназначена для своевременной подачи в каждый цилиндр строго дозированной порции очищенного и сжатого до высоких давлений (до 250 МПа) топлива.

В дизелях самоходных машин применяют системы подачи топлива аккумуляторного типа и неаккумуляторные, которые делят на разделённого и неразделённого типа, т. е. с насос-форсунками.

Основные элементы разделённой системы подачи топлива автотракторного дизеля (рисунок 4.1) – топливный бак, подкачивающий насос, фильтры грубой и тонкой очистки, регулируемый топливный насос высокого давления (ТНВД) с нагнетательными клапанами, трубопроводы, гидрорегулируемые форсунки.

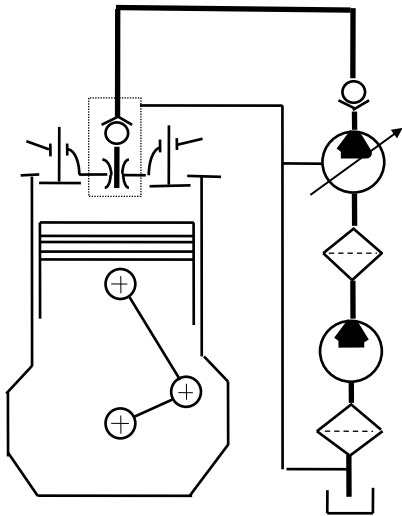


Рисунок 4.1 – Схема разделенной системы подачи топлива дизеля

Насос подкачки, как правило поршневого или пластинчатого типа, нужен для прокачки топлива через фильтры и подачи к ТНВД.

Насос подкачки, как правило поршневого или пластинчатого типа, нужен для прокачки топлива через фильтры и подачи к ТНВД.

В системах питания дизелей используют плунжерные ТНВД как секционный тип, когда каждая секция насоса подает топливо в отдельный цилиндр, так и распределительного типа, когда одна секция насоса подает топливо последовательно в разные цилиндры.

Основными элементами ТНВД системы разделенного типа являются:

- одна или несколько плунжерных секций, каждая из которых состоит из гильзы (втулки), плунжера с роликовым толкателем, возвратной пружины и нагнетательного клапана;
- кулачковый вал (шайба или кольцо), с приводом от коленчатого вала ДВС через шестеренную, цепную или зубчато-ременную передачу и часто через муфту регулирования опережения подачи топлива;
- регулятор цикловой подачи топлива.

Финишными элементами системы подачи топлива дизеля являются форсунки. На многих моделях современных дизелей используются закрытые бесштифтовые форсунки. Основные элементы такой форсунки – корпус, впускной штуцер с сетчатым фильтром, механизм регулировки с пружиной, винтом, штангой и штуцером утечек, корпус распылителя с иглой и гайкой.

В аккумуляторной системе подачи топлива (*Common Rail*) используют электроуправляемые форсунки и нерегулируемый ТНВД. В такой системе (рисунок 4.2) в зависимости от режима работы мотора количество впрыскиваем-

мого в цилиндры топлива зависит от длительности электрического импульса, подаваемого электронным блоком управления (ЭБУ), на каждую форсунку.

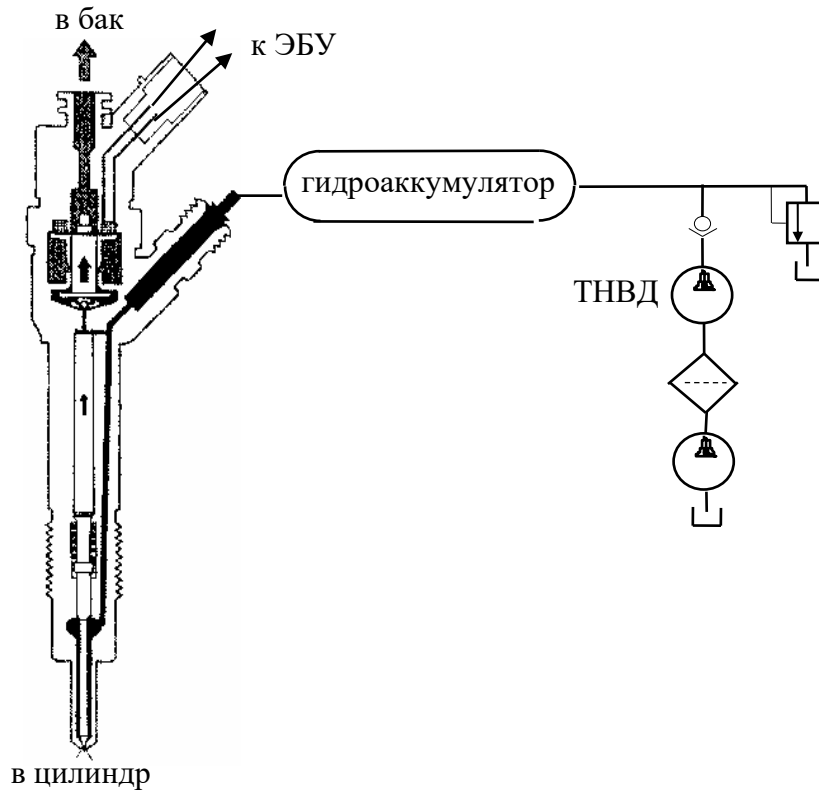


Рисунок 4.2 – Схема аккумуляторной системы подачи топлива

После подачи напряжения от электронного блока управления на катушку электроклапана форсунки открывается сливной клапан и давление выше плунжера уменьшается, т. к. эта полость связана с впускным штуцером через дроссель. Сила от плунжера, воздействующего сверху на иглу распылителя, уменьшается. Под действием сил давления топлива от гидроаккумулятора игла поднимается и открывает распылительные отверстия, осуществляя подачу топлива в цилиндр.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение системы подачи топлива дизеля.
- 2 Классификация систем подачи топлива дизелей.
- 3 Структура системы подачи топлива разделенного типа.
- 4 Конструкция и принцип работы ТНВД.
- 5 Конструкции и принципы работы дизельных форсунок.
- 6 Структура и принцип работы аккумуляторной системы подачи топлива.

## 5 Лабораторная работа № 5. Системы подачи топлива бензиновых двигателей

Данная система предназначена для приготовления топливовоздушной смеси требуемого состава (качества), подаваемой в цилиндры двигателя.

Для моторов с принудительным воспламенением применяют:

- карбюраторные системы подачи топлива;
- системы с впрыском топлива, которые делят на:

а) системы с впрыском во впускной коллектор (распределенный по цилиндрам, т. е. через несколько форсунок, или моновпрыск);

б) системы с непосредственным впрыском в цилиндры на впуске.

Система подачи топлива карбюраторного ДВС (рисунок 5.1) состоит из топливного бака, бензонасоса, топливного фильтра, карбюратора.

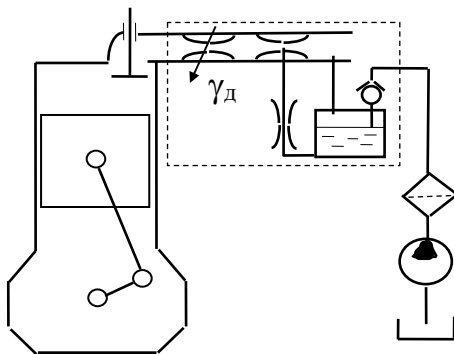


Рисунок 5.1 – Схема системы подачи бензина с простейшим карбюратором

Обратным клапаном необходимы для поддержания постоянного расстояния между диффузором и уровнем топлива в данной камере. Этим обеспечивается независимость подачи топлива от производительности бензонасоса. Регулирование цикловых подач топлива и воздуха осуществляется установкой различного положения  $\gamma_d$  дроссельной заслонки карбюратора.

На современных двигателях с принудительным воспламенением применяют не карбюраторные системы подачи топлива, а системы с впрыском через форсунки с электронным управлением. Структура такой системы аналогична дизельной *Common Rail*.

### Контрольные вопросы

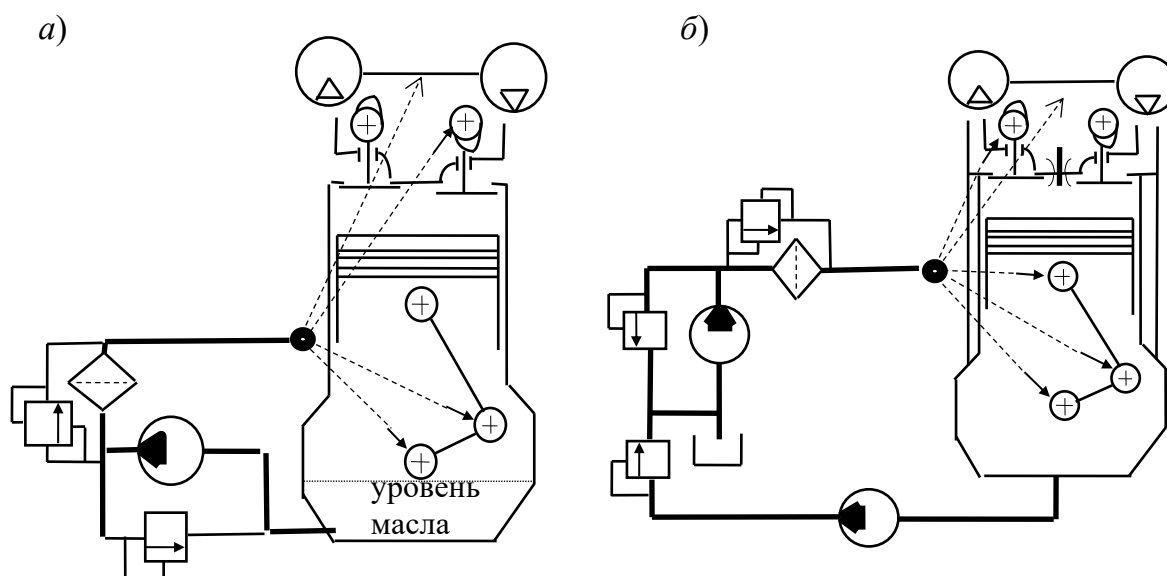
- 1 Назначение системы подачи бензина.
- 2 Классификация систем подачи бензина.
- 3 Структуры карбюраторной системы подачи бензина.
- 4 Конструкция простейшего карбюратора.
- 5 Конструкция форсунки впрыска бензина.

## 6 Лабораторная работа № 6. Системы смазки ДВС

Система смазки предназначена для уменьшения сил трения и коррозии в механизмах двигателя, а также совместно с системой охлаждения для поддержания оптимального теплового режима мотора.

Любая пара трения может смазываться под давлением, разбрызгиванием или самотеком. Наиболее нагруженные пары смазываются под давлением. Это подшипники коленчатого и распределительного валов, ротор турбокомпрессора и др. Разбрызгиванием смазываются менее нагруженные пары трения или те, куда затруднительно подвести под давлением смазку, например, между цилиндрами и поршнями, кулачками распределительного вала и толкателями. Самотеком в основном смазываются ненагруженные или слабонагруженные пары.

Различают системы смазки с мокрым картером и сухим (рисунок 6.1).



а – с мокрым картером; б – с сухим картером

Рисунок 6.1 – Схемы систем смазки

Системы смазки с сухим картером применяют на крупногабаритных мощных моторах, где картеры имеют весьма значительные объемы. В такой системе используются два насоса, один из которых откачивает масло из картера, другой подает смазку к трущимся парам из дополнительной емкости – масляного бака.

Основными элементами системы смазки с мокрым картером являются емкость с моторным маслом (масляный картер), масляный насос с редукционным клапаном, масляный фильтр с предохранительным клапаном, центральная масляная магистраль с периферийными масляными каналами, система вентиля-



ции картера. На машинах, длительно работающих с большими нагрузками, система смазки имеет масляный радиатор.

В обозначении моторного масла присутствуют индекс вязкости и индекс применимости (назначения). Если в масле присадок до 20 %, то оно называется минеральным, если присадок от 20 % до 40 % – полусинтетическим, если же более 40 % – синтетическим.

Масляный насос предназначен для создания избыточного давления и подачи масла к трущимся парам. В системах смазки двигателей самоходных машин в качестве масляных применяют одно- или двухсекционные шестеренные насосы, в которые, как правило, встраиваются редуцирующие клапаны, ограничивающие максимальные давления масла. Обычно в системе смазки поддерживается давление от 0,1 до 0,8 МПа.

Фильтры предназначены для отделения твердых частиц (продуктов износа) от масла. Применяют фильтры с бумажными фильтрующими элементами (поверхностные), центробежные и с керамическими фильтрующими элементами (объемные).

Система вентиляции картера предназначена для поддержания давления в картере близко к атмосферному. Этим уменьшается противодействие на поршни в тактах расширения и впуска и разжижение масла. Для вентиляции картера от газов, прорвавшихся через поршневые кольца из камер сгорания, и служит данная система, которая состоит из трубопровода, связывающего картер с впускным коллектором, и маслоотделителя.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение системы смазки ДВС.
- 2 Классификация способов смазывания.
- 3 Структура системы смазки ДВС с мокрым картером.
- 4 Маркировка моторного масла.
- 5 Структура системы смазки ДВС с сухим картером.
- 6 Конструкции масляных насосов.
- 7 Конструкции масляных фильтров.
- 8 Конструкция системы вентиляции картера.

## 7 Лабораторная работа № 7. Системы охлаждения ДВС

Система охлаждения предназначена для поддержания оптимального теплового режима двигателя. Оптимальным считается режим, когда температура наружных стенок блока цилиндров  $90\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При этом температура днища поршня около  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура распылителя форсунки или электродов свечи зажигания около  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Система охлаждения обеспечивает быстрый и равномерный прогрев после запуска холодного двигателя и поддержание указанного теплового режима при дальнейшей работе.

В ДВС применяют либо воздушную систему охлаждения, либо жидкостную. Большинство моделей двигателей имеют жидкостное охлаждение. Это связано с лучшей тепловой стабильностью и меньшей шумностью мотора. Однако жидкостная система охлаждения более сложна.

Основными элементами воздушной системы охлаждения являются ребра охлаждения на головке и цилиндрах, могут быть наружные кожухи с окнами и термостатами для регулировки проходного сечения окон, вентилятор с приводом от коленчатого вала или иным (рисунок 7.1).

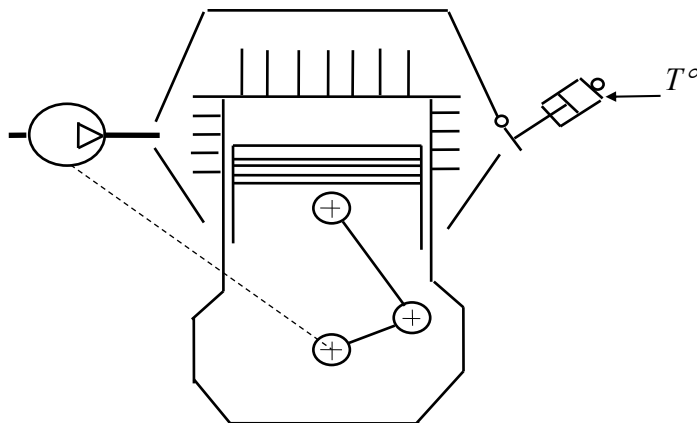


Рисунок 7.1 – Схема воздушной системы охлаждения

Основными элементами жидкостной системы охлаждения (рисунок 7.2) являются рубашка охлаждения с охлаждающей жидкостью, водяной насос, термостат, радиатор, паровой и воздушный клапаны, расширительный бачок, вентилятор. В качестве охлаждающих жидкостей применяют антифризы. Это растворы этиленгликоля в дистиллированной воде с различными присадками (моющими, противопенными, противокоррозионными и др.). Такие жидкости имеют повышенный коэффициент расширения. Поэтому в системе предусматривают специальную емкость – расширительный бачок, заполненный примерно на половину.

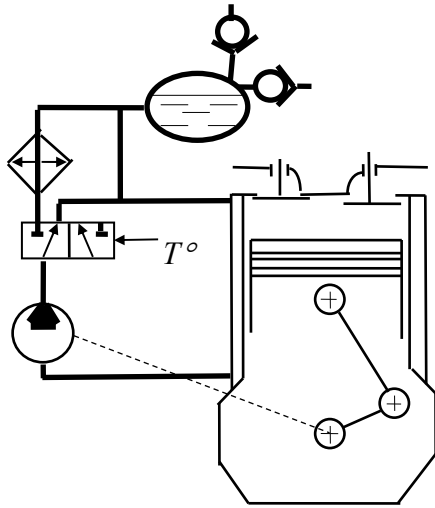


Рисунок 7.2 – Схема жидкостной системы охлаждения ДВС

располагается один или два клапана с приводом от штока миниатюрного гидроцилиндра, заполненного легкоплавким рабочим телом – парафиновой смесью (церезином). При достижении температуры плавления наполнителя (около 75 °С) его объем существенно увеличивается и открывается соответствующий канал системы охлаждения.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Назначение системы охлаждения ДВС.
- 2 Классификация систем охлаждения двигателей.
- 3 Структура воздушной системы охлаждения.
- 4 Структура жидкостной системы охлаждения.
- 5 Конструкция термостата.
- 6 Конструкция радиатора.
- 7 Конструкция водяного насоса.
- 8 Структура антифриза.

Водяной насос лопастного типа, центробежный, как рассмотренный ранее компрессор системы питания с наддувом, приводится от коленчатого вала ременной передачей. Иногда на одном валу с ним располагают вентилятор радиатора.

Термостат – это автоматический клапан, который направляет поток жидкости от водяного насоса либо по малому кругу циркуляции, т. е. только по рубашке охлаждения, либо по большому кругу – из рубашки в радиатор. Термостат имеет один входной патрубок и два выходных, каждый из которых связан с радиатором и рубашкой. Внутри корпуса термостата

## 8 Лабораторная работа № 8. Системы запуска поршневых ДВС

Система запуска предназначена для принудительного вращения вала двигателя с частотой не менее 100 об/мин с целью обеспечения условий для самостоятельной работы ДВС.

Необходимость данной системы объясняется тем, что поршневой ДВС может самостоятельно работать только тогда, когда его коленчатый вал будет раскручен до указанной минимальной пусковой частоты вращения и выше. Ибо при таких скоростях в камере сгорания складываются благоприятные условия (температура, давление, завихрение свежего заряда) для воспламенения топлива.

Применяют следующие методы запуска ДВС:

- электростартерный;
- вспомогательным пусковым ДВС;
- пневматический;
- с помощью мускульной силы человека, т. е. заводной рукояткой или зубчатым сектором с рычагом (кикстартер);
- буксировкой тягачом;
- с помощью силы тяжести при движении с горки;
- комбинированный.

Для ДВС современных самоходных машин основным видом запуска является электростартерный. Такая система имеет следующие основные элементы (рисунок 8.1): стартер, аккумуляторную батарею, стартерные электрические цепи с коммутирующими приборами.

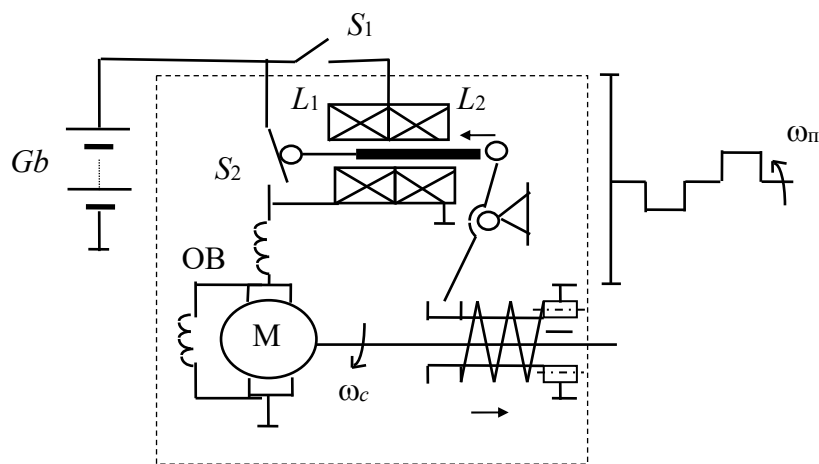


Рисунок 8.1 – Схема системы электростартерного запуска ДВС

Стартер состоит из трех основных частей: электрического двигателя; тягового реле; привода стартера.

При включении стартера с помощью замка зажигания  $S_1$  или кнопки пуска происходит подача напряжения на тяговое реле. Его якорь перемещается внутрь катушки и поворачивает рычаг привода стартера, перемещающего муф-

ту привода по валу электродвигателя и вводит в зацепление с зубчатым венцом маховика ДВС шестерню привода стартера. В конце своего хода якорь тягового реле подключает к аккумуляторной батарее обмотки возбуждения (ОВ) и якорь электромотора стартера, который прокручивает коленчатый вал ДВС.

Шестерня привода стартера связана с валом электродвигателя через обгонную, храповую или фрикционную муфту. Это необходимо для того, чтобы запустившийся ДВС не сломал стартер, т. к. коленчатый вал самостоятельно работающего ДВС имеет частоту вращения существенно больше пусковой.

В приводе стартера также имеется демпферная пружина, которая позволяет подключить электродвигатель стартера при попадании зуба шестерни привода на зуб венца маховика. В этом случае указанная пружина сожмется и в конце своего хода якорь тягового реле подключит электродвигатель.

На рисунке 8.2 показана схема пневматической системы запуска, применяемая на ДВС большой мощности.

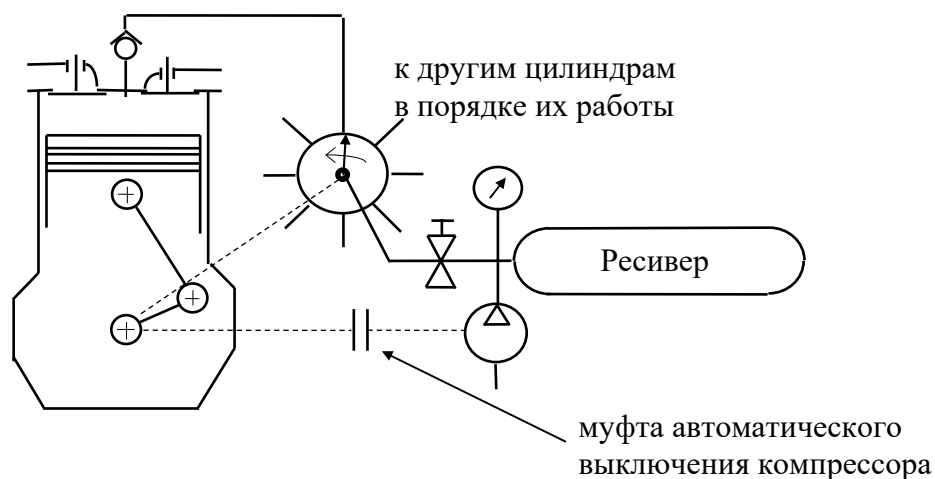


Рисунок 8.2 – Схема системы пневматического запуска ДВС

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение системы запуска ДВС.
- 2 Классификация методов запуска.
- 3 Структура и принцип работы электростартерной системы запуска.
- 4 Структура стартера.
- 5 Конструкция тягового реле стартера.
- 6 Конструкция привода стартера.
- 7 Конструкция электродвигателя стартера.
- 8 Назначение и конструкция маховика двигателя.
- 9 Структура и принцип работы системы пневматического запуска ДВС.

## 9 Лабораторная работа № 9. Системы зажигания и особенности двухтактных ДВС

Система зажигания предназначена для своевременного принудительного воспламенения топливовоздушной смеси в недизельных моторах.

В качестве систем зажигания в современных поршневых ДВС применяют искровые, т. е. такие, в которых исполнительным элементом является искровая свеча зажигания (рисунок 9.1). Её основные элементы – корпус с боковым электродом, шестигранной частью и резьбой для завинчивания свечи в головку цилиндра, центральный электрод, керамический изолятор, уплотнительное кольцо.

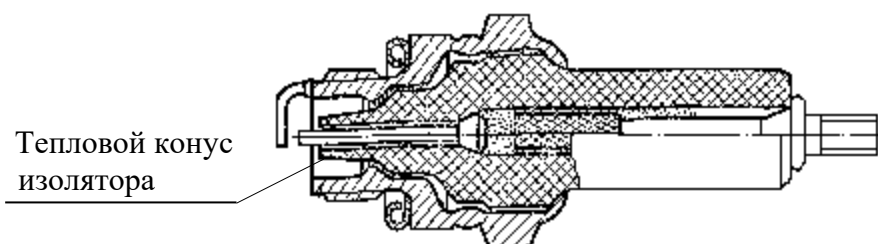


Рисунок 9.1 – Свеча зажигания

После подачи на свечу высокого напряжения (15...25 кВ) между ее электродами, находящимися на расстоянии 0,7...1,2 мм, проскакивает электрическая искра, которая воспламеняет топливовоздушную смесь в цилиндре ДВС.

Одной из самых простых и исторически первых систем зажигания является магнето (рисунок 9.2). Это электромеханический прибор, предназначенный для получения переменного тока и преобразования его в импульсы высокого напряжения.

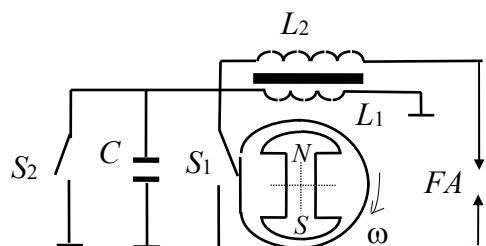
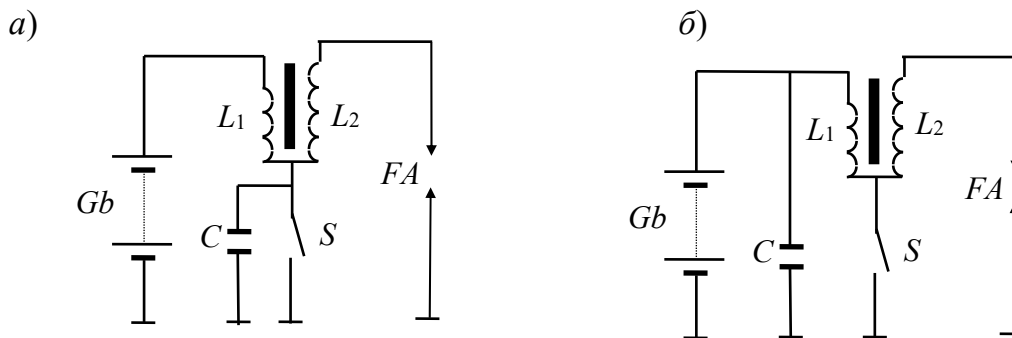


Рисунок 9.2 – Схема магнето

Наиболее часто в двигателях с принудительным воспламенением применяют батарейные системы зажигания. Их делят на два класса – с накоплением энергии в индуктивности и с накоплением энергии в емкости. И в той, и в другой системе имеют место одни и те же элементы – источник электрической энергии (аккумуляторная батарея при неработающем двигателе и генератор при работающем), катушка зажигания, выполняющая функцию трансформатора,

конденсатор, прерыватель, свеча зажигания. Отличие состоит в подключении конденсатора и в параметрах элементов (рисунок 9.3).



*a* – с накоплением энергии в индуктивности; *б* – с накоплением энергии в емкости

Рисунок 9.3 – Схемы батарейных систем зажигания одноцилиндровых ДВС

В многоцилиндровом ДВС от системы зажигания требуется распределение искровых разрядов по цилиндрам в соответствии с порядком работы. Для этого используется специальный прибор – прерыватель-распределитель, угловая скорость ротора  $\omega_p$  которого (рисунок 9.4) у четырехтактного мотора в 2 раза меньше угловой скорости коленчатого вала двигателя  $\omega_d$ . На роторе закреплен бегунок (подвижный контакт) распределителя, положение которого строго синхронизировано относительно КШМ.

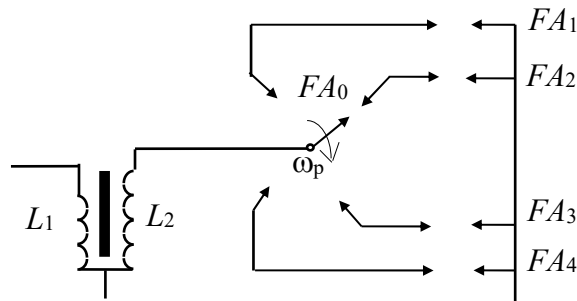


Рисунок 9.4 – Схема высоковольтного распределителя

Особенностями двухтактных ДВС являются простота и дешевизна всех механизмов и систем. Это связано с тем, что такие моторы применяют на малогабаритной маломощной технике – мопедах, мотоциклах малых классов, пусковых двигателях дизелей северного исполнения.

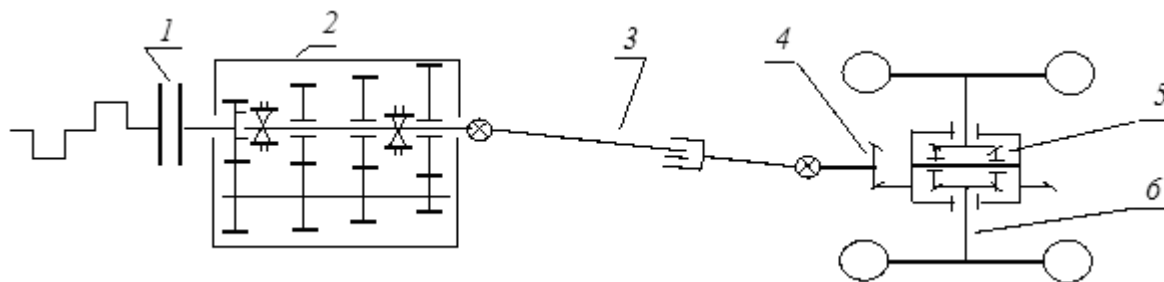
### Контрольные вопросы

- 1 Назначение и классификация системы зажигания ДВС.
- 2 Структура и конструкция батарейной системы зажигания.
- 3 Особенности двухтактных ДВС.
- 4 Конструкция и принцип работы магнето.

## 10 Лабораторная работа № 10. Механические трансмиссии

Трансмиссия – совокупность механизмов, предназначенная для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам машины и преобразования этого момента по величине и направлению.

Наиболее широко на самоходной технике применяются механические трансмиссии (рисунок 10.1).



1 – сцепление; 2 – коробка передач; 3 – карданная передача; 4 – главная передача; 5 – дифференциал; 6 – полуоси

Рисунок 10.1 – Схема механической трансмиссии

Сцепление предназначено для кратковременного отключения двигателя от ведущих колес и плавного увеличения крутящего момента на них при трогании с места и переключениях передач.

Коробка передач (многоступенчатый шестеренный редуктор) предназначена для ступенчатого изменения крутящего момента и длительного отключения двигателя от ведущих колес.

Карданная передача предназначена для передачи крутящего момента под углом, т. е. для соединения несоосных валов механизмов.

Главная передача служит для увеличения крутящего момента и в случае продольного расположения двигателя для передачи момента под углом  $90^\circ$ .

Межколесный дифференциал предназначен для предотвращения скольжения ведущих колес при движении на повороте и переезде неровностей.

Полуоси передают крутящий момент от центрального редуктора главной передачи к ведущим колесам.

На подавляющем большинстве моделей самоходных машин применяются нормально замкнутые сцепления. На рисунке 10.2 показана схема сцепления. Основными его элементами являются: маховик, выполняющий в сцеплении функцию ведущего диска; кожух, жестко прикрепленный к маховику; нажимной диск, имеющий возможность перемещаться в осевом направлении относительно кожуха и маховика; ведомый диск с фрикционными накладками и демпфером крутильных колебаний; пружины, прижимающие нажимной и ведомый диски к маховику; отжимные рычаги, отводящие нажимной диск от ведомого при выключении сцепления; выжимной (упорный) подшипник; вилка выключения сцепления.



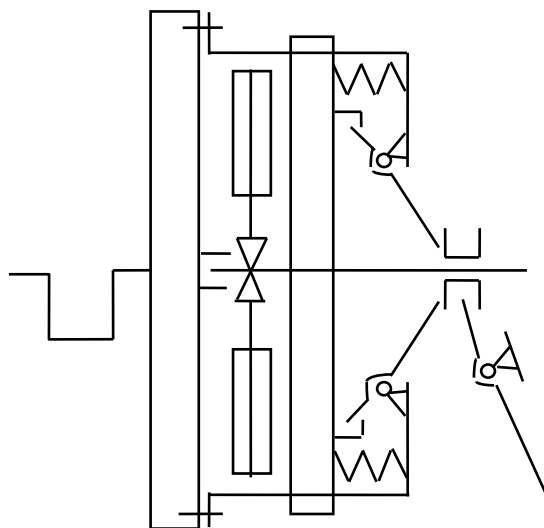


Рисунок 10.2 – Схема сцепления

Приводы выключения сцепления могут быть механические, гидравлические или пневматические.

Коробка передач (КП) состоит из картера, валов, зубчатых колес, механизма переключения передач.

В случае полноприводной или многоприводной машины в трансмиссии предусматривается еще один механизм – раздаточная коробка, предназначенная для раздачи мощности двигателя между ведущими мостами и увеличения числа передач. Конструкция раздаточной коробки аналогична коробке передач.

Переключение передач в коробке передач или раздаточной коробке может осуществляться либо шестернями, скользящими по шлицам вала, либо простыми или синхронизированными зубчатыми муфтами, либо фрикционами. В последних случаях зубчатые венцы ведущих и ведомых шестерен каждой передачи постоянно находятся в зацеплении, но с валом нет жесткой связи у ведущих или ведомых зубчатых колес. Эта связь обеспечивается только при включении соответствующей передачи.

Основные части гидроуправляемого фрикциона (рисунок 10.3):

- шлицевая ступица с отверстиями для подвода рабочей жидкости;
- поршень с уплотнительными кольцами;
- ведущие и ведомые диски;
- возвратные пружины.

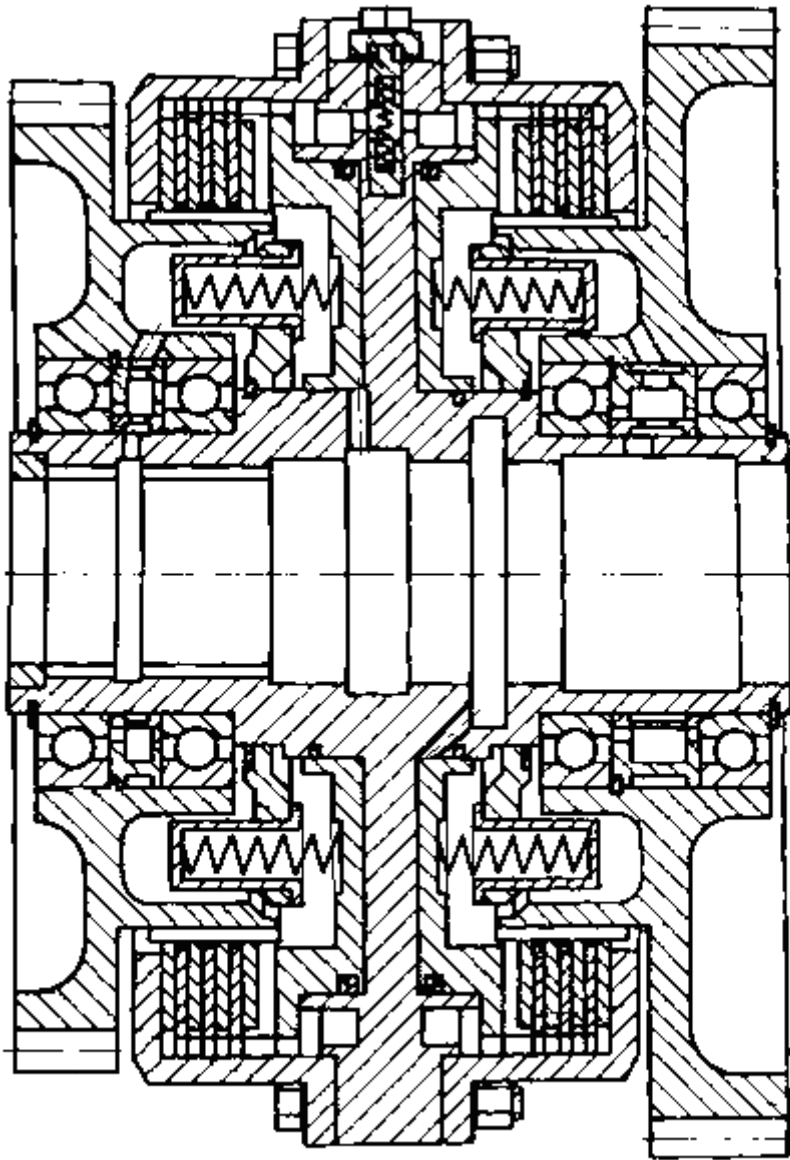


Рисунок 10.3 – Сдвоенный фрикцион

Связь валов механизмов трансмиссии (коробки передач, раздаточной коробки и других) осуществляют с помощью карданных передач.

Основными элементами карданной передачи являются шарниры, валы (как правило, трубчатые), подвижное шлицевое соединение, промежуточная опора (при наличии трех и более шарниров).

При продольном расположении двигателя главная передача представляет собой конический редуктор с установленным внутри дифференциалом. В этом случае размещают главную передачу в центральной части балки ведущего моста. Если подвески колес независимые, то картер главной передачи крепят к несущей системе машины.

На машинах большой грузоподъемности главная передача должна увеличивать крутящий момент более чем в пять раз. Поэтому данный механизм делают либо двухступенчатым, либо применяют разнесенную главную пере-

дачу, т. е. в виде центрального редуктора и колесных планетарных или иных редукторов.

Наиболее часто дифференциал выполняют в виде планетарного механизма (рисунок 10.4), который состоит из корпуса с крышкой и осями сателлитов (все вместе есть водило), сателлитов, шестерней полуосей.

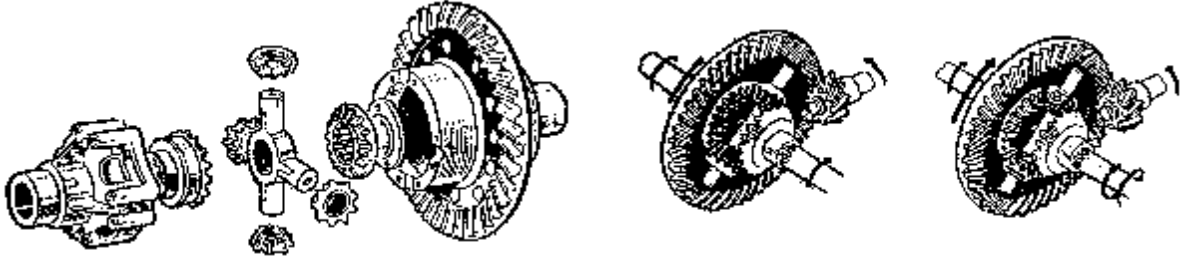


Рисунок 10.4 – Межколесный дифференциал

При одинаковом сопротивлении на полуосях сателлиты не вращаются вокруг своих осей, т. е. их относительного движения внутри механизма не происходит, но они совершают переносное движение совместно с корпусом дифференциала.

При различных сопротивлениях на полуосях, например при повороте, сателлиты вращаются вокруг своих осей и увеличивают угловую скорость менее нагруженной полуоси (внешней по отношению к центру поворота), уменьшая угловую скорость более нагруженной. При этом крутящие моменты на полуосях равны моменту сопротивления наименее нагруженной полуоси (если не учитывать сравнительно малое трение внутри дифференциала).

Полуоси – это валы с подшипниками, в зависимости от установки которых различают разгруженные и неразгруженные полуоси от изгибающего момента.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение трансмиссии.
- 2 Классификация трансмиссий.
- 3 Структура механической трансмиссии.
- 4 Назначение и конструкция сцепления.
- 5 Назначение и конструкция коробки передач.
- 6 Назначение и конструкция карданной передачи.
- 7 Назначение и конструкция главной передачи.
- 8 Назначение и конструкция дифференциала.
- 9 Назначение и конструкция полуосей.

## 11 Лабораторная работа № 11. Гидромеханические трансмиссии

Для облегчения управления самоходных машин применяют гидромеханические трансмиссии (ГМТ) (рисунок 11.1). Отличительной особенностью ГМТ является наличие гидродинамического трансформатора (ГДТ), который автоматически изменяет крутящий момент на своём выходном валу в зависимости от нагрузки на нём. Гидротрансформатор, собранный в одном агрегате с коробкой передач, называется гидромеханической передачей (ГМП).

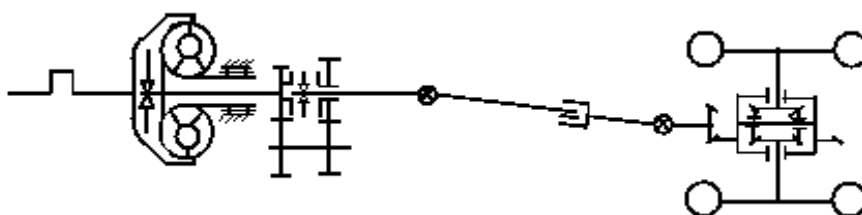


Рисунок 11.1 – Схема ГМТ

На самоходной технике, как правило, применяют комплексные гидротрансформаторы. Это такие, где ГДТ может работать и в режиме трансформации (преобразования) момента, и в режиме гидромуфты (после разгона), когда момент не преобразуется, но КПД более высок. Для ещё большего КПД применяют блокировку ГДТ.

Основными элементами ГДТ являются: насосное лопастное колесо с входным (насосным) валом; турбинное лопастное колесо с выходным (турбинным) валом; одно или два реакторных лопастных колеса, установленных через обгонные муфты на трубчатой оси соосно с турбинным валом.

Рабочая полость ГДТ заполняется специальной маловязкой жидкостью для уменьшения сил трения о стенки межлопастных каналов и минимизации влияния вязкости жидкости на характеристики трансмиссии.

ГДТ самоходной машины имеет внешнюю гидросистему, состоящую из насоса, радиатора, фильтра, трубопроводов и клапана поддержания избыточного давления в полости ГДТ для предотвращения кавитации.

### *Контрольные вопросы*

- 1 Назначение ГМТ.
- 2 Структура ГМТ.
- 4 Конструкция гидротрансформатора.
- 5 Конструкция фрикциона блокировки ГДТ.
- 6 Конструкция ГМП.
- 7 Структура внешней гидросистемы ГМП.

## 12 Лабораторная работа № 12. Колесные и гусеничные движители

Движитель – это механизм, осуществляющий взаимодействие машины с опорной поверхностью. Он является частью ходовой системы самоходной машины.

Колесный движитель состоит из колес, ступиц колес, несущих деталей мостов.

Основные элементы колеса – шина, обод, диск, крепежные детали.

Пневматическая шина состоит из покрышки с камерой (если шина камерная), вентиля, ободной ленты (на крупногабаритных колесах).

Покрышка имеет (рисунок 12.1) наружные части (протектор, боковины, борта) и внутренние (бортовые кольца, крыльевые ленты с каркасом, брекер).

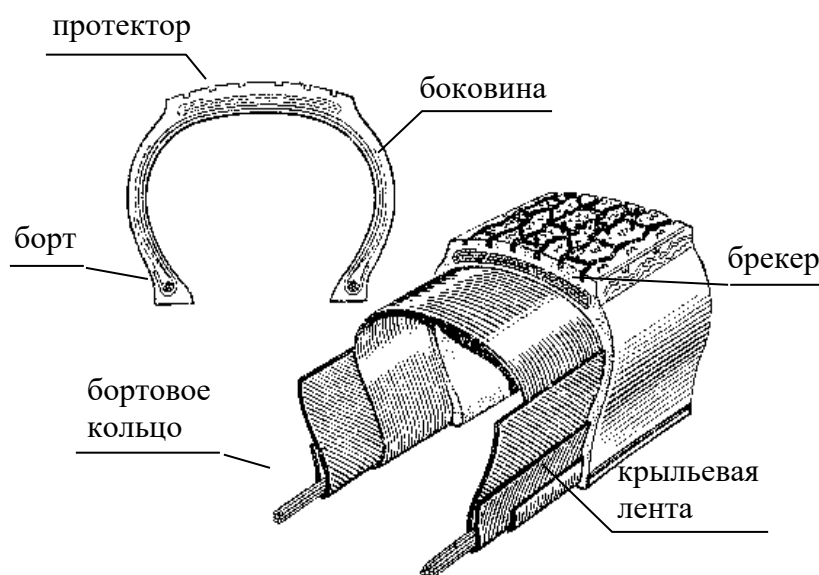


Рисунок 12.1 – Конструкция покрышки

Основным несущим элементом покрышки является каркас (корд), который состоит из одного или нескольких (до пяти десятков) слоев нитей. Число слоев и диаметр нитей зависят от грузоподъемности шины и материала корда (хлопок, нейлон, капрон, сталь и др.). Диаметр нитей каркаса – 0,1...0,8 мм. Нити в каждом из слоев занимают определенное положение, характеризуемое углом  $\beta$  между направлением нитей корда в середине протектора и поперечным сечением покрышки. У диагональных шин угол  $\beta = 45^\circ \dots 60^\circ$ , у радиальных  $\beta$  близок к нулю.

Взаимодействующая с опорной поверхностью часть покрышки называется протектором. Протектор состоит из рельефной части, т. е. рисунка и подканавочного слоя. Рисунок протектора и твердость резины зависят от назначения машины и условий её эксплуатации.

В обозначении покрышки указывают ее ширину, высоту профиля, конструкцию каркаса, посадочный диаметр обода, грузоподъемность и максимальную скорость. Например, 175/60 R14 79 H – ширина покрышки – 175 мм; высота профиля – 60 % от ширины, т. е. 105 мм; каркас радиальный; посадочный диаметр – 14 дюймов, т. е. 355 мм; максимальная статическая нагрузка составляет 437 кгс (4287 Н); максимальная эксплуатационная скорость – 210 км/ч.

Конструкция ступицы, обода и диска колеса показана на рисунке 12.2.

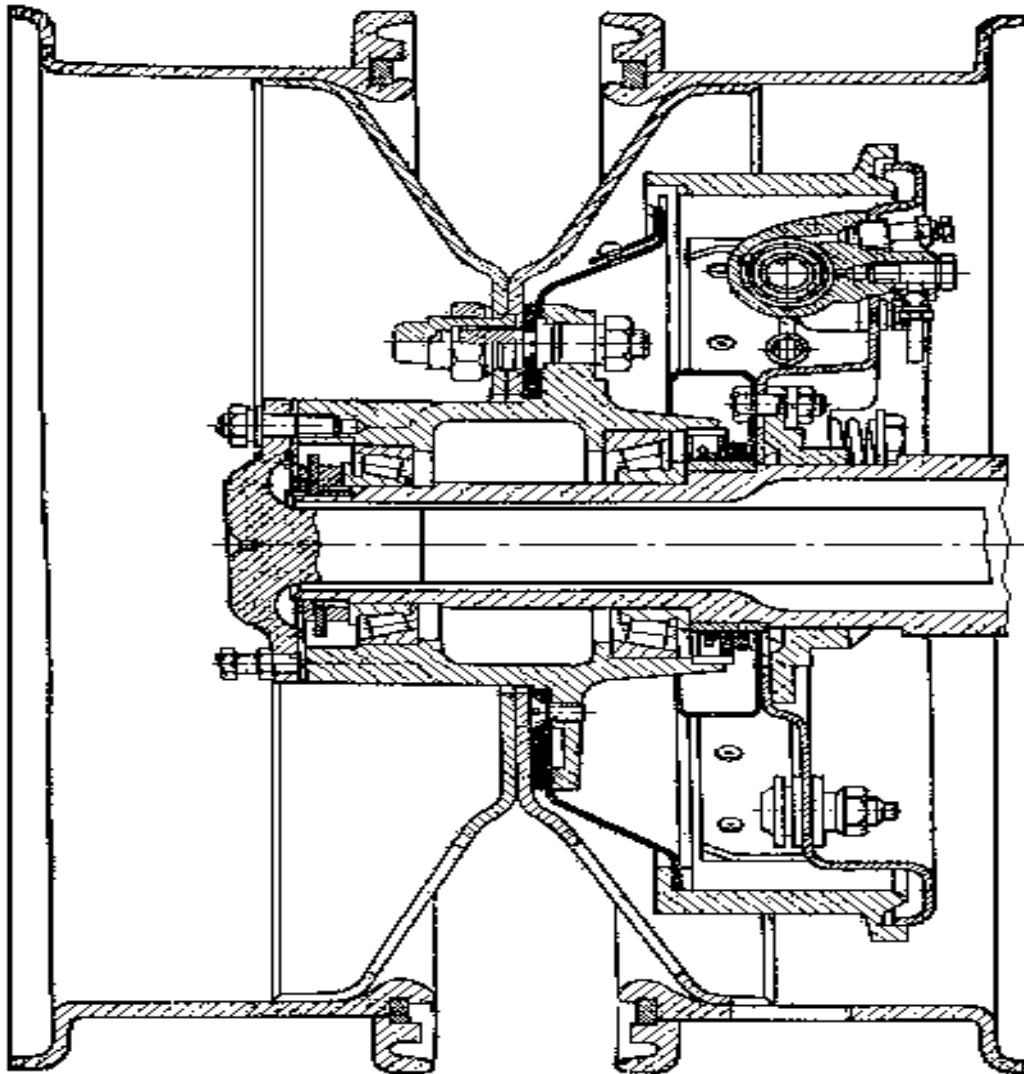


Рисунок 12.2 – Ступица и два обода ведущего колеса грузовика

Для повышения проходимости самоходной машины применяют гусеничный движитель. Он уменьшает давление на опору за счет большей опорной площади, в результате машина меньше проваливается в рыхлый грунт.

Основными элементами гусеничного движителя (рисунок 12.3) являются:

- ведущие колеса (звездочки);
- гусеничные цепи;
- натяжные колеса с механизмами натяжения;
- опорные катки;
- поддерживающие ролики.

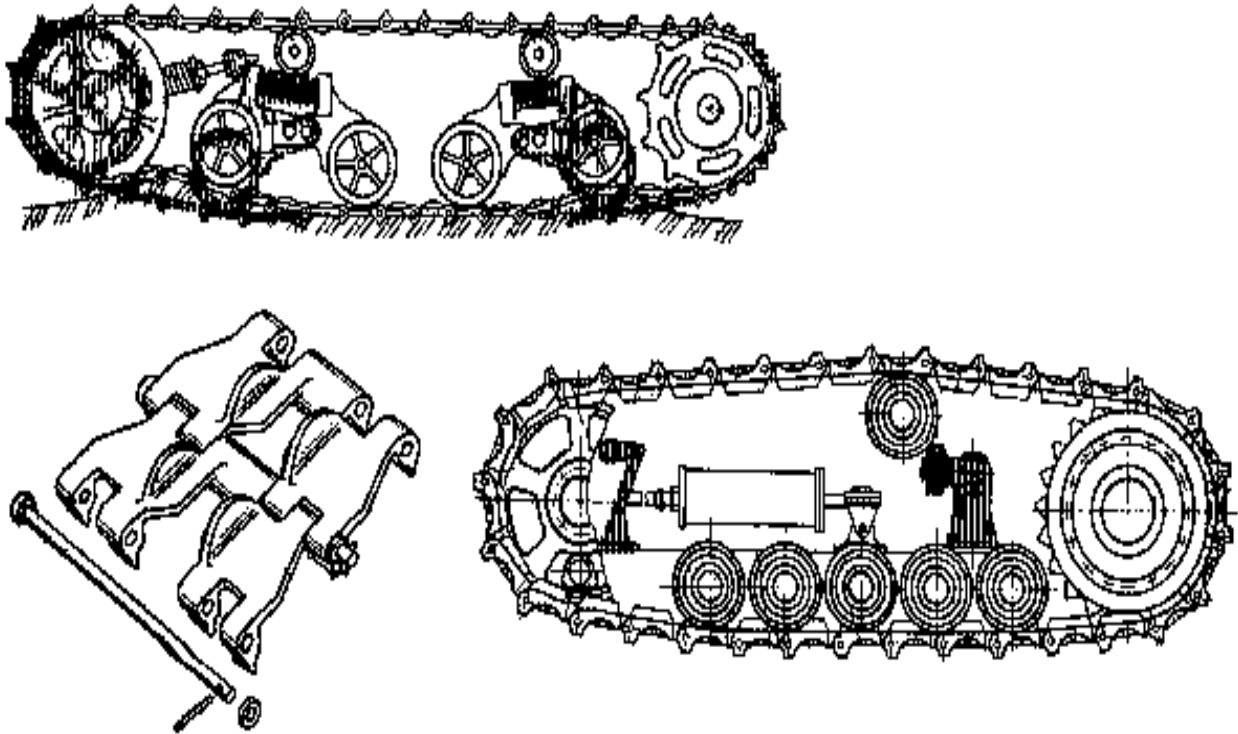


Рисунок 12.3 – Гусеничные движители

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение движителя.
- 2 Классификация движителей.
- 3 Структура колесного движителя.
- 4 Конструкция покрышки.
- 5 Конструкция ступицы.
- 6 Конструкция гусеничного движителя.

### 13 Лабораторная работа № 13. Подвески колес и мостов

Упругую связь движителя с несущей системой обеспечивает подвеска. Она предназначена для уменьшения вертикальных динамических нагрузок на несущую систему машины. Подвеска состоит из трех частей:

1) направляющего аппарата (рычагов, штанг, балок мостов и т. п. с шарнирами), предназначенного для организации заданной кинематики неподрессоренных масс относительно поддрессоренной и опоры;

2) одного или нескольких упругих элементов (рессор, пружин, торсионов, пневмоэлементов и т. п.), предназначенных для преобразования части кинетической энергии движущихся относительно друг друга неподрессоренных и поддрессоренной масс в потенциальную энергию сжатых упругих элементов;

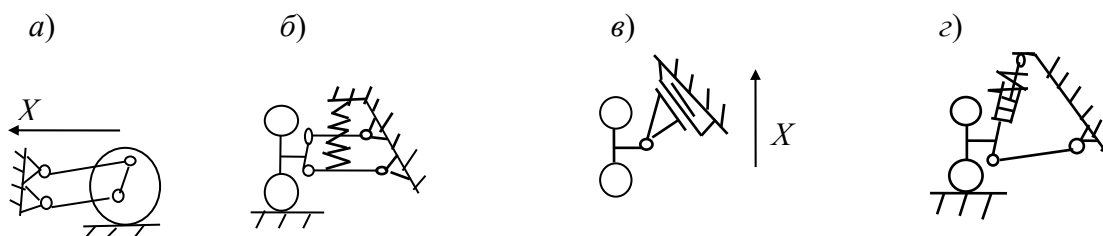
3) демпфирующих устройств (амортизаторов, резинометаллических шарниров и т. п.), предназначенных для преобразования части кинетической энергии движущихся относительно друг друга неподрессоренных и поддрессоренной масс в тепловую энергию и рассеивание её в атмосфере.

По типу связи колес одного моста между собой различают зависимые и независимые подвески. Если имеется жесткая связь в виде балки моста соосных колес, то такие подвески называют зависимыми. В противном случае – независимыми.

По типу связи колес смежных мостов одного борта различают индивидуальные и балансирные подвески. В балансирных подвесках колеса одного борта имеют общие упругие элементы и детали направляющего аппарата.

Наиболее типичная подвеска имеет несколько упругих элементов – основной и один или несколько дополнительных в виде поддрессорника, буферов сжатия и отбоя. В связи с этим различают подвески с металлическим и неметаллическим основным упругим элементом. В качестве неметаллического упругого элемента может быть резиновый блок, газ (воздух, азот и др.) в пневмоэлементе, жидкость в гидроцилиндре, синтетические материалы.

Лучшую плавность хода создают независимые подвески, направляющие аппараты которых обеспечивают одну степень свободы неподрессоренной массы относительно поддрессоренной. На самоходной технике применяют рычажные независимые подвески (рисунок 13.1).



*a* – с продольными рычагами; *b* – с поперечными рычагами; *c* – с диагональными рычагами; *d* – подвеска Макферсон

Рисунок 13.1 – Схемы рычажных независимых подвесок



Амортизаторами в подвесках самоходных машин называют специальные демпфирующие устройства, предназначенные для создания сопротивлений относительно вертикальным движениям подрессоренной и непрессоренных масс и за счет этого обеспечивающих эффективное гашение их колебаний.

Сопротивление в амортизаторе создается за счет внутреннего трения маловязкой жидкости, проходящей из одной полости в другую через местные сопротивления в виде дросселей и клапанов (рисунок 13.2).

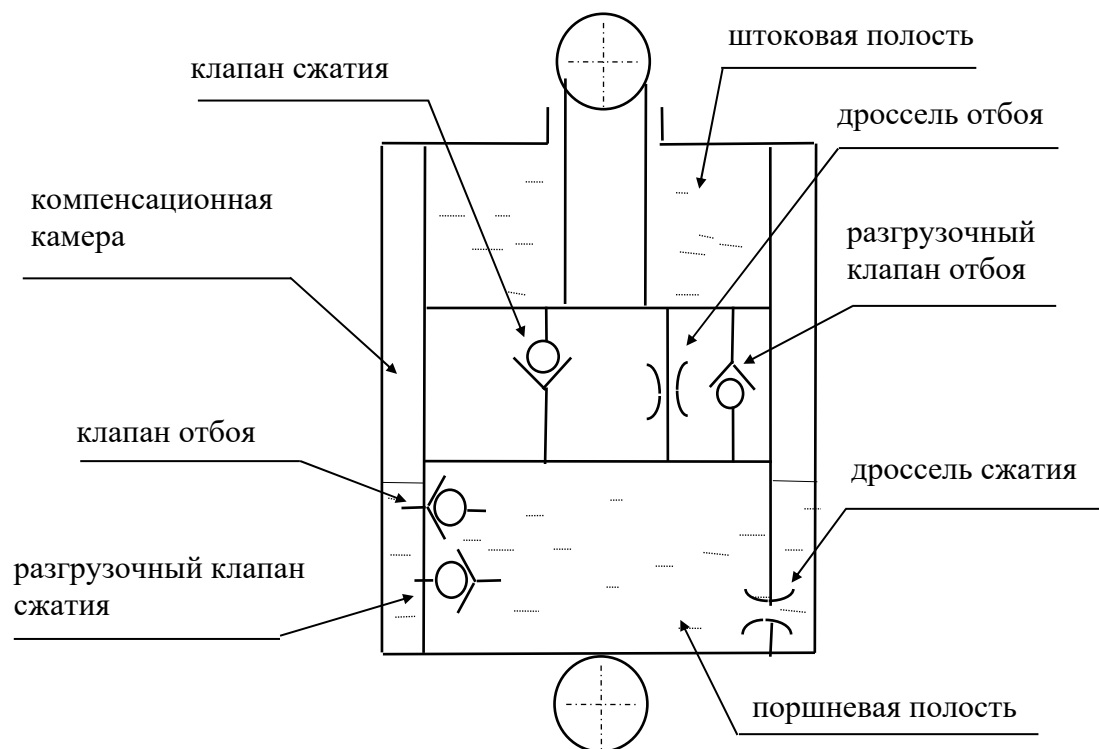


Рисунок 13.2 – Схема телескопического двухтрубного амортизатора

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение подвески.
- 2 Классификация подвесок.
- 3 Структура подвески.
- 4 Конструкция рессорной подвески.
- 5 Конструкция пружинной зависимой подвески.
- 6 Конструкция пружинной независимой подвески.
- 7 Конструкция торсионной подвески.
- 8 Конструкция балансирной подвески.
- 9 Конструкция телескопического двухтрубного амортизатора.

## 14 Лабораторная работа № 14. Несущие системы самоходных машин

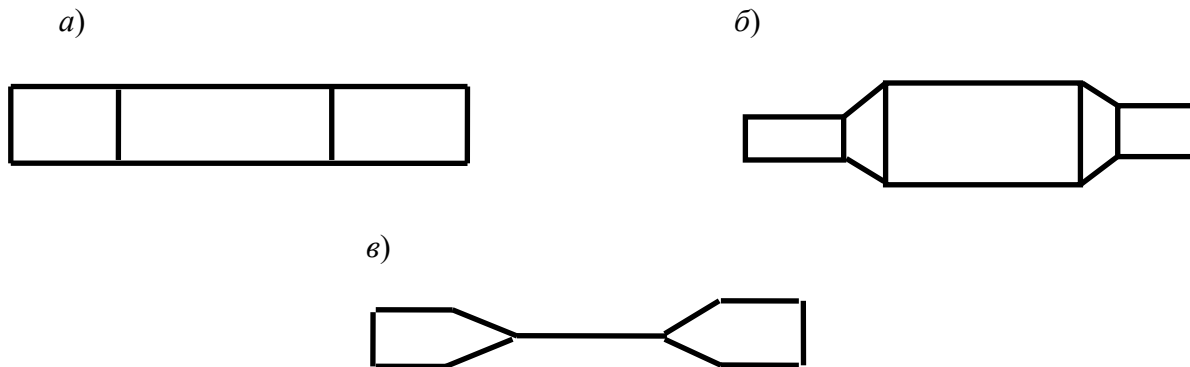
В состав ходовой части входит несущая система – это совокупность соединенных между собой элементов остова (основания) машины.

На несущей системе самоходной машины закреплены подрессоренные механизмы и системы. Она воспринимает все реактивные силы и моменты от этих механизмов, силы тяжести и инерции от них, а также воздействия от элементов подвесок. Поэтому несущая система является одной из наиболее нагруженных, габаритных и дорогостоящих частей любой машины.

Применяют несущие системы в виде сплошных или шарнирно-сочленённых рам, а также кузовные и корпусные конструкции.

Основными несущими элементами рамы или кузова являются продольные балки (лонжероны) и поперечины. Как лонжероны, так и поперечины имеют усилители и кронштейны для установки механизмов (упругих элементов подвесок, амортизаторов, кабины, двигателя, коробки передач и т. д.). Усилители и кронштейны являются вспомогательными несущими элементами. Крепление их осуществляется с помощью заклёпок, болтов или сварки.

Лонжеронная рама состоит, как правило, из двух продольных балок швеллерного, двутаврового, Z-образного или иного профиля чаще переменной высоты и нескольких поперечин, имеющих разнообразие формы сечений. В зависимости от конфигурации продольных балок в горизонтальной плоскости различают лонжеронные рамы лестничные, периферийные и крестообразные (рисунок 14.1).



*a* – лестничная; *b* – периферийная; *c* – крестообразная

Рисунок 14.1 – Конструктивные схемы рам

По конструктивному исполнению рамы также делят на лонжеронные (рисунки 14.2 и 14.3), хребтовые (рисунок 14.4) и комбинированные.

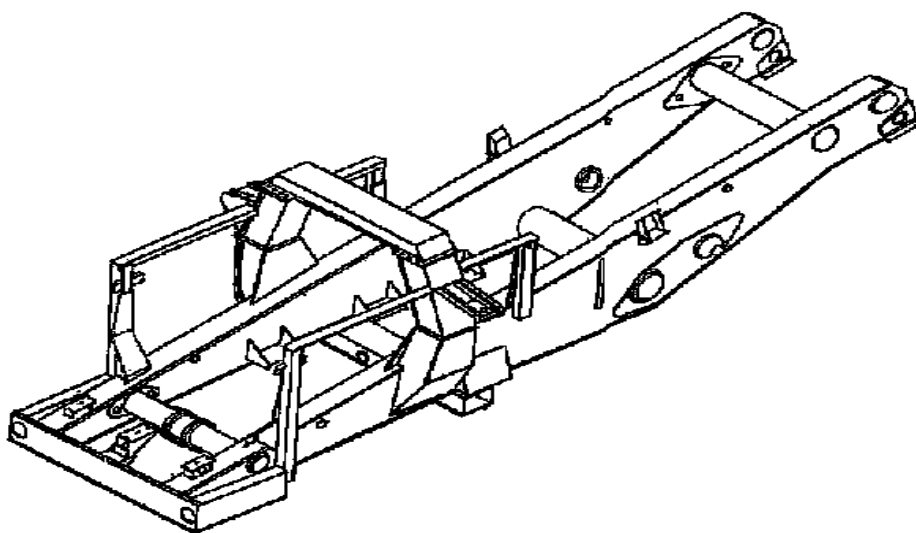


Рисунок 14.2 – Пространственная рама самосвала БелАЗ

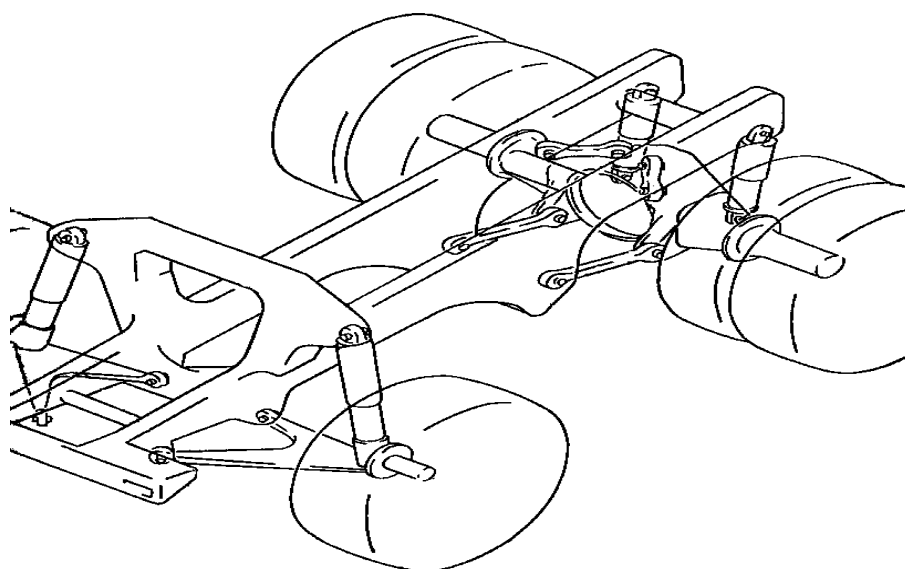


Рисунок 14.3 – Ходовая часть самосвала Komatsu

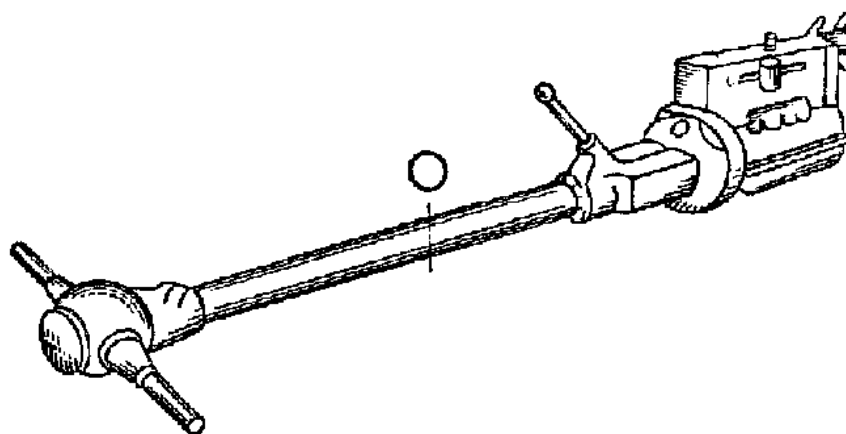


Рисунок 14.4 – Хребтовая рама

Кузов легкового автомобиля (рисунок 14.5) или автобуса, а также кабина грузовика или трактора выполняет две функции:

- 1) образует пассажирское, багажное и моторное отделения машины;
- 2) является целиком или частично несущей системой, т. к. даже при наличии рамы кузов (кабина) воспринимает значительные изгибные и крутильные нагрузки.

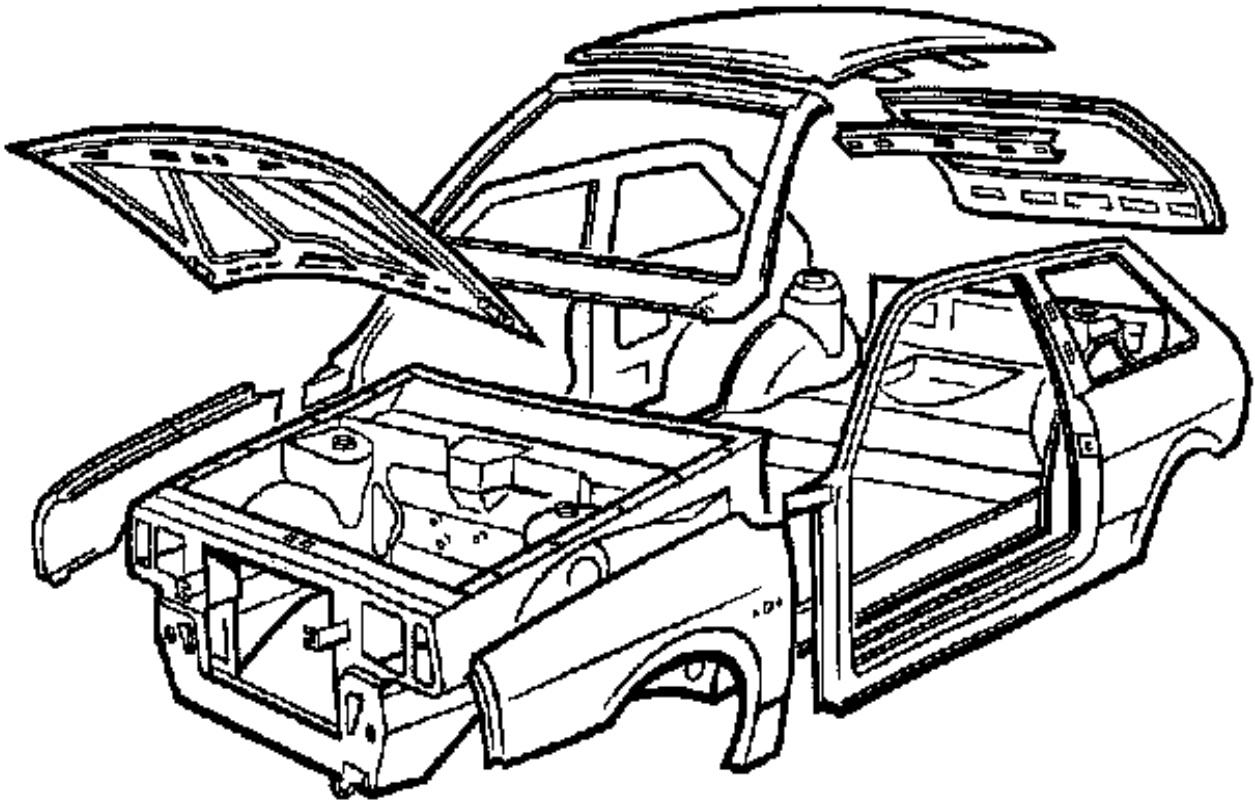


Рисунок 14.5 – Конструкция кузова легкового автомобиля

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение несущей системы.
- 2 Классификация несущих систем.
- 3 Конструкция рамы.
- 4 Конструкция кузова.
- 5 Конструкция кабины.

## 15 Лабораторная работа № 15. Тормозные системы

Тормозная система предназначена для снижения скорости машины по желанию водителя и удержания её на стоянке.

Данная система состоит из тормозного привода и тормозных механизмов.

На самоходной технике применяют тормозные механизмы: барабанные (рисунок 15.1), дисковые и ленточные. На тяжелых машинах находят применение также многодисковые тормозные механизмы, конструкции которых аналогичны фрикционам трансмиссий.

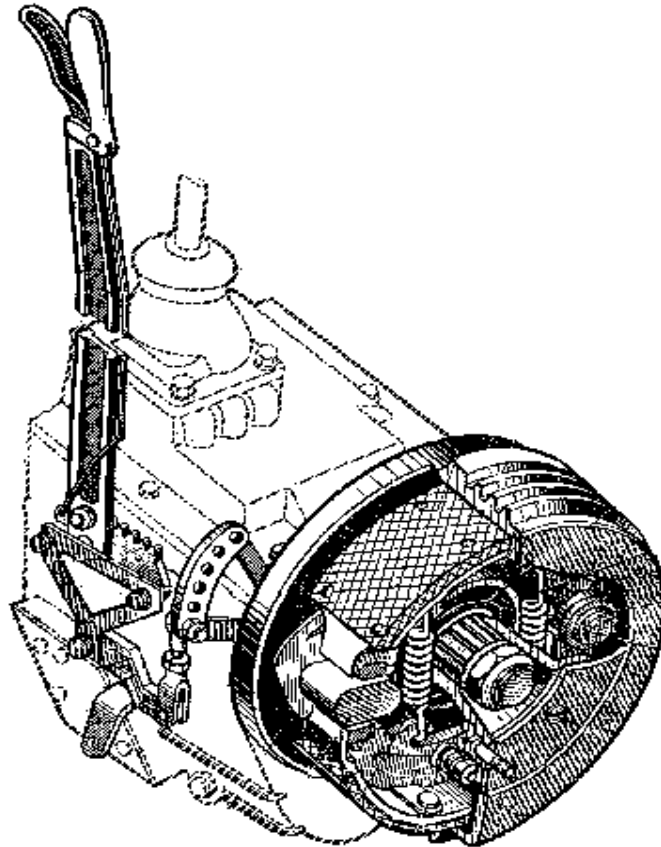


Рисунок 15.1 – Стояночный тормоз с барабанным тормозным механизмом

Основные элементы барабанного тормозного механизма:

- барабан, жестко связанный с вращающимся колесом или валом трансмиссии;
- тормозной щит, закрепленный на невращающейся части машины (балке моста, картере коробки передач, рычаге подвески);
- тормозные колодки (устанавливаются на тормозном щите) с приклеенными или приклепанными фрикционными накладками;
- разжимной механизм с регулятором зазора между тормозными накладками и барабаном;
- возвратные пружины.

Разжимной механизм, воздействуя на колодки, осуществляет их прижатие к тормозному барабану. В качестве разжимного элемента может быть колесный тормозной цилиндр, валик с кулачками, клин и т. п.

Основными элементами дискового тормозного механизма (рисунок 15.2) являются:

- вращающийся тормозной диск (сплошной или вентилируемый);
- охватывающая диск скоба (суппорт) с кронштейном крепления к невращающейся части моста;
- один или несколько колёсных цилиндров с тормозными колодками и фрикционными накладками.

В данном тормозном механизме нет необходимости применять возвратные пружины и регулятор зазора, т. к. отход колодок от диска осуществляется автоматически за счет упругих сил уплотнительных колец и биения диска. Различают две разновидности дисковых тормозов – с неподвижным суппортом и с плавающей скобой.

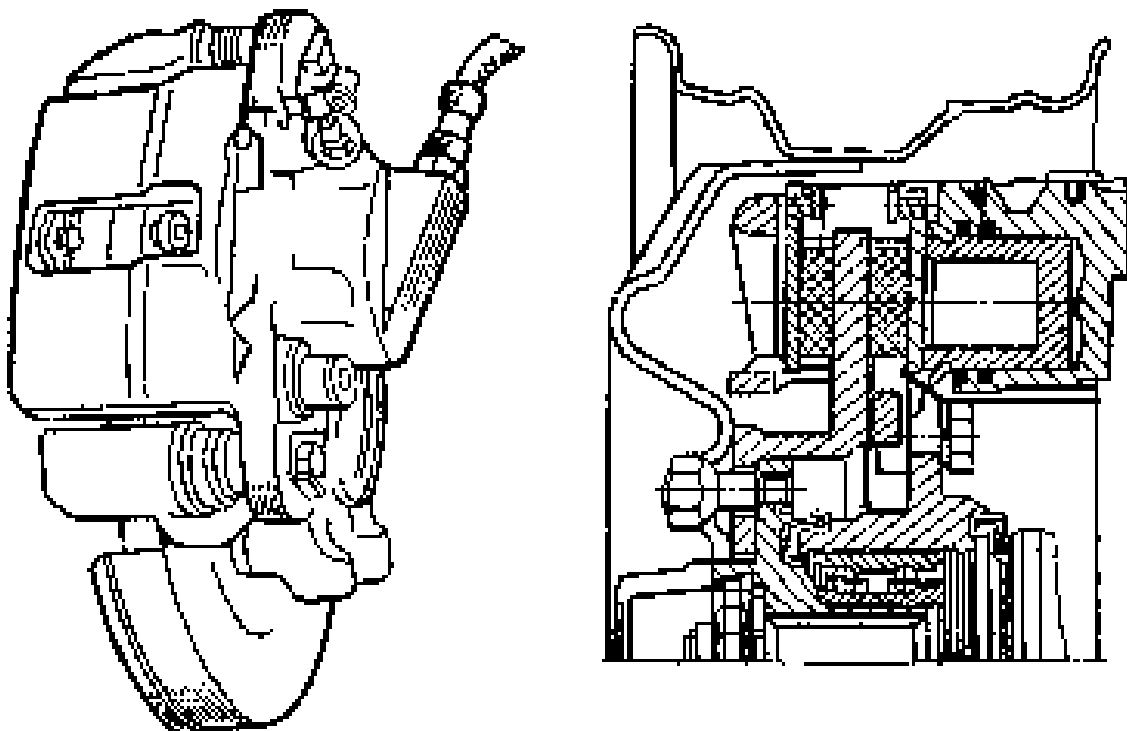


Рисунок 15.2 – Дисковый тормозной механизм

На самоходных машинах применяют тормозные приводы: гидравлические (рисунок 15.3) и пневматические (рисунок 15.4).

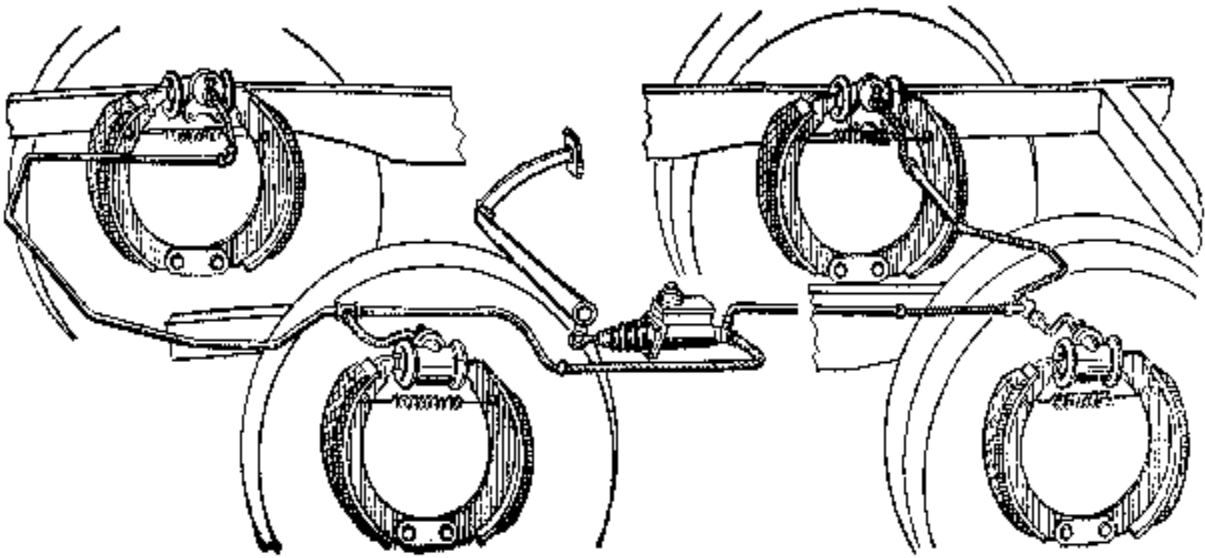


Рисунок 15.3 – Тормозная система с гидроприводом

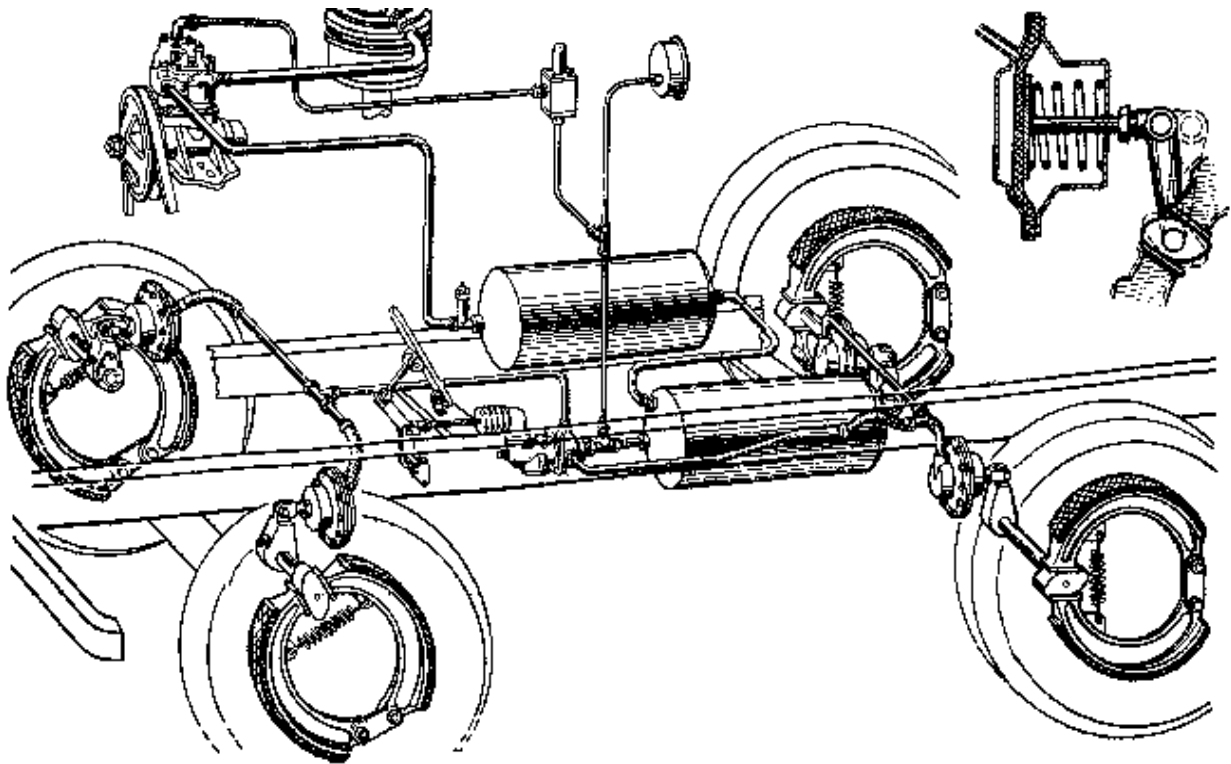


Рисунок 15.4 – Тормозная система с пневматическим приводом

Тормозной кран пневматической системы тормозов (рисунок 15.5) обладает «слеющим» эффектом, т. е. усилия разжима колодок в тормозных механизмах пропорциональны усилиям нажатия водителем на тормозную педаль.

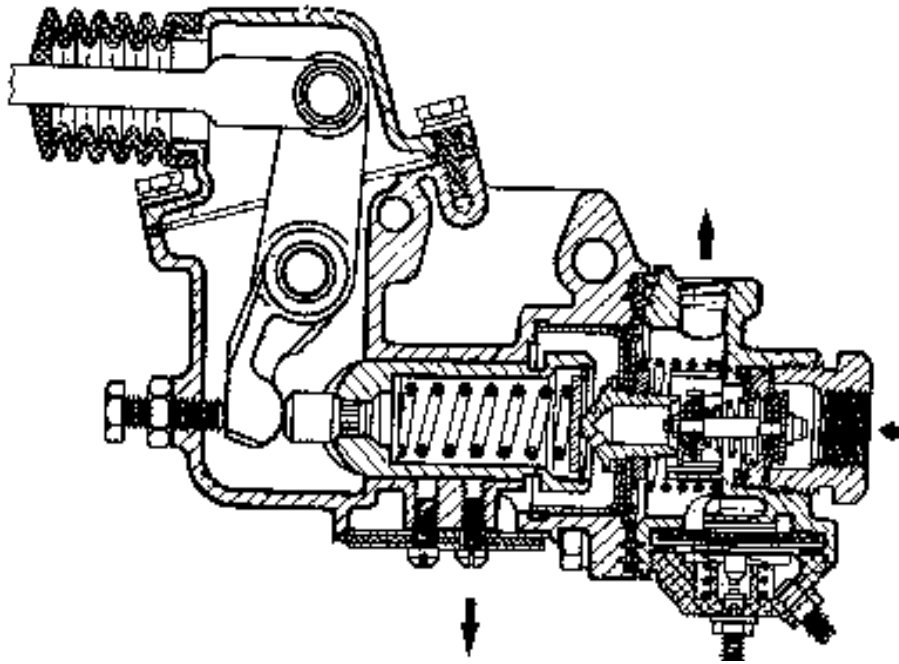


Рисунок 15.5 – Тормозной кран

Внутри корпуса тормозного крана имеются два клапана – атмосферный и высокого давления. Первый из них сообщает через верхний (см. рисунок 15.5) штуцер крана все пневмокамеры тормозных механизмов с атмосферой, чем обеспечивается растормаживание машины. Второй клапан через правый штуцер крана сообщает пневмокамеры с ресиверами, обеспечивая торможение.

Для машин с прицепами применяют двухсекционные тормозные краны. Причем секция управления тормозами прицепа работает «зеркально» с секцией тягача. Это необходимо для случая отрыва от тягача прицепа, т. е. для самоторможения последнего.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение тормозной системы.
- 2 Классификация тормозных систем.
- 3 Структура тормозной системы с гидроприводом.
- 4 Структура тормозной системы с пневмоприводом.
- 5 Конструкция колесного цилиндра.
- 6 Конструкция главного тормозного цилиндра.
- 7 Конструкция пневмокамеры.
- 8 Конструкция тормозного крана.
- 9 Обеспечение «следящего эффекта» в пневмоприводе.
- 10 Конструкция вакуумного усилителя тормозов.



## 16 Лабораторная работа № 16. Системы поворота

Система поворота предназначена для изменения направления движения самоходной машины по желанию водителя.

Применяют один из трех способов поворота машины: складыванием шарнирно-сочлененной рамы (на тяжелой колесной технике); поворотом управляемых колес (большинство моделей колесных машин); с помощью различных угловых скоростей ведущих колес левого и правого бортов машины (гусеничная техника).

Данная система состоит из двух основных частей – рулевого механизма и рулевого привода.

Рулевой механизм состоит из рулевого колеса, рулевой колонки (вал рулевого колеса с кронштейнами), редуктора рулевого механизма (червячного или реечного типа).

Ведомым элементом червячного редуктора могут быть двух- или трехгребневой ролик, зубчатый сектор, гайка. Ведущей деталью является червяк (цилиндрический или глобоидный). На выходном валу червячного редуктора устанавливается сошка – это рычаг, который воздействует напрямую или через тягу на поворотный кулак управляемого колеса.

Рулевой привод состоит из двух боковых рулевых тяг (правой и левой) и одной поперечной рулевой тяги, которые соединяются с помощью шаровых пальцев. Причем имеется возможность изменять длину поперечной рулевой тяги. Это необходимо для регулировки угла схождения колес. У машин с независимыми подвесками поперечные рулевые тяги состоят из трех шарнирно соединенных частей.

На самоходной машине с шарнирно-сочлененной рамой имеются два гидроцилиндра поворота по обоим бортам (рисунок 16.1). Полости этих гидроцилиндров связаны трубопроводами крест-накрест, т. е. штоковая полость левого гидроцилиндра соединена с поршневой полостью правого и наоборот. Гидроруль в данной системе состоит из рулевой колонки и золотникового гидрораспределителя или гидронасосов (гироторных пар).

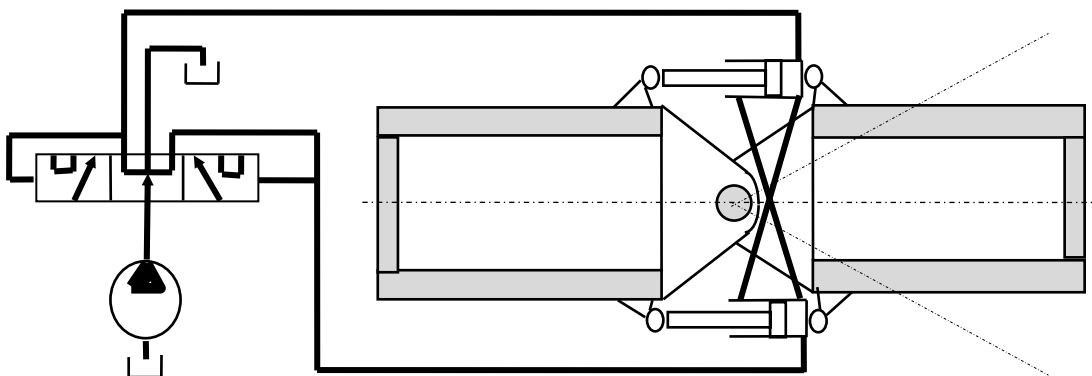


Рисунок 16.1 – Схема системы поворота машины с шарнирно-сочлененной рамой

Для облегчения управления машиной применяют гидроусилитель, который состоит из питательного бачка, насоса, гидрораспределителя, гидроцилиндра и трубопроводов. При этом гидроцилиндр может быть встроенным в редуктор рулевого механизма или быть выносным.

Гидроусилитель обеспечивает «следящий эффект», т. е. поворачивает управляемые колеса на угол, пропорциональный повороту рулевого колеса.

На гусеничных машинах механизм поворота является неотъемлемой частью трансмиссии и тормозной системы, т. к. поворот в этом случае осуществляется за счет различных скоростей левой и правой гусениц. Их типичные схемы представлены на рисунке 16.2.

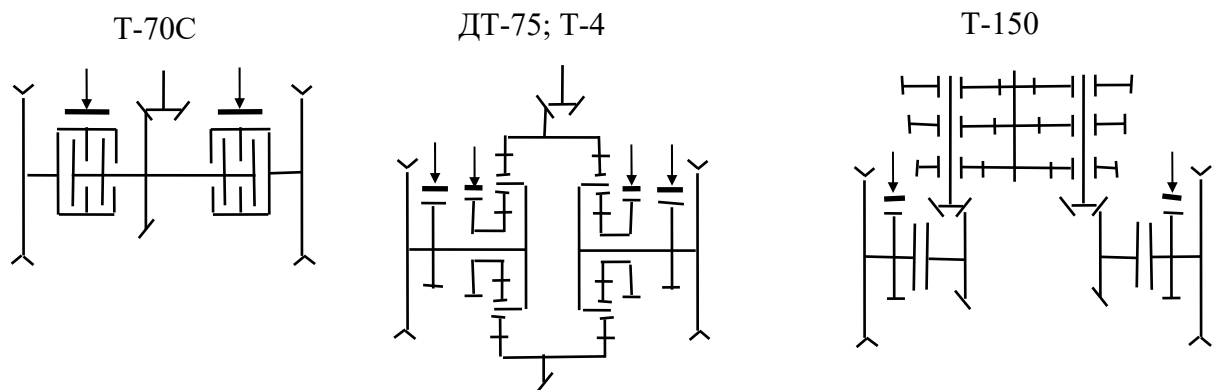


Рисунок 16.2 – Схемы механизмов поворота гусеничных машин

На современной быстроходной гусеничной технике в качестве механизмов поворота используются гидрообъемные передачи совместно с планетарными механизмами (ГОМП).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение системы поворота.
- 2 Классификация систем поворота.
- 3 Структура системы поворота.
- 4 Конструкция рулевого механизма.
- 5 Конструкция рулевого привода.
- 6 Конструкция гидроусилителя руля.
- 7 Конструкция гидроруля.
- 8 Конструкция механизма поворота гусеничной машины.

## 17 Лабораторная работа № 17. Электрооборудование самоходных машин

Электрооборудование современной самоходной машины – это сложный комплекс электротехнических и электронных устройств, обеспечивающих эффективную работу всех механизмов и систем машины, а также её безопасность.

Электрооборудование самоходной машины состоит из:

- системы электропитания;
- системы электростартерного запуска ДВС;
- системы зажигания (для двигателя с принудительным воспламенением) или системы облегчения запуска дизеля;
- системы освещения и сигнализации;
- контрольно-измерительных приборов (КИП);
- систем электроприводов механизмов и устройств, например, управление подачей топлива ДВС, привод стеклоочистителей, подогрев заднего стекла и др.

В бортовой сети самоходных машин применяют один из трех уровней номинального напряжения:

- 1) 6 В (на малогабаритной технике);
- 2) 12 В;
- 3) 24 В (на тяжелых машинах).

Система электропитания состоит из аккумуляторной батареи, являющейся основным источником электроэнергии на самоходной машине при неработающем двигателе, и генератора, являющегося основным источником электроэнергии при работающем двигателе. Внутри современных генераторов встраивают выпрямители и электронные регуляторы напряжения.

В качестве аккумуляторных батарей на самоходной технике применяют стартерные свинцово-кислотные, которые обеспечивают большие токи (до 2500 А) и малые падения напряжений (не более 6 В) при запуске двигателей.

Аккумуляторная батарея состоит из пластикового корпуса (моноблока), разделенного на шесть или на три изолированные части (банки). В каждой банке имеется набор положительных и отрицательных пластин, разделенных токонепроводящими кислотостойкими пористыми сепараторами для предупреждения короткого замыкания. Пластины помещены в водный раствор серной кислоты (электролит).

И положительные, и отрицательные пластины имеют свинцовый каркас (ажурную решётку), в ячейки которого помещена обмазка. Для положительных пластин это окись свинца  $PbO_2$ , а для отрицательных – губчатый (для увеличения площади поверхности) свинец.

При разряде аккумулятора как на положительных, так и на отрицательных пластинах образуется сернокислый свинец  $PbSO_4$ , а плотность электролита уменьшается. При заряде происходит восстановление прежних веществ.

Каждая полностью заряженная банка обеспечивает напряжение (без нагрузки) 2,2 В. Поэтому суммарное напряжение «двенадцативольтовой»

(шестибаночной) батареи составляет 13,2 В. Полностью разряженная такая аккумуляторная батарея имеет напряжение (без нагрузки) 10,5 В.

На современных самоходных машинах исключительное применение нашли генераторы переменного тока, т. к. они более компактны и менее дороги в сравнении с генераторами постоянного тока.

На легких машинах используют генераторы с роторными обмотками возбуждения и контактными кольцами (рисунок 17.1).

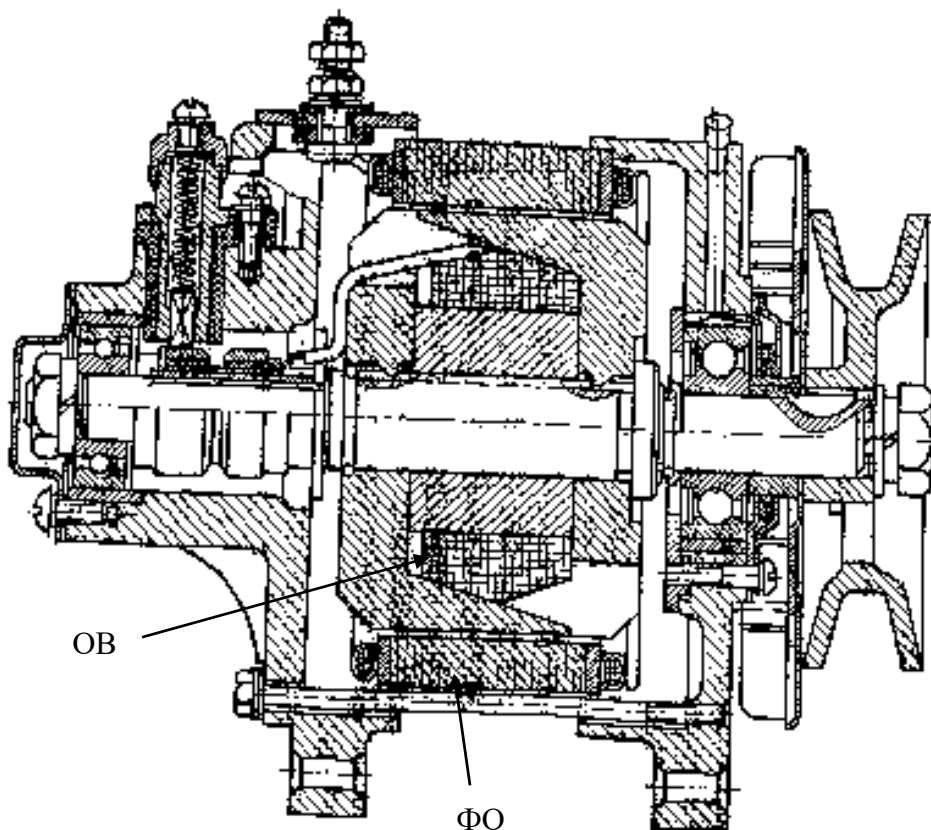


Рисунок 17.1 – Генератор с контактными кольцами

В генераторе с контактными кольцами на вращающемся роторе намотана обмотка возбуждения (ОВ), поверх которой надеты клиновидные полюса. На статоре расположены фазные обмотки (ФО). При подаче через графитовые щетки и контактные кольца напряжения на обмотку возбуждения полюса намагничиваются. При вращении ротора ременной передачей от ДВС появляется вращающееся магнитное поле, которое, согласно закону Майкла Фарадея, наводит в фазных обмотках переменную ЭДС. Далее этот ток поступает на выпрямительный мост и затем в бортовую сеть машины к потребителям.

Напряжение генератора зависит от частоты вращения ротора. Но угловая скорость двигателя самоходной машины изменяется в широком диапазоне. Поэтому для поддержания примерно постоянного напряжения бортовой сети с помощью электронного регулятора осуществляются периодическое отключение

и подключение напряжения к обмотке возбуждения. Частота этих подключений зависит от частоты вращения ротора генератора.

На тяжелой технике применяют генераторы индукторного типа без контактных колец и обмоток на роторе (рисунок 17.2).

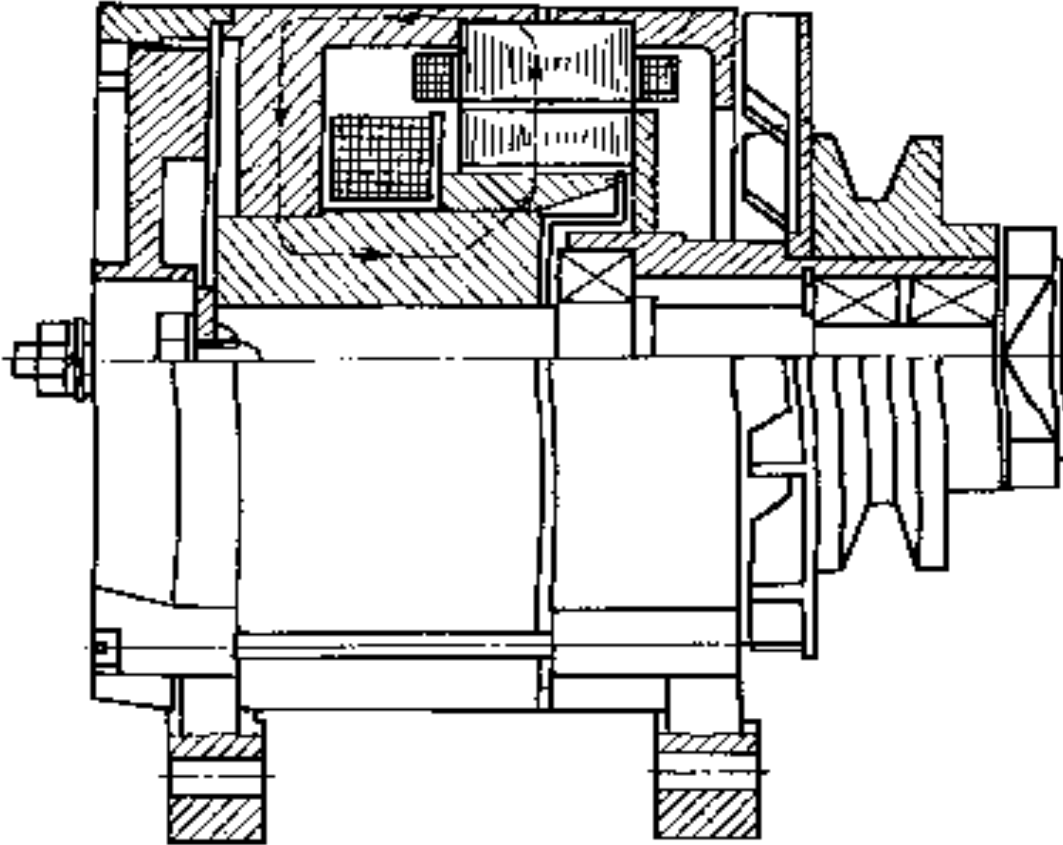


Рисунок 17.2 – Индукторный генератор

В индукторном генераторе на роторе установлены только полюса (индуктор), а обмотка возбуждения и фазные обмотки расположены на статоре и неподвижны. Сердечники указанных обмоток и полюса ротора создают замкнутый магнитопровод (на рисунке 17.1 показано стрелками).

При подаче напряжения на обмотку возбуждения в магнитопроводе создается магнитное поле, а вращающийся индуктор ротора за счет изменяющегося зазора между ним и фазными обмотками заставляет этот магнитный поток пульсировать. То есть когда полюса ротора находятся вблизи полюсов статора, магнитный поток максимален и наоборот. Этот пульсирующий магнитный поток наводит в фазных обмотках переменную ЭДС. Далее все процессы аналогичны ранее рассмотренному генератору с контактными кольцами.

Схема системы электропитания самоходной машины изображена на рисунке 17.3.

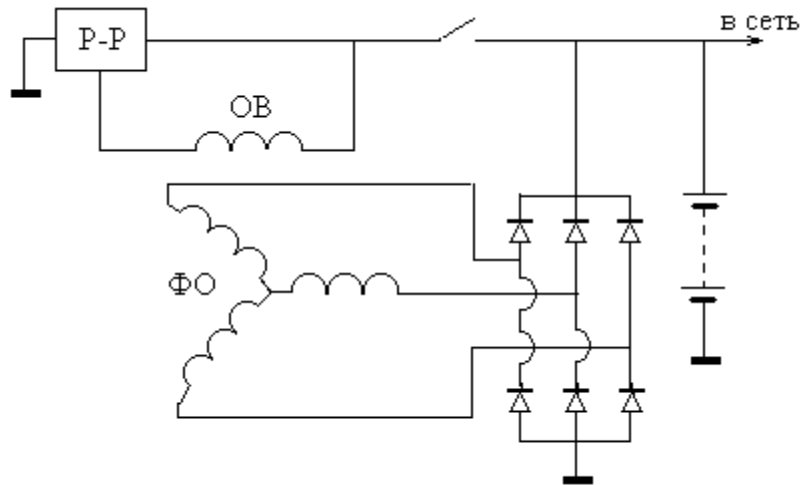


Рисунок 17.3 – Схема системы электропитания

Система освещения и сигнализации предназначена для освещения пути следования машины и предупреждения других участников движения о намерениях водителя. Эта система состоит из осветительных и сигнальных приборов: фары, фонари заднего хода, плафон в салоне, указатели поворотов, стоп-сигналы и др., а также коммутирующую аппаратуру, т. е. выключатели, реле-прерыватели и др.

Фара (и другой осветительный прибор) имеет следующие элементы: корпус, отражатель, лампу с цоколем и проводами, рассеиватель (рисунок 17.4).

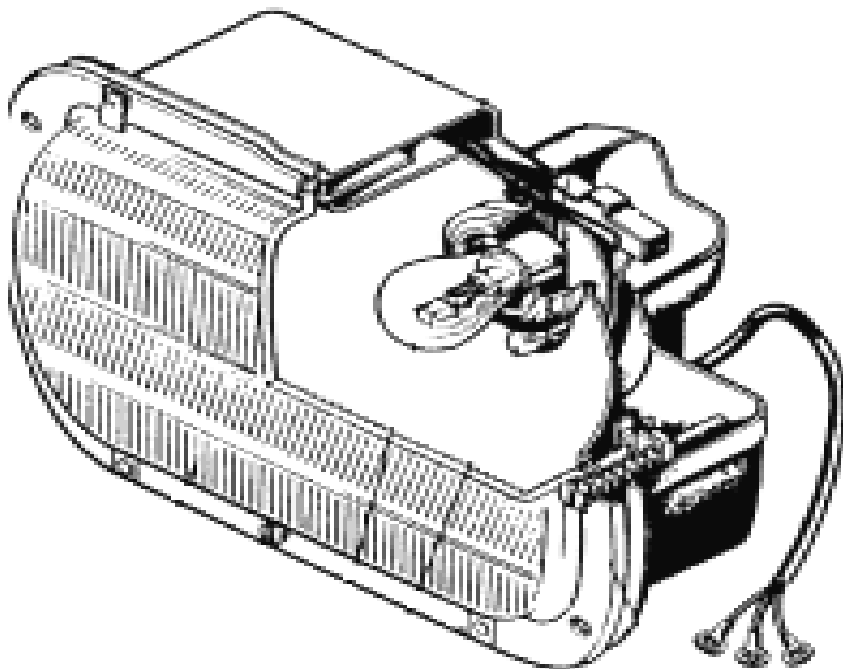


Рисунок 17.4 – Конструкция фары

Для упрощения электросистемы самоходной машины и повышения её надёжности большинство потребителей электроэнергии подключены к источникам тока по однопроводной схеме. Вторым проводом, замыкающим электрическую цепь, является корпус машины, с которым соединены отрицательные полюса источников тока и потребители.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение электрооборудования самоходной машины.
- 2 Структура электрооборудования.
- 3 Конструкция и принцип работы стартерной аккумуляторной батареи.
- 4 Конструкция и принцип работы автотракторного генератора с контактными кольцами.
- 5 Конструкция и принцип работы индукторного генератора.
- 6 Структура генераторной установки.
- 7 Принцип работы регулятора напряжения.
- 8 Конструкция автотракторного осветительного прибора.
- 9 Структура системы освещения и сигнализации.

### **Список литературы**

- 1 **Карташевич, А. Н.** Тракторы и автомобили. Конструкция: учебное пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание, 2013. – 312 с.: ил.
- 2 Автомобили. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Г. Е. Атлас [и др.]; под ред. А. И. Гришкевича. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 271 с.: ил.
- 3 **Кузнецов, Е. В.** Основы теории и проектирования ДВС: учебное пособие / Е. В. Кузнецов. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2021. – 323 с.: ил.
- 4 **Кузнецов, Е. В.** Проектирование ходовых систем колесных самоходных машин: учебное пособие / Е. В. Кузнецов. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – 243 с.: ил.
- 5 **Ютт, В. Е.** Электрооборудование автомобилей / В. Е. Ютт. – Москва: Транспорт, 2006. – 320 с.: ил.