

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»**

П. В. Колодий, Т. А. Колодий

**МЕХАНИЗАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ
С ОСНОВАМИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»

В 2 частях

Часть 1

**Гомель
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
2009**

УДК 630.307 : 531(075.8)

ББК 43.43 : 22.21я73

К 61

Рецензенты:

А. М. Дворник, профессор кафедры физиологии животных и человека, доктор биологических наук, профессор;

П. И. Волович, заведующий сектором лесовосстановления Института леса НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Колодий, П. В.

К 61

Механизация лесохозяйственных работ с основами теоретической механики : учеб.-метод. комплекс для студ. специальности 1-750101 «Лесное хозяйство»: в 2 ч. Ч. 1 / П. В. Колодий, Т. А. Колодий; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 231 с.

ISBN ...

В первой части учебно-методического комплекса приводятся основные сведения по технической механике, устройству и работе агрегатов, механизмов и систем тракторов и автомобилей. Каждое лабораторное занятие содержит вопросы для самостоятельной работы и закрепления полученных знаний. Практические и лабораторные занятия заканчиваются указанием литературных источников, где можно найти материал для расширения знаний и дополнительной самостоятельной работы.

Учебно-методический комплекс адресован студентам специальности 1-750101 «Лесное хозяйство» и призван оказать им помощь в выполнении проверочных и проектных расчетов деталей машин, изучении устройства автомобилей и тракторов.

УДК 630.307 : 531(075.8)

ББК 43.43 : 22.21я73

ISBN ...

© Колодий П. В., Колодий Т. А., 2009

© УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», 2009

Содержание

| | |
|---|-----|
| Введение | 5 |
| 1 Требования образовательного стандарта | 6 |
| 2 Учебная программа | 8 |
| 3 Лекционный курс | 12 |
| 3.1 Теоретическая механика | 12 |
| 3.1.1 Статика | 12 |
| 3.1.2 Кинематика | 26 |
| 3.1.3 Динамика | 35 |
| 3.1.4 Сопротивление материалов | 42 |
| 3.1.5 Детали машин | 50 |
| 3.2 Тракторы и автомобили | 58 |
| 3.2.1 Развитие автотракторостроения | 58 |
| 3.2.2 Типы автотракторной техники..... | 77 |
| 3.2.3 Основные узлы автомобиля и трактора..... | 85 |
| 3.2.4 Классификация и устройство двигателей внутренне- го сгорания | 90 |
| 3.2.5 Рабочие циклы двигателей внутреннего сгорания..... | 95 |
| 3.2.6 Трансмиссия автомобилей и тракторов..... | 106 |
| 3.2.7 Ходовая часть автомобилей и тракторов..... | 123 |
| 3.2.8 Механизмы управления автомобилями и тракторов..... | 134 |
| 4 Тематика практических занятий по теоретической механике | 145 |
| Практическое занятие 1..... | 145 |
| Практическое занятие 2..... | 151 |
| Практическое занятие 3 | 161 |
| Практическое занятие 4 | 167 |

| | |
|---|-----|
| 5 Тематика лабораторных занятий по устройству тракторов и автомобилей | 173 |
| Лабораторная работа 1 | 173 |
| Лабораторная работа 2 | 180 |
| Лабораторная работа 3 | 185 |
| Лабораторная работа 4 | 190 |
| Лабораторная работа 5 | 197 |
| Лабораторная работа 6 | 204 |
| Лабораторная работа 7 | 209 |
| Лабораторная работа 8 | 213 |
| Лабораторная работа 9 | 218 |
| Лабораторная работа 10 | 225 |
| Литература | 230 |

Введение

Механизация, т. е. замена ручного труда машинами, является одним из основных факторов повышения производительности труда и развития технического прогресса в лесном хозяйстве.

Целью изучения дисциплины является освоение новых, прогрессивных механизированных методов выполнения технологических операций по всем видам лесохозяйственных работ, получение знаний по теории, устройству и особенностям эксплуатации техники на предприятиях лесного хозяйства.

Задачами курса являются: усвоение основ механизации технологических процессов лесохозяйственных работ; развитие у студентов умения правильно, на научной основе, решать вопросы формирования машинно-тракторных агрегатов; формирование навыков комплектования парка машин лесохозяйственных предприятий.

При изучении дисциплины студенты приобретают знания по формированию систем машин комплексной механизации лесохозяйственных работ, техническому обслуживанию и ремонту лесохозяйственной техники; осваивают новые технологии и способы организации выполнения лесохозяйственных работ с применением средств механизации; изучают устройство и особенности эксплуатации машин и оборудования лесного хозяйства.

Дисциплина «Механизация лесохозяйственных работ с основами теоретической механики» состоит из 4-х разделов. В первом разделе приводятся сведения об основах теоретической механики, сопротивлении материалов и деталях машин. Второй раздел содержит общее устройство автомобилей и тракторов – основных тяговых и транспортных средств, используемых в лесном хозяйстве. В третьем разделе рассматриваются назначение и устройство лесохозяйственных машин и механизмов, а также лесоводственно-технологические требования к их применению. Четвертый раздел включает вопросы эффективной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов в лесном хозяйстве.

Первый и второй разделы дисциплины изучаются на 2 курсе и изложены в первой части данного учебно-методического комплекса. Третий и четвертый разделы изучаются на 3 курсе и изложены во второй части.

1 Требования образовательного стандарта (Руководящий документ Республики Беларусь РД РБ 02100.5.073-98)

Высшее образование

Специальность 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»

Дисциплина «Механизация лесохозяйственных работ с основами теоретической механики»

Тракторы и автомобили. Типы автотракторной техники и их классификация. Основные узлы трактора и автомобиля. Двигатели внутреннего сгорания. Силовая передача. Ходовая часть. Механизмы управления. Технология и машины для сбора и переработки лесных семян. Почвообрабатывающие машины и механизмы. Машины для внесения удобрения в почву. Посевные, лесопосадочные машины и ямокопатели. Машины для борьбы с вредителями и болезнями леса. Дождевальные машины. Машины для лесорасчистки и террасирования склонов. Машины для тушения лесных пожаров. Машины для проведения рубок ухода и мелиоративных мероприятий. Энергетические средства современного лесного хозяйства в нашей стране и за рубежом. Системы машин и технологические комплексы лесного хозяйства. Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов. Определение потребности в технике для хозяйственных подразделений. Техническое обслуживание агрегатов.

Требования к знаниям и умениям

Специалист должен:

- **иметь представление** о технике и технологиях лесохозяйственного производства в мировой практике, технико-экономических и эксплуатационных возможностях лесохозяйственной техники;
- **знать** приемы комплексной механизации лесохозяйственных работ и современные тяговые средства, машины и механизмы,

используемые в лесном хозяйстве; перспективные направления развития лесного машиностроения и механизации лесного хозяйства; современные технологии проведения лесохозяйственных работ; устройство и особенности эксплуатации машин и оборудования;

- **владеть** навыками эффективного использования технических средств в условиях лесохозяйственного производства;

- **уметь** использовать машинно-тракторные агрегаты в лесохозяйственном производстве, методику их комплектования и нормативно-техническую информацию при проведении расчетных работ; эффективно организовывать технологический процесс механизированных работ и осуществлять техническую эксплуатацию машин и механизмов; совершенствовать технологию и обеспечивать эффективную работу машинно-тракторных агрегатов;

- **иметь навыки** оценки состава и определения необходимой номенклатуры машин и механизмов для лесохозяйственных предприятий, прогнозирования технического уровня развития лесохозяйственного производства.

2 Учебная программа

Статика. Общие сведения. Силы. Система сил. Аксиомы статики. Сложение системы сил. Разложение сил. Условие равновесия системы сил. Связи и их реакции. Проекция сил на ось. Момент силы относительно точки. Пара сил. Момент пары сил. Равновесие плоской системы сил. Равновесие пространственной системы сил. Приведение плоской системы сил к одной точке.

Кинематика. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Скорость точки. Ускорение точки. Простые виды перемещения твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Вращательные движения твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение.

Динамика. Аксиомы динамики. Задачи динамики для свободной и несвободной материальной точки. Принцип Д'Аламбера. Силы инерции при прямолинейном движении точки. Силы инерции при криволинейном движении точки. Силы инерции при вращательном движении точки. Работа силы при прямолинейном перемещении. Мощность. Потенциальная и кинетическая энергия.

Соппротивление материалов. Основные понятия и допущения. Основные виды деформаций. Внутренние силы упругости. Напряжения. Закон Гука. Диаграмма напряжений при растяжении. Понятия об упругой и пластической деформациях. Допускаемые напряжения. Понятие о нагрузках. Правила определения внутренних усилий. Проверочные и проектные расчеты деталей машин.

Детали машин. Основные требования, предъявляемые к деталям машин. Машиностроительные материалы. Стандартизация деталей машин. Резьбовые, шпоночные, зубчатые, заклепочные, сварные соединения деталей машин. Расчет соединений деталей машин. Механизмы для передачи вращательного движения. Ременная передача. Цепная передача. Фрикционная передача. Зубчатая передача.

Общая конструкция тракторов и автомобилей. Использование тракторов и автомобилей в народном хозяйстве. История развития автотракторостроения.

Типы автотракторной техники и их классификация. Типы современных тракторов и автомобилей, их классификация и потребность в них.

Основные узлы трактора и автомобиля. Общее строение тракторов и автомобилей: двигатель, трансмиссия, ходовая часть, органы управления, рабочее и вспомогательное оборудование, их значение и взаимное размещение.

Двигатели внутреннего сгорания. Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Основные механизмы и системы ДВС. Основные понятия и обозначения. Схема конструкции и рабочие циклы 4- и 2-тактных двигателей. Основные параметры двигателя. Механизмы и системы ДВС.

Силовая передача. Общие сведения о трансмиссии. Назначение и типы трансмиссий. Общее строение ступенчатой трансмиссии. Сцепление. Назначение и классификация сцеплений. Коробка передач, назначение и классификация. Общее строение тракторных и автомобильных коробок передач. Карданная передача и промежуточные соединения. Назначение, строение и работа главной передачи. Дифференциал. Назначение, строение и работа планетарного механизма. Центральная и конечная передачи автомобилей и тракторов.

Ходовая часть. Назначение и типы ходовой части. Зависимая и независимая подвеска автомобилей. Гусеничный движитель. Назначение, строение и работа амортизаторов.

Механизмы управления. Назначение рулевого управления. Рулевые механизмы и рулевой привод. Назначение и принцип работы гидроусилителей руля тракторов и автомобилей. Назначение и классификация тормозных систем. Требования к тормозам. Принцип действия тормозов. Тормозные системы с гидравлическим и пневматическим приводами.

Электрооборудование. Источники и потребители электрической энергии. Аккумуляторные батареи, генераторы. Стартеры. Система зажигания.

Задачи механизации процессов лесохозяйственной деятельности. Технологические процессы в лесном хозяйстве. Классификация машин.

Технология и машины для сбора и переработки лесных семян. Машины и приспособления для сбора семян. Способы сбора семян. Устройства и приспособления для подъема сборщиков в крону деревьев. Вибрационные машины для сбора семян. Машины и оборудование для переработки семян. Шишкосушилки. Машины для обескряливания и очистки семян. Машины для сортировки семян. Машины для извлечения семян из плодов. Требования безопасности труда при сборе и обработке семян.

Почвообрабатывающие машины и механизмы. Способы и виды обработки почвы в лесном хозяйстве. Лесотехнические требования, предъявляемые к орудиям и машинам. Классификация почвообрабатывающих машин и орудий. Плуги и их рабочие органы. Оборачиваемость пласта почвы лемешным плугом. Условия устойчивости плуга в работе. Плуги для обработки дренированных почв. Плуги для обработки временно переувлажняемых почв. Плуги для обработки избы-

точно увлажненных почв. Фрезы лесные. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Требования безопасности труда при обработке почвы.

Машины для внесения удобрения в почву. Физико-механические свойства органических и минеральных удобрений. Классификация машин для внесения удобрений. Машины для внесения органических, минеральных и жидких удобрений. Подкормочные устройства к машинам и орудиям. Локальное, внутрпочвенное внесение удобрений. Туковысевающие аппараты. Охрана труда при работе с минеральными удобрениями.

Посевные машины, лесопосадочные машины и ямокопатели. Лесотехнические требования, предъявляемые к посеву. Способы и схемы посева. Классификация сеялок. Конструкции лесных сеялок. Лесотехнические требования к посадке. Способы посадки леса. Классификация лесопосадочных машин. Конструкции машин для вырубок, полезащитного лесоразведения, песчаных почв. Машины для школьных отделений питомников. Лесопосадочные машины с автоматической подачей сеянцев. Посадка сеянцев с закрытой корневой системой. Машины для посадки крупномерного посадочного материала и для пересадки деревьев с комом земли. Комбинированные лесопосадочные машины и агрегаты. Ямокопатели. Требования безопасности труда при посеве семян и посадке леса.

Машины для борьбы с вредителями и болезнями леса. Задачи и способы защиты леса от вредителей и болезней. Классификация машин и аппаратов для защиты растений. Опрыскиватели и их основные узлы. Охрана труда при работе с опрыскивателями. Аэрозольные генераторы. Назначение, устройство и принцип работы. Фумигаторы. Протравливатели семян. Разбрасыватели приманок. Машины и аппараты для борьбы с сорной растительностью химическими средствами. Авиахимобработка леса. Экологические проблемы химической обработки.

Дождевальные машины. Способы полива. Лесотехнические требования, предъявляемые к орошению. Классификация машин и установок для орошения. Основные элементы дождевальных установок и машин. Расчет мощности двигателя для привода насоса дождевальной установки.

Машины для лесорасчистки и террасирования склонов. Задачи и способы расчистки лесных площадей. Подборщики сучьев. Корчевальные машины. Способы корчевки пней. Машины для понижения и фрезерования пней. Кусторезы. Машины для террасирования склонов. Техника безопасности при корчевке пней и расчистке вырубок.

Машины для тушения лесных пожаров. Виды лесных пожаров и

методы их тушения. Классификация средств тушения лесных пожаров. Плуги. Канавокопатели. Фрезерные полосопрокладыватели. Грунтометы. Пожарные насосы и мотопомпы. Опрыскиватели. Огнетушители. Зажигательные аппараты. Пожарное авиапатрулирование и авиаоборудование для тушения лесных пожаров.

Машины для проведения рубок ухода и мелиоративных мероприятий. Назначение и виды рубок ухода за лесом. Классификация машин и орудий. Моторизованные инструменты. Моторизованные агрегаты. Трелевочные устройства. Машины и оборудование для трелевки и транспорта заготовленного леса.

Энергетические средства современного лесного хозяйства в нашей стране и за рубежом. Автомобили, тракторы, машины и оборудование отечественного производства для лесного хозяйства. Перспективы развития лесного машиностроения. Энергетические средства зарубежного производства, используемые в лесном хозяйстве республики.

Системы машин и технологические комплексы лесного хозяйства. Понятие о системе машин и технологии механизированных лесохозяйственных процессов. Технология вспашки, корчевки и понижения пней, срезания кустарника, посевных и лесопосадочных работ, культивации, рубок ухода за лесом.

Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов. Основные требования эксплуатации МТА. Тяговые сопротивления основных машин: плугов, орудий для поверхностной обработки почвы, почвенных фрез, сеялок и лесопосадочных машин. Расчет количества машин в агрегате. Коэффициент полезного действия МТА. Способы движения МТА, их классификация и анализ. Коэффициент рабочих ходов и факторы, его определяющие. Баланс времени смены. Производительность МТА и пути ее повышения. Расчет топлива и ГСМ на единицу продукции.

Определение потребности в технике для хозяйственных подразделений. Расчетно-технологические карты на лесокультурные и лесохозяйственные работы. Комплектование и расчет состава машинно-тракторного парка по производственному объекту. График машиноиспользования.

Техническое обслуживание агрегатов. Система планового технического обслуживания машин. Ремонт и хранение машин. Организация и планирование топливного хозяйства: расчет топлива и смазочных материалов в хозяйстве, хранение их на складе, заправка машин, сбор отработанных масел для регенерации. Экономия топлива и смазочных материалов. Охрана труда и природы при эксплуатации МТП. Экологические проблемы и пути их решения при эксплуатации МТП.

3 Лекционный курс

3.1 Теоретическая механика

3.1.1 Статика

- 3.1.1.1 Силы, система сил, аксиомы статики
- 3.1.1.2 Сложение и разложение системы сил
- 3.1.1.3 Условие равновесия системы сил, проекция сил на ось
- 3.1.1.4 Момент силы относительно точки
- 3.1.1.5 Равновесие плоской системы сил
- 3.1.1.6 Равновесие пространственной системы сил
- 3.1.1.7 Приведение плоской системы сил к одной точке

3.1.1.1 Силы, система сил, аксиомы статики

Теоретическая механика – это наука о равновесии и механическом движении тел. Она изучает наиболее общие законы механического движения материи. При этом за модель материального тела принимается материальная точка или абсолютно твердое тело.

Механическим движением называется происходящее с течением времени изменение положения точек или тел в пространстве. Частным случаем движения является состояние покоя.

Материальной точкой называется точка, имеющая массу.

Абсолютно твердым телом называется тело, когда расстояние между любыми его точками не меняется при действии на него других тел.

Теоретическую механику разделяют на **статику**, в которой рассматривают равновесие статических сил, **кинематику**, рассматривающую движение тел независимо от действующих сил, и **динамику**, в которой рассматриваются взаимозависимости между силами, движением и массой. Здесь уместно заметить: если все точки тела совершают тождественное движение, то его можно заменить точкой. Баллистики рассчитывают траекторию движения ракеты и спутника, астрономы – движение небесных тел, оперируя понятием точки, в которой сосредоточена вся масса тела, отвлекаясь при этом от размеров исследуемых тел.

Механика имеет дело с такими основополагающими понятиями, как движение и сила.

Сила – это мера взаимодействия твердых тел, приводящая к изменению характера их движения. В то же время, **сила** – это вектор, т. е. величина, имеющая направление и размер. Вектор изображают отрезком прямой, длина которой показывает в принятом масштабе величину силы, а угол, образуемый линией действия силы с выбранной осью координат (X, Y, Z) , показывает направление ее действия, обозначаемое стрелкой (рисунок 3.1).

Линия действия силы – прямая, проведенная по ее направлению неограниченно в обе стороны.

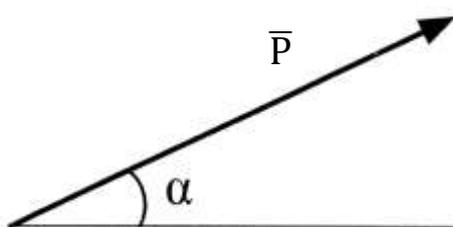


Рисунок 3.1 – Величина и направление силы

Система сил – совокупность нескольких сил, приложенных к телу или системе тел. Система сил может быть плоской, если линии действия всех сил положены в одной плоскости, и пространственной, когда линии действия сил не лежат в одной плоскости (рисунок 3.2).

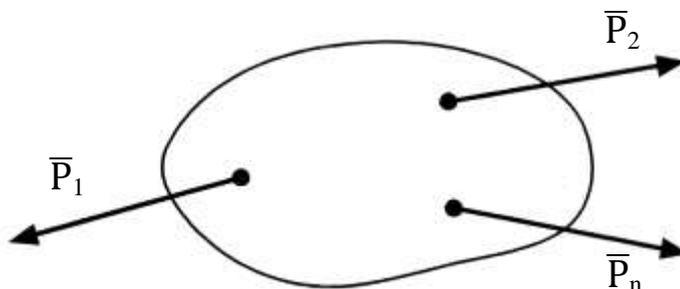


Рисунок 3.2 – Система сил

$(\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_n)$ – система сил.

Равнодействующей силой данной системы сил называют силу, действие которой на тело или материальную точку эквивалентно действию этой системы сил (рисунок 3.3).

$\bar{R} \sim (\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_n)$, где \bar{R} – равнодействующая сила.

По способу действия на тело силы могут быть сосредоточенными и распределенными.

Сосредоточенной называют силу, приложенную к какой-либо точке твердого тела. На рисунке 3.3 силы $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_n$ являются сосредоточенными.

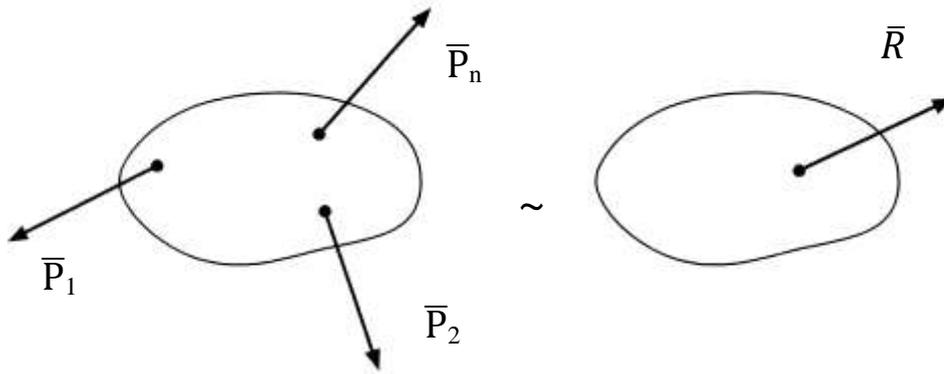


Рисунок 3.3 – Замена системы сил равнодействующей силой

Распределенными называют силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности, или линии. Распределенные силы характеризуются интенсивностью \bar{q} , т. е. силой, приходящейся на единицу объема, поверхности или длины линии. Распределенные силы обычно заменяют сосредоточенными.

Если распределенные силы действуют в плоскости на прямую линию, то их заменяют сосредоточенной силой следующим образом.

Равномерно распределенную нагрузку интенсивностью q заменяют сосредоточенной силой $\bar{Q} = q \cdot L$, которая приложена в середине участка (рисунок 3.4).

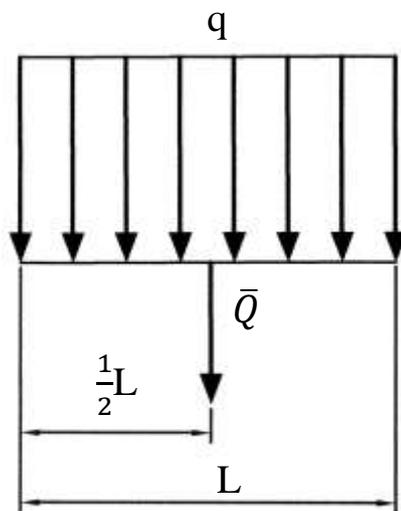


Рисунок 3.4 – Равномерно- распределенная нагрузка

Равномерно распределенной нагрузкой называют силы, имеющие одинаковые величины и направления на заданном участке тела.

Если распределенные силы изменяются по линейному закону (по треугольнику), то сосредоточенная сила $\bar{Q} = q_{\max} \cdot (L/2)$ приложена в центре тяжести треугольника, расположенного на расстоянии $(L/3)$ от его основания (рисунок 3.5).

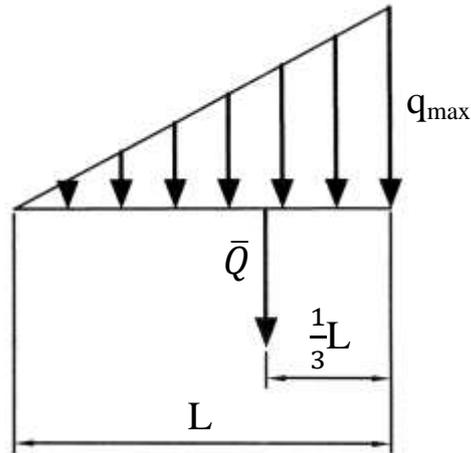


Рисунок 3.5 – Неравномерно-распределенная нагрузка

Внутренними силами называют силы взаимодействия между телами, входящими в механическую систему.

Внешними силами называют силы, с которыми на тела рассматриваемой механической системы действуют тела, не входящие в данную механическую систему.

Пример – Груз, подвешенный на пружине, находится в равновесии. Сила тяжести, обусловленная притяжением Земли, является внешней силой. Силы упругости, возникающие при растяжении пружины, будут внутренними силами.

Основные понятия статики вошли в науку как результат многовековой практики. Они основаны на некоторых аксиомах, принимаемых без доказательства.

Первая аксиома. Система сил, приложенная к материальной точке, является уравновешенной, если под ее воздействием точка находится в состоянии относительного покоя или движется равномерно и прямолинейно.

Уравновешенная система сил эквивалентна нулю.

Тело (в отличие от точки) под действием уравновешенной системы сил может равномерно вращаться вокруг неподвижной оси.

Вторая аксиома. Две равные по модулю (величине) силы ($\vec{P}_1 = \vec{P}_2$), приложенные к абсолютно твердому телу и направленные по одной прямой в противоположные стороны, взаимно уравновешиваются (рисунок 3.6).

Следствие: точку приложения силы можно переносить по линии ее действия в любую точку тела, не нарушая при этом механического состояния.

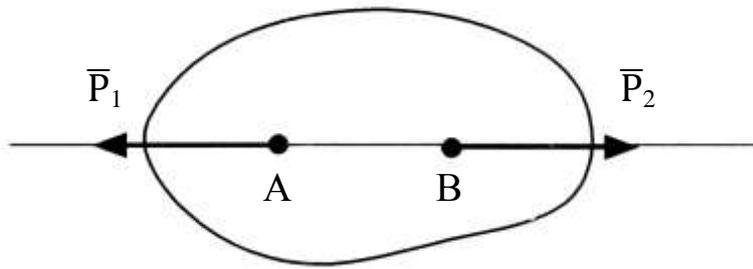


Рисунок 3.6 – Уравновешивание сил

Третья аксиома. Не нарушая механического состояния абсолютно твердого тела, к нему можно приложить или отбросить от него уравновешенную систему сил.

Четвертая аксиома. Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке, приложена в этой точке и равна диагонали параллелограмма, построенного на данных силах (рисунок 3.7).

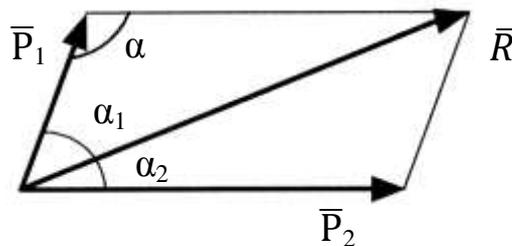


Рисунок 3.7 – Построение равнодействующей двух сил методом параллелограмма

\bar{P}_1 и \bar{P}_2 – составляющие силы \bar{R} .

\bar{R} – равнодействующая сил \bar{P}_1 и \bar{P}_2 .

Равнодействующая сил \bar{R} может быть найдена с помощью силового треугольника (рисунок 3.8).

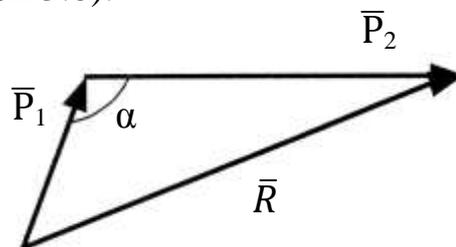


Рисунок 3.8 – Построение равнодействующей методом силового треугольника

Аналитическим способом равнодействующая может быть найдена по теореме косинусов:

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \cos \alpha} \quad (3.1)$$

при $\alpha = 90^\circ$

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}. \quad (3.2)$$

Если $\alpha = 0^\circ$ или $\alpha = 180^\circ$ (параллельные силы) геометрическое сложение переходит в алгебраическое:

$$R = P_1 \pm P_2. \quad (3.3)$$

Знак «+» при одинаковом направлении сил, «-» – при противоположном.

Пятая аксиома. При взаимодействии тел всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

3.1.1.2 Сложение и разложение системы сил

Если в точке А приложено несколько сил ($\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$), то равнодействующую можно получить либо их последовательным геометрическим сложением (рисунок 3.9), либо построением многоугольника сил (рисунок 3.10).

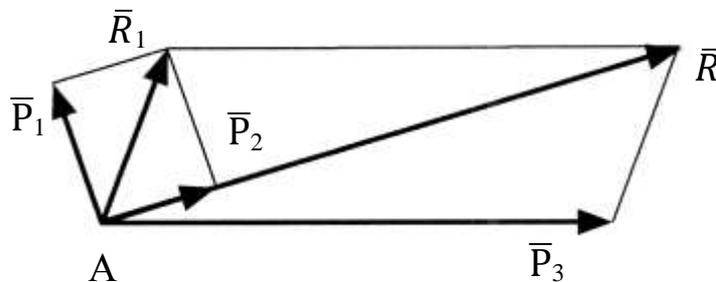


Рисунок 3.9 – Последовательное геометрическое сложение сил



Рисунок 3.10 – Сложение сил методом многоугольника

При построении многоугольника сил стрелки, указывающие направление действия сил, идут в одном направлении вдоль всего

периметра многоугольника сил. Стрелка равнодействующей направлена против стрелок составляющих.

Если направление равнодействующей заменить на противоположное, то получим уравновешивающую силу: сумма всех сил обратится в ноль (равновесная система).

Силу можно разложить по двум направлениям на две пересекающиеся составляющие. Теоретически величину составляющих определяют построением параллелограмма сил, для чего от внешней конечной точки разлагаемой силы проводят прямые, параллельные заданным направлениям, до пересечения с ними (рисунок 3.11).

Аналитически величину составляющих определяют по формулам:

$$S_1 = \frac{P \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} ; \quad (3.4)$$

$$S_2 = \frac{P \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} . \quad (3.5)$$

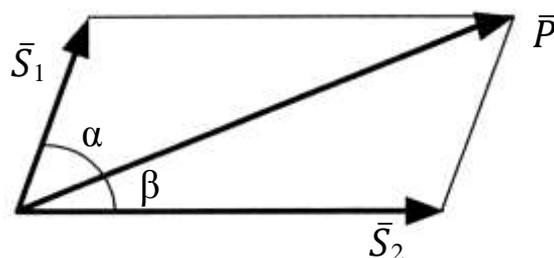


Рисунок 3.11 – Разложение силы по двум направлениям

Если составляющие силы равны по величине (рисунок 3.12), их величину находят по формуле:

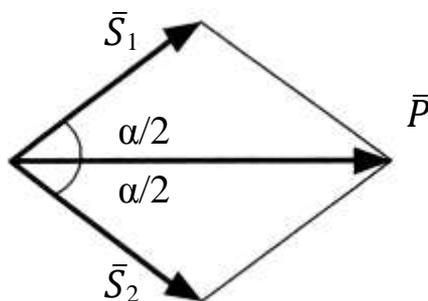


Рисунок 3.12 – Разложение силы на равные составляющие

$$|S_1| = |S_2| = \frac{P}{2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} . \quad (3.6)$$

Наиболее часто встречается случай разложения силы по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Величину составляющих находят проектированием данной силы на заданное направление (рисунок 3.13).

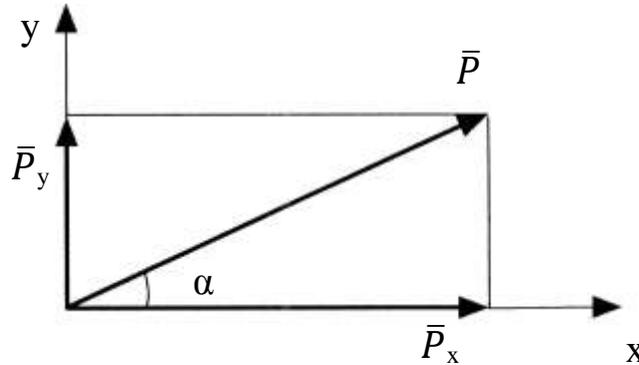


Рисунок 3.13 – Проекция силы на оси координат

$$P_x = P \cdot \cos \alpha; \quad (3.7)$$

$$P_y = P \cdot \sin \alpha. \quad (3.8)$$

3.1.1.3 Условие равновесия системы сил, проекция сил на ось

Если в точке приложено несколько сил, произвольным образом направленных, то используя понятие проекций сил, можно сформулировать условие равновесия всей системы.

Сумма проекций всех сил на произвольное направление должна быть равна нулю. При проектировании на взаимно перпендикулярные оси координат можно записать:

$$\sum P_{ix} = 0; \quad (3.9)$$

$$\sum P_{iy} = 0 \quad (3.10)$$

или $\sum X = 0; \sum Y = 0$.

Пример – Составить сумму проекций сил, изображенных на рисунке 3.14, на оси x и y .

$$\begin{aligned} \sum P_{ix} = 0: \quad & P_{2x} + P_{3x} = 0 \text{ или} \\ & P_2 \cdot \cos \alpha + P_3 \cdot \cos \beta = 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum P_{iy} = 0: \quad & -P_1 + P_{2y} - P_{3y} = 0 \text{ или} \\ & -P_1 + P_2 \cdot \sin \alpha - P_3 \cdot \sin \beta = 0. \end{aligned}$$

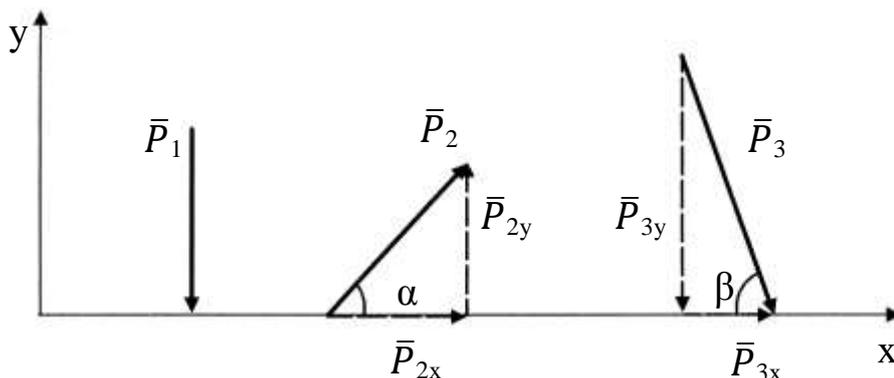


Рисунок 3.14 – Проекция сил на оси

3.1.1.4 Момент силы относительно точки

При воздействии силы \bar{P} на рычаг, вращающийся вокруг оси O в плоскости действия силы, вращательный эффект определится произведением силы на расстояние ее линии действия от оси вращения, т. е. плечо l . Это произведение $M = P \cdot l$ называется **моментом силы**.

Момент силы помимо величины характеризуется и направлением (рисунок 3.15).

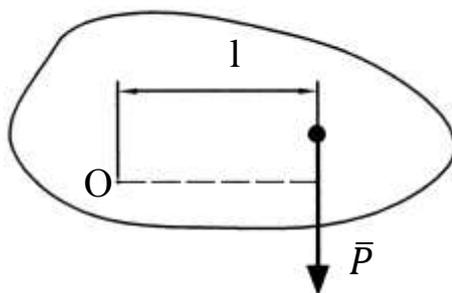


Рисунок. 3.15 – Схема действия момента силы

Момент двух сил с общей точкой приложения, называемой центром момента, равен моменту их равнодействующей (рисунок 3.16):

$$M = R \cdot l_3. \quad (3.11)$$

или вычисляется на основе теоремы моментов, как алгебраическая сумма моментов отдельных сил (число моментов может быть и больше двух):

$$M = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2. \quad (3.12)$$

При этом одно из направлений действия моментов принимается за положительное (обычно против часовой стрелки), противоположное (по часовой стрелке) – за отрицательное. Тогда каждое слагаемое входит в сумму со своим знаком.

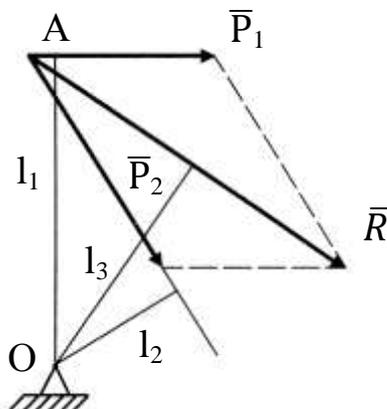


Рисунок 3.16 – Определение момента двух сил с общей точкой приложения

В случае равновесия плоской системы сил алгебраическая сумма всех моментов сил по отношению к произвольной точке **O** должна равняться нулю:

$$\sum M_o = 0. \quad (3.13)$$

Если сила пересекается с осью, то момент равен нулю ($\mathbf{M} = \mathbf{0}$).

Единица измерения момента: Н·мм, Н·м, кН·м.

Две параллельные силы \bar{P} одинаковой величины и противоположно направленные, действующие на плече l , называются парой сил (рисунок 3.17).

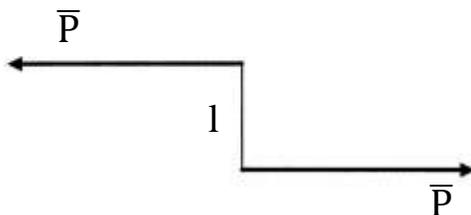


Рисунок 3.17 – Пара сил

Момент пары сил равен:

$$M = P \cdot l. \quad (3.14)$$

Пара сил относительно любой точки плоскости имеет один и тот же момент. Поэтому пару сил можно произвольно перемещать или поворачивать в ее плоскости.

Отметим важное свойство силы. Силу \bar{P} можно перенести параллельно самой себе из точки **A** в точку **B** (рисунок 3.18). Но в точке переноса при этом прикладывается сила противоположно направленная.

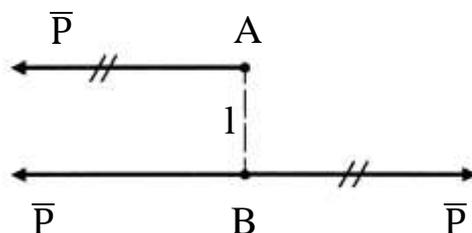


Рисунок 3.18 – Перенос силы

В результате получаем силу \bar{P} , приложенную в точке **B** и пару сил \bar{P} - \bar{P} .

3.1.1.5 Равновесие плоской системы сил

Для вычисления реакций опор неподвижно опертого тела используют уравнения равновесия – два уравнения составляющих сил и одно уравнение моментов:

$$\sum P_x = 0; \quad (3.15)$$

$$\sum P_y = 0; \quad (3.16)$$

$$\sum M_A = 0. \quad (3.17)$$

Пример – Для балки на двух опорах (рисунок 3.19), нагруженной силой \bar{P} , перпендикулярной оси балки, выберем систему координат **x-y** (**x** совпадает с осью балки, **y** – перпендикулярно оси балки).

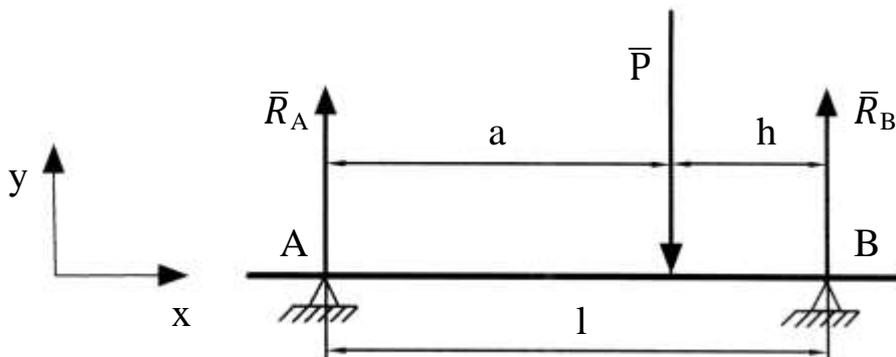


Рисунок 3.19 – Балка на двух опорах, нагруженная силой

Тогда в одно уравнение равновесия следовало бы поставить составляющие сил, действующие вдоль оси x , которые в этом случае равны нулю (на схеме нет ни одной силы, действующей вдоль оси x).

Поэтому остается одно уравнение составляющих сил и одно уравнение моментов:

$$\sum P_y = 0; \quad R_A + R_B - P = 0; \quad (3.18)$$

$$\sum M_A = 0; \quad P \cdot a - R_B \cdot l = 0. \quad (3.19)$$

Из уравнения моментов (3.19) находим реакцию опоры **B**:

$$R_B = \frac{P \cdot a}{l}. \quad (3.20)$$

Определив величину R_B , из уравнения (3.18) находим R_A :

$$R_A = P - R_B. \quad (3.21)$$

3.1.1.6 Равновесие пространственной системы сил

Имея дело с пространственными системами, например, проводя расчет вала привода простейшего механизма, но нагруженного силами в зацеплении червячных (зубчатых) передач, а также натяжением ветвей ременной (цепной) передачи, направленными произвольным образом в пространстве (рисунок 3.20), определяются составляющие этих сил по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y, Z .

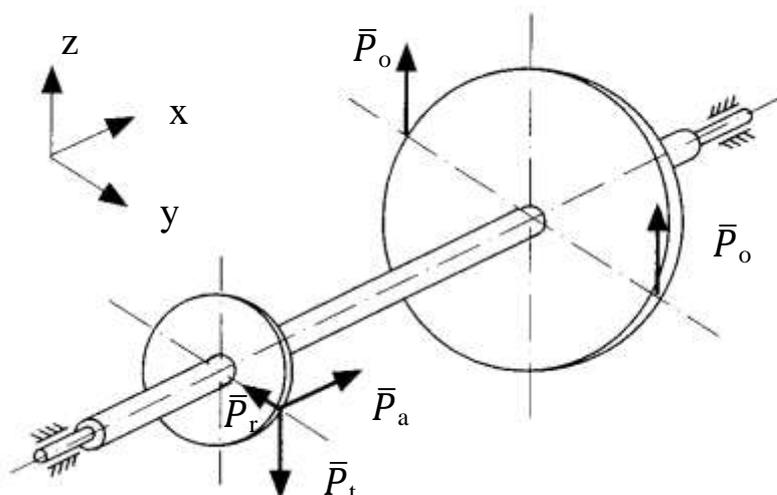


Рисунок 3.20 – Схема сил на валу привода механизма

Тогда для определения неизвестных составляющих опорных реакций необходимо и достаточно в общем случае шести уравнений равновесия.

Суммы проекций всех составляющих сил на оси X, Y и Z будут равны нулю:

$$\sum P_x = 0; \quad (3.22)$$

$$\sum P_y = 0; \quad (3.23)$$

$$\sum P_z = 0. \quad (3.24)$$

И суммы моментов тех же составляющих также будут равны нулю:

$$\sum M_{xA} = 0; \quad (3.25)$$

$$\sum M_{yA} = 0; \quad (3.26)$$

$$\sum M_{zA} = 0. \quad (3.27)$$

3.1.1.7 Приведение плоской системы сил к одной точке

В точках A, B, C (рисунок 3.21) приложены силы $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3$ (число сил может быть любым). Переносим силу \bar{P}_1' в точку O и уравниваем ее противоположно направленной силой \bar{P}_1'' ($\bar{P}_1 = \bar{P}_1' = \bar{P}_1''$). Таким образом получаем силу \bar{P}_1' и пару сил $\bar{P}_1-\bar{P}_1''$ с плечом a_1 . Силы, образующие пару сил, отмечены черточками.

Аналогично поступаем с силами \bar{P}_2 и \bar{P}_3 .

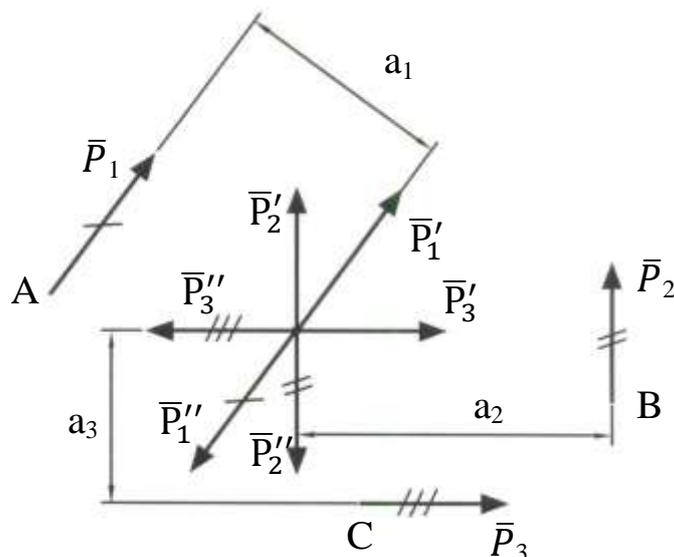


Рисунок 3.21 – Приведение плоской системы сил к одной точке

Плоская система сил, приложенных в точках А, В, С, заменена системой сходящихся сил в точке **О** с равнодействующей:

$$\bar{R} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 = \sum \bar{P}_i \quad (3.28)$$

и парами сил:

$$M_1 = P_1 \cdot a_1; \quad (3.29)$$

$$M_2 = P_2 \cdot a_2; \quad (3.30)$$

$$M_3 = P_3 \cdot a_3. \quad (3.31)$$

Суммарный момент сил относительно точки **О** равен:

$$M_O = M_1 + M_2 + M_3 = \sum M_{Oi}. \quad (3.32)$$

Равнодействующая заданных сил \bar{R} , приложенная в точке **О**, называется **главным вектором системы сил**.

Суммарный момент M_O называется **главным моментом системы сил** относительно данного центра приведения **О**.

3.1.2 Кинематика

3.1.2.1 Кинематика точки, способы задания движения точки, скорость и ускорение точки

3.1.2.2 Простые виды перемещения твердого тела

3.1.2.3 Поступательное движение твердого тела

3.1.2.4 Вращательное движение твердого тела, угловая скорость и угловое ускорение

3.1.2.1 Кинематика точки, способы задания движения точки, скорость и ускорение точки

Кинематика – это наука, изучающая движение тел.

Движение характеризуется траекторией, скоростью и ускорением.

Движение происходит в пространстве и времени и обнаруживается только путем сравнения с системой отсчета.

Абсолютным называется движение, отнесенное к некоторому неподвижному пространству, относительным – движение, отнесенное к среде, которая сама находится в движении.

Пример – Поезд движется относительно условно неподвижной земли – абсолютное движение. Пассажир прогуливается в вагоне движущегося поезда – перемещение пассажира относительно вагона является относительным движением (а суммарное перемещение с поездом – абсолютным).

Обычно, условно неподвижной системой отсчета считают систему координатных осей, связанную с землей.

Кривая, которую описывает точка при движении в пространстве относительно выбранной системы отсчета, называется ее *траекторией*.

Траектории делятся на прямолинейные (движение поршня двигателя) и криволинейные (круговое движение циркулярной пилы; параболическое движение жидкости при истечении из отверстия в боковой стенке сосуда) и др.

Существуют три способа задания движения точки: векторный, координатный и естественный.

Векторный способ задания движения заключается в задании положения точки радиус-вектором, который является векторной функцией времени, относительно выбранной точки отсчета:

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (3.33)$$

Это выражение называют *законом движения точки в векторной форме*.

Траектория точки **М** при векторном способе – это геометрическое место точек концов радиуса-вектора \vec{r} при изменении времени (рисунок 3.22).

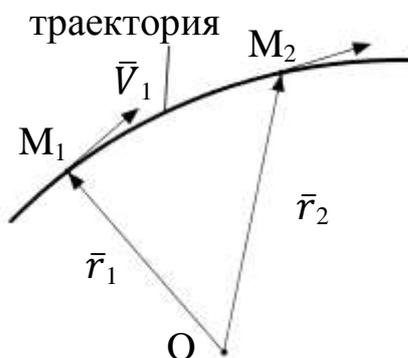


Рисунок 3.22 – Схема движения точки по траектории

Координатный способ задания движения заключается в задании координат точки в виде известных функций времени.

В декартовой системе координат уравнениями движения точки будут:

$$x = f_1(t); \quad (3.34)$$

$$y = f_2(t); \quad (3.35)$$

$$z = f_3(t). \quad (3.36)$$

Естественный способ задания движения считается известным, если заданы:

- траектория точки;
- закон движения точки по траектории $S = S(t)$;
- начало отсчета;
- положительное и отрицательное направление движения;

Закон движения $S = S(t)$ также называют дуговой координатой, которую отсчитывают от начального положения (рисунок 3.23). Дуговую координату не следует смешивать с длиной пути, пройденного точкой, так как за начало отсчета может быть выбрана любая точка или движение может быть колебательным.

Движение точки характеризуется скоростью, которая определяет быстроту и направление движения точки в данный момент времени. Следовательно, это величина векторная.

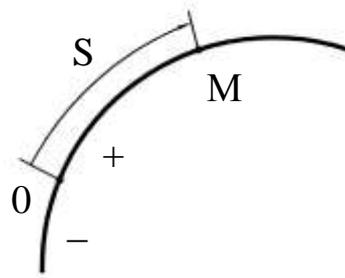


Рисунок 3.23 – Изменение дуговой координаты точки

Скорость движения выражается отношением пройденного пути к времени:

$$V = \frac{S}{t}, \text{ м/с} \quad (3.37)$$

где V – скорость, м/с;

S – путь, м;

t – время, с.

В зависимости от характера скорости движение точки может быть равномерным (скорость постоянная) и неравномерным (скорость переменная).

Изменение скорости во времени называется *ускорением*.

Ускорение также векторная величина.

3.1.2.2 Простые виды перемещения твердого тела

Классификация движения по ускорениям (виду перемещения):

- движение прямолинейное и равномерное;
- движение криволинейное и равномерное;
- движение прямолинейное и неравномерное:
 - а) прямолинейное ускоренное;
 - б) прямолинейное замедленное;
- движение криволинейное и неравномерное:
 - а) криволинейное ускоренное;
 - б) криволинейное замедленное.

Рассмотрим более подробно некоторые виды движения.

Равномерное прямолинейное движение.

При *равномерном* движении пройденный путь пропорционален времени:

$$S = S_0 + V \cdot t, \quad (3.38)$$

где S – весь пройденный путь;

S_0 – путь, пройденный до начала измерения;

V – скорость равномерного движения;

t – измеренное время.

Графически в координатах **время t – путь S** величина пройденного пути изображается наклонной линией (рисунок 3.24).

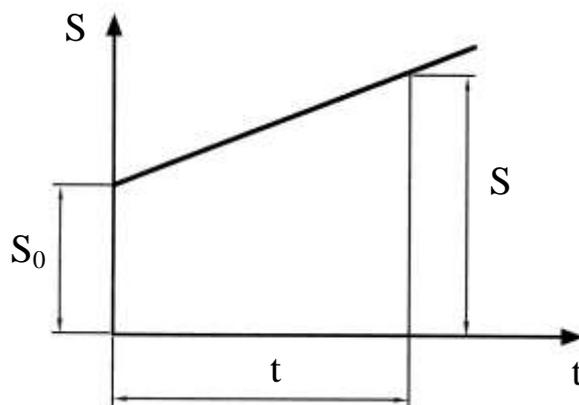


Рисунок 3.24 – Траектория точки при равномерном прямолинейном движении

При $S_0 = 0$

$$S = V \cdot t, \quad (3.39)$$

откуда следует, что:

$$V = \frac{S}{t}, \quad (3.40)$$

Здесь V – величина постоянная: точка за равные промежутки времени проходит равные отрезки пути.

Неравномерное прямолинейное движение.

Если точка за равные промежутки времени проходит неравные отрезки пути, то ее движение называется *неравномерным*.

Уточним понятие ускорения, которое характеризует изменение скорости за известный промежуток времени:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}, \text{ м/с}^2. \quad (3.41)$$

Для прямолинейного равномерно-ускоренного движения $a = \text{const}$. Ускорение можно записать в виде:

$$a = \frac{V - V_0}{t}, \quad (3.42)$$

где V – скорость в момент наблюдения;
 V_0 – начальная скорость;
 t – время наблюдения.

Из данного уравнения следует, что:

$$V = V_0 + a \cdot t. \quad (3.43)$$

Также можно допустить, что:

$$\frac{V_0+V}{2} = V_{\text{cp}} \quad - \text{средняя скорость движения.}$$

Тогда путь, пройденный точкой при неравномерном прямолинейном движении, равен:

$$S = V_{\text{cp}} \cdot t, \quad (3.44)$$

или

$$S = \frac{V_0+V}{2} \cdot t = \frac{V_0+V_0+a \cdot t}{2} \cdot t = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}. \quad (3.45)$$

Если $V_0 = 0$, то уравнения примут следующий вид:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2}; \quad (3.46)$$

$$V = a \cdot t; \quad (3.47)$$

$$a = \frac{V}{t}. \quad (3.48)$$

Графики $S = f(t)$, $V = f(t)$ и $a = f(t)$ неравномерного движения при $V_0 = 0$ изображены на рисунке 3.25.

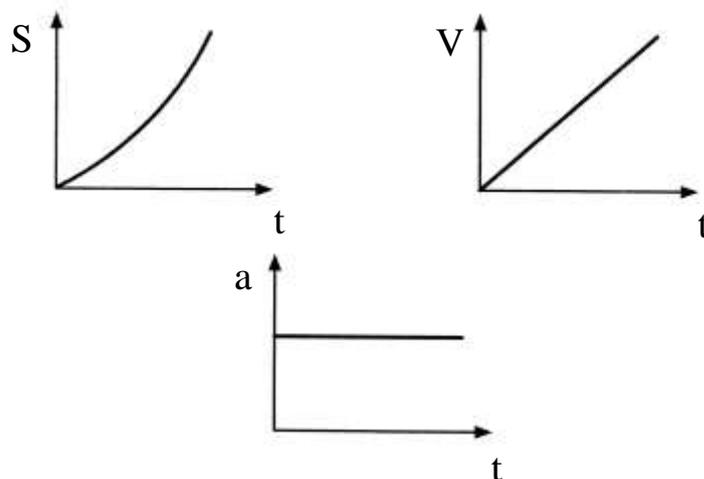


Рисунок 3.25 – Графики неравномерного движения точки

Криволинейное движение.

Криволинейное движение можно представить в виде следующего изображения (рисунок 3.26):

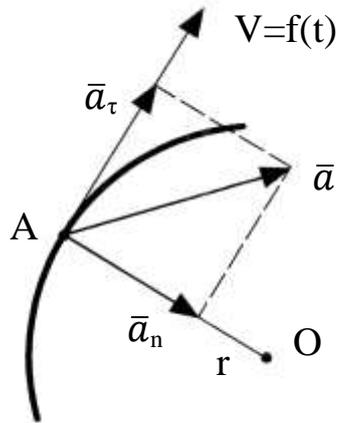


Рисунок 3.26 – Криволинейное движение точки

Из рисунка следует:

$$\bar{a} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n, \quad (3.49)$$

где \bar{a}_τ – касательное ускорение;
 \bar{a}_n – нормальное ускорение.

В аналитическом выражении ускорение равно:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}, \quad (3.50)$$

при этом:

$$a_n = \frac{v^2}{r} \neq 0, \quad (3.51)$$

где r – радиус движения точки по криволинейной траектории.

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}. \quad (3.52)$$

При $a_\tau = 0$ движение точки равномерное, при $a_\tau \neq 0$ – переменное, а при $a_\tau = const$ – равнопеременное.

Равнопеременное движение может быть равномерно ускоренным и равномерно замедленным: численное значение скорости может увеличиваться или уменьшаться. Величина ускорения определится через значения скорости в начале и конце промежутка времени t :

$$a_{\tau} = \frac{v-v_0}{t}, \quad (3.53)$$

откуда следует:

$$V = V_0 + a_{\tau} \cdot t. \quad (3.54)$$

Из уравнения видно, что:

- при $a_{\tau} > 0$ – движение равномерно ускоренное;
- при $a_{\tau} < 0$ – движение равномерно замедленное.

Примером равномерно ускоренного движения может служить свободное падение тела. В этом случае $a_{\tau} = g = 9,81 \text{ м/с}^2$ (g – ускорение свободного падения на уровне моря).

Путь, пройденный точкой при равномерно переменном движении можно определить по формуле:

$$S = V_0 \cdot t + \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}. \quad (3.55)$$

3.1.2.3 Поступательное движение твердого тела

Поступательным называется такое движение твердого тела, при котором всякая прямая, проведенная в этом теле, остается параллельной своему начальному положению. Тогда все точки тела описывают одинаковые траектории и в любой момент времени имеют равные по величине и параллельно направленные скорости и ускорения.

Если выбрать на (или в) теле точки А и В, для них, как для любой i -ой точки, будет справедливо:

$$\begin{aligned} \bar{V}_A &= \bar{V}_B = \bar{V}_i = \bar{V}; \\ \bar{a}_A &= \bar{a}_B = \bar{a}_i = \bar{a}. \end{aligned}$$

Точки твердого тела, совершающего поступательное движение, перемещаются как по прямолинейным, так и по криволинейным траекториям.

Примеры

1 Автомобиль движется на прямолинейном участке. Кузов автомобиля движется поступательно. Траекториями всех точек кузова являются прямые линии.

2 Колесо обозрения вращается вокруг горизонтальной оси. Во время вращения кабинки находятся в вертикальном положении, т. е. совершают поступательное движение. Траекториями движения всех точек кабинки являются окружности.

3.1.2.4 Вращательное движение твердого тела, угловая скорость и угловое ускорение

При криволинейном движении, когда траектория движения представляет собой окружность, а точки на оси вращения остаются неподвижными, вводится понятие *вращательного* (или *кругового*) движения (рисунок 3.27).

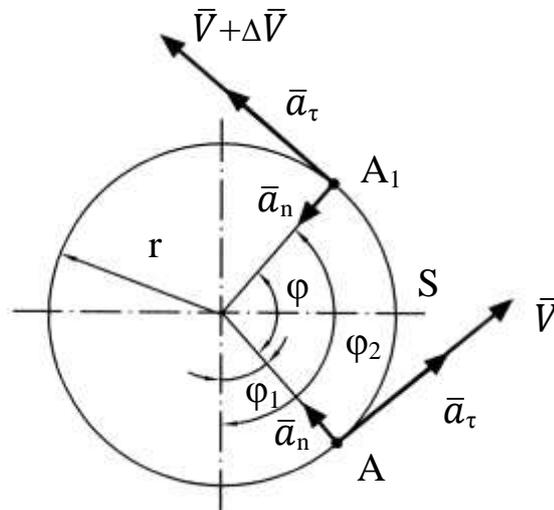


Рисунок 3.27 – Вращательное движение точки

Путь, пройденный по дуге окружности равен:

$$S = r \cdot \varphi, \quad (3.56)$$

где r – радиус окружности,

φ – центральный угол (угол поворота).

Если известно число оборотов n за какой-то промежуток времени, то угол поворота определяется как:

$$\varphi = 2 \cdot \pi \cdot n. \quad (3.57)$$

Изменение центрального угла по времени называется угловой скоростью:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1}, \text{ рад/с (1/с, с}^{-1}\text{)}. \quad (3.58)$$

При равномерном движении:

$$\varphi = r \cdot \omega. \quad (3.59)$$

Окружная скорость равна изменению пути по времени:

$$V = r \cdot \omega, \text{ м/с}. \quad (3.60)$$

Окружная скорость – линейная скорость точек вращающегося тела, отстоящих от оси на расстоянии r (или $d/2$).

Угловое ускорение – изменение угловой скорости во времени:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t}, \text{ рад/с}^2. \quad (3.61)$$

При $\varepsilon = \text{const}$ – движение равнопеременное (ускоренное или замедленное), а угол поворота и угловая скорость равны:

$$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \quad (3.62)$$

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t. \quad (3.63)$$

Касательное ускорение равно изменению окружной скорости по времени:

$$a_\tau = \frac{V}{t} = \frac{\omega \cdot r}{t} = \varepsilon \cdot r, \text{ м/с}^2 \quad (3.64)$$

Нормальное ускорение равно:

$$a_n = \frac{V^2}{r} = r \cdot \omega^2, \text{ м/с}^2 \quad (3.65)$$

Тогда, полное ускорение можно найти из выражения:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}. \quad (3.66)$$

Для расчетов полезно знать соотношение между угловой скоростью и частотой вращения:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}. \quad (3.67)$$

3.1.3 Динамика

3.1.3.1 Аксиомы динамики, задачи динамики для свободной и несвободной материальной точки, принцип Д'Аламбера

3.1.3.2 Силы инерции при прямолинейном, криволинейном и вращательном движении точки

3.1.3.3 Работа силы при прямолинейном перемещении

3.1.3.4 Работа и мощность при вращательном движении, потенциальная и кинетическая энергия

3.1.3.1 Аксиомы динамики, задачи динамики для свободной и несвободной материальной точки, принцип Д'Аламбера

В динамике рассматривают движение точек или тел под действием приложенных сил.

При действии на точку неуравновешенной системы сил точка имеет некоторое ускорение. Связь между точкой и силой или системой сил описывается аксиомами динамики.

Первая аксиома. Ускорение a , сообщаемое материальной точке силой P , имеет направление силы и по величине пропорционально ей.

$$\begin{aligned} m \cdot \bar{a} &= \bar{P} && \text{– векторная форма,} \\ \text{или} &&& \\ m \cdot a &= P && \text{– алгебраическая форма,} \end{aligned}$$

где m – коэффициент пропорциональности, представляющий собой массу материальной точки.

Для силы тяжести можно записать:

$$m \cdot g = G, \tag{3.68}$$

где g – ускорение свободного падения,

G – сила тяжести (вес).

Масса пропорциональна силе тяжести и не зависит от характера движения.

Вторая аксиома (основной закон динамики). При действии на материальную точку нескольких сил, ускорение, получаемое точкой,

будет таким же, как при действии одной силы, равной геометрической сумме этих сил (рисунок 3.28).

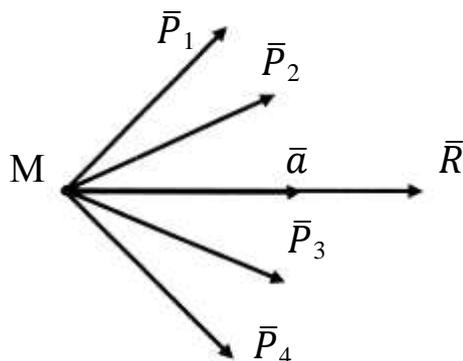


Рисунок 3.28 – Графическое изображение второй аксиомы динамики

$m \cdot \bar{a} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \dots + \bar{P}_n = \bar{R}$ – графическое изображение,

где \bar{R} – равнодействующая системы сил, которую можно найти по правилу многоугольника сил.

В динамике для свободной точки, т. е. точки не ограниченной связями решают две задачи:

1) определить силу, действующую на материальную точку, по заданному движению точки. При этом используют положение кинематики для определения величины и направления ускорения точки, а затем, применив первую аксиому динамики, находят силу;

2) определить движение точки (закон движения, скорость и ускорение) по заданным силам. Для несвободной точки, т. е. точки на движение которой наложены связи, вторая задача формулируется так: по заданным активным силам, массе точки, начальным условиям движения и связям, наложенным на точку, определить движение этой точки и силу реакций связей.

Ранее уже отмечалось, что если на материальную точку М действует система сил $\bar{P}_1, \dots, \bar{P}_4$, то, согласно принципу независимости и сложения действия сил, точка М от действия этих сил получит такое же ускорение, как от действия равнодействующей \bar{R} . То есть:

$$m \cdot \bar{a} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \bar{P}_4 = \bar{R}. \quad (3.69)$$

Введем новое обозначение:

$$\bar{P}_{ин} = -m \cdot \bar{a}, \quad (3.70)$$

где $\bar{P}_{ин}$ – сила инерции, равная произведению массы точки на ее ускорение, но направленная в сторону, противоположную ускорению, так

как сила $\bar{P}_{ин}$ уравновешивает вектор \bar{R} (рисунок 3.29).

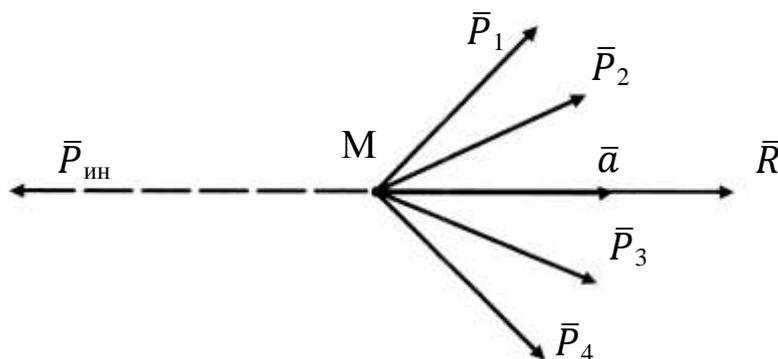


Рисунок 3.29 – Графическое изображение силы инерции

На этом основании сформулирован **принцип Д'Аламбера**: если ко всем действующим силам, приложенным к движущемуся телу или системе тел, приложить силы инерции, то полученную систему сил можно рассматривать находящейся в равновесии.

Применение принципа Д'Аламбера при решении динамических задач позволяет использовать уравнения равновесия статики. Такой прием носит название *метода кинестатики*.

3.1.3.2 Силы инерции при прямолинейном, криволинейном и вращательном движении точки

Аналитически при прямолинейном движении сила инерции имеет вид:

$$P_{ин} = m \cdot a \quad (3.71)$$

При ускоренном движении $a > 0$, сила инерции противоположна направлению движения (рисунок 3.30)

Пример – Действие сил инерции на пассажиров в троллейбусе при разгоне.



Рисунок 3.30 – Сила инерции при ускорении

При замедленном движении (торможении) $a < 0$, силы инерции совпадают с направлением движения (рисунок 3.31).



Рисунок 3.31 – Сила инерции при торможении

При криволинейном неравномерном движении силы инерции противоположны направлению движения (рисунок 3.32).

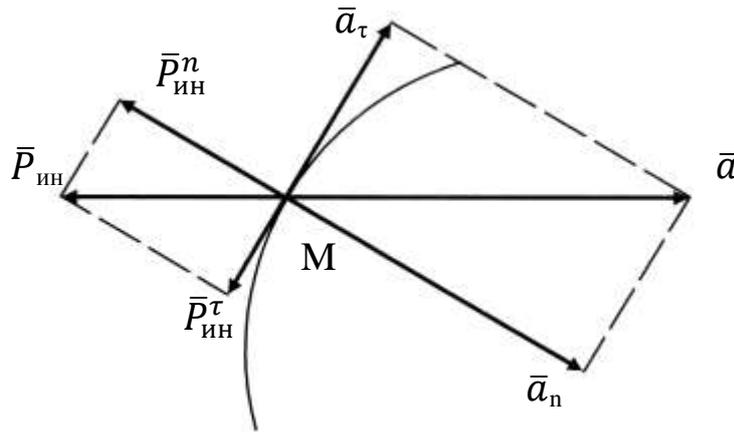


Рисунок 3.32 – Сила инерции при криволинейном неравномерном движении

Ускорение точки М разложено на две составляющие: нормальную a_n и касательную a_τ .

$\bar{P}_{ин} = \bar{P}_{ин}^n + \bar{P}_{ин}^\tau$ – графическое изображение.

В аналитическом выражении:

$$P_{ин}^n = m \cdot a_n, \quad (3.72)$$

$$P_{ин}^\tau = m \cdot a_\tau. \quad (3.73)$$

Учитывая, что составляющие ускорения взаимно перпендикулярны, получим:

$$P_{ин} = \sqrt{(P_{ин}^n)^2 + (P_{ин}^\tau)^2} = \frac{G}{g} \cdot \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}, \quad (3.74)$$

где $G/g = m$ – масса материальной точки.

Вспомним, что при вращательном движении:

$$a_n = r \cdot \omega^2, \quad (3.75)$$

$$a_{\tau} = r \cdot \varepsilon. \quad (3.76)$$

Тогда:

$$P_{\text{ин}}^n = m \cdot r \cdot \omega^2, \quad (3.77)$$

$$P_{\text{ин}}^{\tau} = m \cdot r \cdot \varepsilon. \quad (3.78)$$

3.1.3.3 Работа силы при прямолинейном перемещении

Работа силы P при прямолинейном перемещении точки ее приложения равна произведению модуля силы P на перемещение S и косинус угла между направлением силы и направлением перемещения (рисунок 3.33).

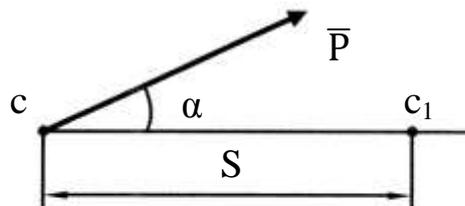


Рисунок 3.33 – Схема для расчета работы силы

$$A = P \cdot S \cdot \cos \alpha, \text{ Дж (Н}\cdot\text{м)} \quad (3.79)$$

При $\alpha < 90^\circ$ работа положительна, а сила называется движущей.

При $\alpha > 90^\circ$ – работа отрицательна, сила называется силой сопротивления (трение, сопротивление воздуха).

При $\alpha = 90^\circ$ – $A = 0$.

При $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$, $A = P \cdot S$.

$P \cdot \cos \alpha$ – проекция силы на направление перемещения точки.

Следовательно, работа – это произведение проекции силы на величину перемещения. Как частный случай, работа силы тяжести равна произведению силы тяжести на величину перемещения в вертикальном направлении (если даже траектория перемещения была наклонной) т. е. результат не изменится, берется ли проекция силы на направление движения или проекция траектории на направление действия силы.

3.1.3.4 Работа и мощность при вращательном движении, потенциальная и кинетическая энергия

Мощностью называется работа, совершаемая силой за единицу времени.

Если:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha}{\Delta t} \quad (3.80)$$

и $P \cdot \cos \alpha = P_v$ – проекция силы на направление движения, то:

$$N = P_v \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = P_v \cdot V, \text{ Дж/с (Вт} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м/с)}. \quad (3.81)$$

Выражение $A = P \cdot S$, для случая $\alpha = 0$, может быть использовано для вращательного движения, если считать, что $\Delta S = r \cdot \Delta \varphi$.

Помня, что величина вращающего момента $T = P \cdot r$, запишем:

$$A = P \cdot \Delta S = P \cdot r \cdot \Delta \varphi = T \cdot \Delta \varphi. \quad (3.82)$$

В конечных величинах работа $A = T \cdot \varphi$ – произведение момента на угол поворота, мощность – произведение вращающего момента на угловую скорость:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{T \cdot \Delta \varphi}{\Delta t} = T \cdot \varphi. \quad (3.83)$$

Механической энергией называется энергия перемещения и взаимодействия тел. Она бывает двух видов: *потенциальная*, или *энергия положения* и *кинетическая*, или *энергия движения*.

Потенциальной энергией силы тяжести материальной точки или тела называется способность тела или точки совершать работу при опускании с некоторой высоты до нулевого уровня (уровня моря).

Потенциальная энергия может быть определена по формуле:

$$П = G \cdot H, \text{ Дж} \quad (3.84)$$

где G – сила тяжести,

H – высота центра тяжести над уровнем моря.

Кинетической энергией называется энергия, которой обладает всякая материальная точка при движении.

Кинетическая энергия для точки равна:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}, \text{ Дж} \quad (3.85)$$

где m – масса точки;

v – скорость точки.

Для тела кинетическую энергию можно определить как:

$$E = \frac{\sum m_i \cdot v_i^2}{2} = \frac{M \cdot v^2}{2}, \quad (3.86)$$

где M – масса твердого тела.

3.1.4 Сопротивление материалов

3.1.4.1 Основные понятия и допущения

3.1.4.2 Виды деформаций элементов конструкций

3.1.4.3 Внутренние силы упругости, закон Гука

3.1.4.4 Допускаемые напряжения, проверочные и проектные расчеты

3.1.4.1 Основные понятия и допущения

Все реальные элементы конструкций и детали машин под действием внешних сил изменяют форму и размеры. Это явление объясняется упругими свойствами материалов. Приложение внешних сил нарушает нормальное межмолекулярное взаимодействие. Внутри тела возникают силы, которые противодействуют деформации. Это силы упругости.

После снятия нагрузок, не превышающих некоторого опасного предела (различного для разных материалов), форма и размеры деталей восстанавливаются. Это упругие деформации. При перегрузках деталей (но, до их разрушения) появляются остаточные деформации.

В процессе изготовления деталей в материале имеются различные, не поддающиеся учету, поверхностные и внутренние дефекты (раковины, трещины, неоднородность структуры и т. п.), закономерность которых установить невозможно. В связи с этим, для упрощения расчетов частей конструкций, прибегают к некоторым гипотезам и допущениям о свойствах материалов и характере деформаций:

а) *гипотеза о присутствии первоначальных внутренних усилий*. Если нет причин, вызывающих деформацию тела, то во всех его точках внутренние усилия равны нулю;

б) *допущение об однородности материала*. В сопротивлении материалов полагают, что материал во всех точках тела обладает одинаковыми свойствами;

в) *допущение о непрерывности материала*. Полагают, что материал любого тела имеет непрерывное строение и представляет собой сплошную среду;

г) *допущение об изотропности материала*. Предполагается, что материал тела обладает одинаковыми свойствами во всех направлениях, т. е. он изотропный. Материалы, имеющие неодинаковые свойства в различных направлениях, называются анизотропными;

д) *допущение об идеальной упругости*. Предполагается, что в известных пределах нагружения материал обладает идеальной упругостью, т. е. после снятия нагрузки деформация исчезает полностью.

3.1.4.2 Виды деформаций элементов конструкций

В зависимости от того, как и в каком сочетании действуют внутренние силовые факторы, различают шесть видов деформации:

- 1) растяжение (рисунок 3.34);
- 2) сжатие (рисунок 3.34– пунктир);
- 3) изгиб (рисунок 3.35);
- 4) кручение (рисунок 3.36);
- 5) срез (сдвиг) – разрушение тела заклепки в плоскости стыка соединяемых деталей (рисунок 3.37);
- 6) смятие – по цилиндрической поверхности заклепки (рисунок 3.37).

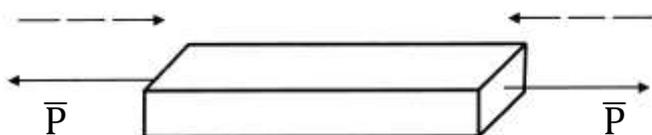


Рисунок 3.34 – Растяжение, сжатие

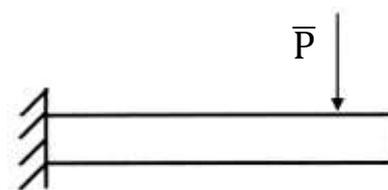


Рисунок 3.35 – Изгиб

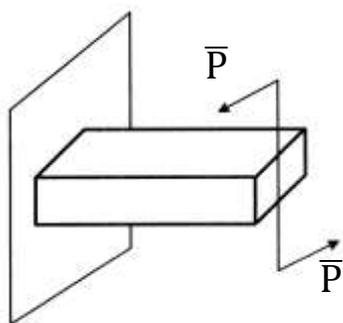


Рисунок 3.36 – Кручение

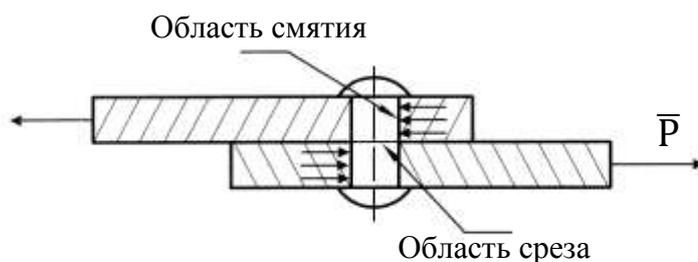


Рисунок 3.37 – Срез (сдвиг), смятие

Одним из основных требований, которым должна отвечать деталь как элемент конструкции – это прочность, т. е. работа без разрушения или недопустимых остаточных деформаций. Критерием прочности является напряжение.

3.1.4.3 Внутренние силы упругости, закон Гука

Обнаружить возникающие в нагруженном теле внутренние силы позволяет применение метода сечений. Внутренние силы упругости уравнивают внешние силы.

Рассмотрим рисунок 3.38. Суммарная величина внутренних сил, возникающих в плоскости сечения и заменяющих действие отброшенной части (к примеру, отброшенной правой части (В) бруска), уравнивает внешнюю силу \bar{P} .

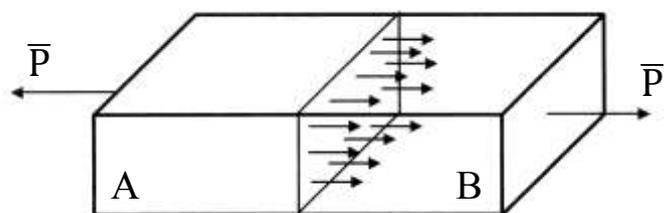


Рисунок 3.38 – Схема действия внутренних сил

Внутренние силы упругости, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения, называются *напряжениями*. Если векторы элементарных сил упругости перпендикулярны (нормальны) к площади сечения, то напряжение называется *нормальным* и обозначается σ , а если они направлены по касательной к элементарной площадке, то напряжение называется *касательным* и обозначается τ (рисунок 3.39).

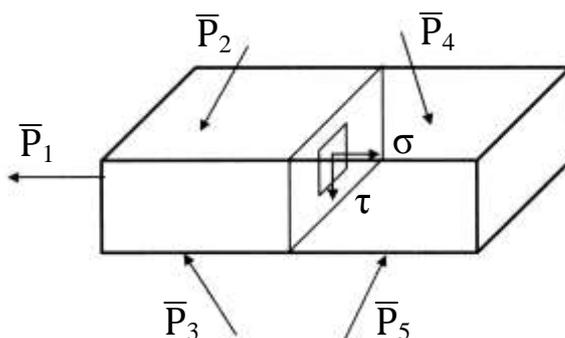


Рисунок 3.39 – Схема действия напряжений

При действии на брусок (рисунок 3.40) пространственной системы сил из уравнений равновесия можно найти в поперечном сечении три составляющие силы N_z, Q_x, Q_y и три составляющие момента M_x, M_y, T_z . Эти силы и моменты являются внутренними силовыми факторами и соответственно называются: N_z – продольная сила, Q_x и Q_y – поперечные силы, T_z – крутящий момент, M_x и M_y – изгибающие моменты.

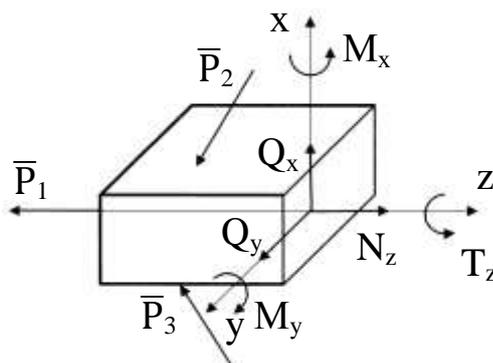


Рисунок 3.40 – Пространственная система сил

При растяжении стержня длиной l его длина после приложения нагрузки становится l_1 . Величина абсолютного удлинения стержня:

$$l_1 - l = \Delta l. \quad (3.87)$$

В практике используют понятие *относительного удлинения*:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}. \quad (3.88)$$

Относительное удлинение – число отвлеченное, иногда его выражают в процентах.

Для большинства конструкционных материалов существует прямо пропорциональная зависимость между величиной относительного удлинения и нормальным напряжением:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3.89)$$

или

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (3.90)$$

где E – коэффициент, характеризующий способность материала сопротивляться упругим деформациям растяжения или сжатия и называется модулем упругости.

E – одна из важнейших физических постоянных материала (для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм²; для чугуна $E = 0,9-1,5 \cdot 10^5$ Н/мм²).

Последняя зависимость носит название закона Гука, который формулируется так: *нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению или укорочению*.

При испытании образцов на растяжение определяют различные стандартные механические характеристики материала. При этом строят диаграмму в координатах: *относительное удлинение* (σ) – *напряжение* (Δl). Пример диаграммы показан на рисунке 3.41.

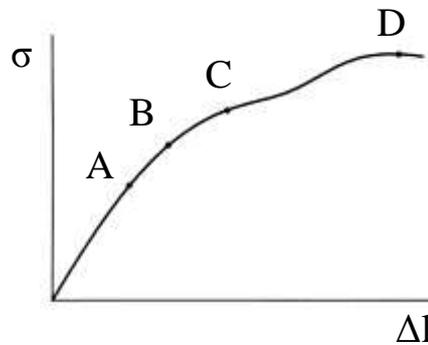


Рисунок 3.41 – График граничных состояний материала при удлинении

Точка А – предел пропорциональности (соблюдается закон Гука).

Точка В – предел упругости (за точкой А уже нет подчинения закону Гука, но еще нет остаточных деформаций).

Точка С – предел текучести (материал из упругого состояния переходит в пластическое).

Точка D – предел прочности, при достижении которого происходит разрушение образца.

Материалы, имеющие при разрушении удлинение меньше 5 %, относятся к *хрупким*, остальные – к *пластичным*.

3.1.4.4 Допускаемые напряжения, проверочные и проектные расчеты

Напряжения во времени могут быть постоянными и переменными.

Наиболее часто встречаются повторно-переменные напряжения (пульсирующие и симметричные). Это циклические напряжения, повторяющие свою величину за цикл работы t .

При переменных напряжениях, которые характерны для нагружения большинства машин важным является определение предела выносливости σ_R при неограниченном сроке службы.

График выносливости (рисунок 3.42) получают экспериментально.

Вид кривой зависит от материала, деформации и коэффициента асимметрии цикла R .

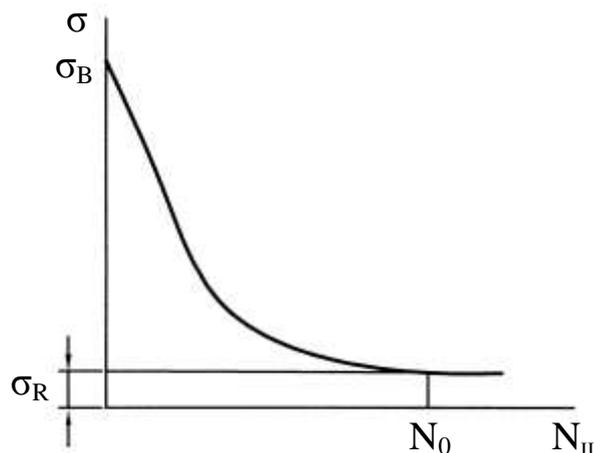


Рисунок 3.42 – График выносливости

Допускаемые напряжения – это максимальные значения напряжений, обеспечивающие безопасную работу материала. Допускаемые напряжения зависят от предельных напряжений и коэффициента запаса прочности:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{n}, \quad (3.91)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ – предельные напряжения, Н/мм²;

n – коэффициент запаса прочности, выбираемый по таблицам в зависимости от материала, характера нагружения, вида термообработки и др.

Предельные напряжения будут разные в зависимости от переменности напряжений и свойств материалов.

Для случая постоянных напряжений в качестве предельных выступают:

– для стали, латуни – σ_c (предел текучести для пластичных материалов);

– для чугуна, бронзы – σ_a (предел прочности для хрупких материалов).

Эти стандартные характеристики определяют лабораторным путем или выбирают по таблицам справочных пособий.

Проверочный расчет

Цель проверочного расчета – проверить напряжение, возникающее в работающей детали.

Действующее напряжение определяется отношением силового фактора к геометрическому фактору и должно быть меньше или равно допускаемому напряжению.

Силовой фактор – это сила (Н) или момент силы (Н·мм).

Геометрический фактор – это площадь поперечного сечения (мм) или момент сопротивления сечения (мм³).

Так при расчете на растяжение:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \leq [\sigma]_p, \quad (3.92)$$

где σ_p – действующее напряжение;

$[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение;
 P – внешняя сила;
 A – площадь поперечного сечения.

Данную формулу называют *уравнением прочности*.
 По числу деформаций, уравнений прочности шесть:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \leq [\sigma]_p \quad \text{– для растяжения;}$$

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{A} \leq [\sigma]_{сж} \quad \text{– для сжатия;}$$

$$\sigma_{см} = \frac{P}{A_{пр}} \leq [\sigma]_{см} \quad \text{– для смятия;}$$

$$\tau_{ср} = \frac{P}{A} \leq [\tau]_{ср} \quad \text{– для среза (сдвига);}$$

$$\sigma_{и} = \frac{M_{и}}{W} \leq [\sigma]_{и} \quad \text{– для изгиба;}$$

$$\tau_{кр} = \frac{T}{W_p} \leq [\tau]_{кр} \quad \text{– для кручения,}$$

где $\sigma(\tau)$ – нормальные (касательные) напряжения в опасных сечениях или на контактных поверхностях деталей, Н/мм²;

P – рабочая нагрузка деталей, Н;

A – площадь опасного сечения, а для поверхностных деформаций площадь проекций ($A_{пр}$) поверхности, воспринимающей рабочую нагрузку, мм²;

M – изгибающий момент, Н·мм;

T – вращающий момент, Н·мм,

W – экваториальный момент сопротивления, мм³;

W_p – полярный момент сопротивления сечения, мм³.

Размер площади опасного сечения определяется в зависимости от формы сечения (рисунок 3.43).

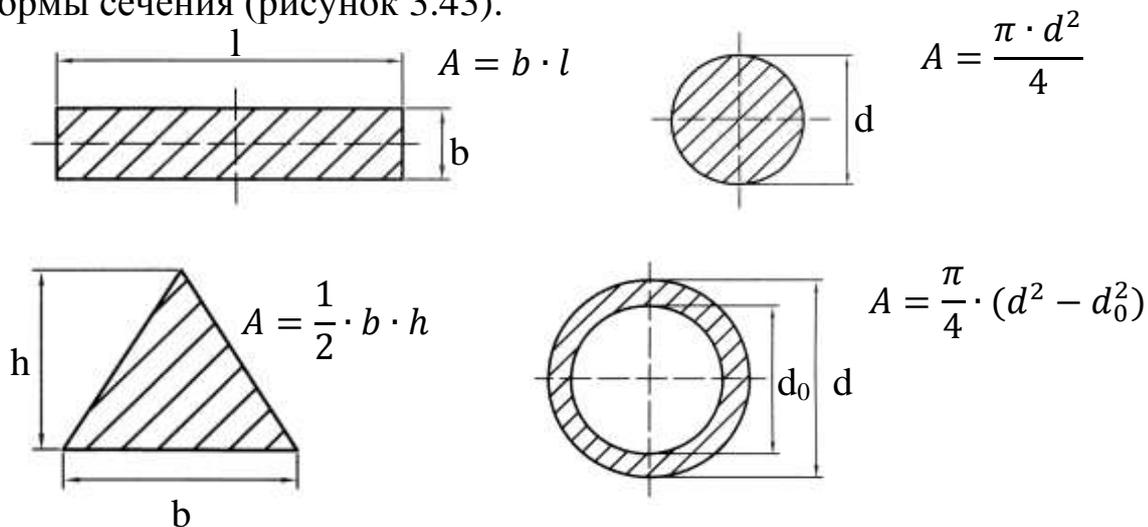


Рисунок 3.43 – Площади опасных сечений

Момент сопротивления для различных сечений (рисунок 3.44) рассчитывается по определенным зависимостям.

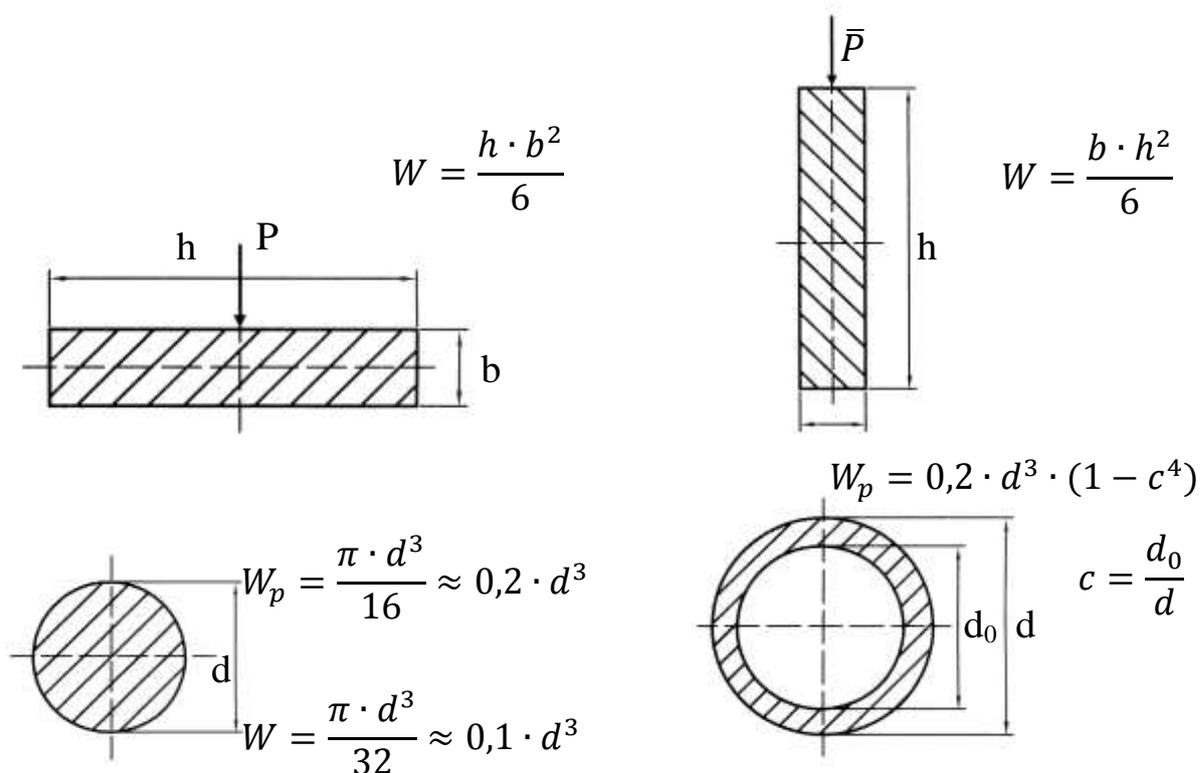


Рисунок 3.44 – Моменты сопротивлений опасных сечений

Проектный расчет

Цель проектного расчета – определить размеры проектируемой детали, зная силовой фактор и допускаемое напряжение.

Для деформации растяжения:

$$A = \frac{P}{[\sigma]_p}. \quad (3.93)$$

При проектировании детали конструктор решает триединую задачу: выбор материала, назначение формы, обеспечение прочности. Иногда при проектировании детали конструктор задается ее размерами и ведет проверочный расчет.

3.1.5 Детали машин

3.1.5.1 Основные требования, предъявляемые к деталям машин

3.1.5.2 Машиностроительные материалы

3.1.5.3 Стандартизация деталей машин

3.1.5.4 Расчет соединений деталей машин

3.1.5.1 Основные требования, предъявляемые к деталям машин

Тенденциями развития машиностроения являются: увеличение производительности и мощности машин, скоростей, давлений и других показателей технологических процессов; повышение коэффициента полезного действия машин; уменьшение их массы и габаритов; повышение их надежности и долговечности; снижение стоимости изготовления; удобство и безопасность обслуживания.

Исходя из этих тенденций к деталям любой машины предъявляются следующие требования:

– *прочность* – способность материала детали воспринимать нагрузки не разрушаясь и без недопустимых остаточных деформаций;

– *жесткость* – способность материала деталей сопротивляться изменению формы и размеров при нагружении, и в то же время, работа детали без чрезмерных упругих деформаций;

– *износостойкость* – свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения между соприкасающимися деталями;

– *технологичность* – соответствие изделия требованиям производства и эксплуатации с целью повышения производительности труда и качества изделия при максимальном снижении себестоимости;

– *экономичность* – обеспечение малых затрат при изготовлении машин и их использовании, удобство эксплуатации и ремонта.

– *малая масса и минимальные габариты* – деталь должна иметь достаточные прочность, жесткость и износостойкость при минимально возможных габаритах и массе;

– *недефицитность материалов* – обеспечение выполнения требований не должно осуществляться за счет применения дефицитных материалов, приводящих к резкому увеличению стоимости детали;

– *безопасность* – обеспечение формы и размера детали безопасности обслуживания персонала при изготовлении и эксплуатации машины;

– соответствие государственным стандартам – удовлетворение деталей действующим стандартам на формы, размеры, сорта и марки материала.

В некоторых отраслях к деталям могут устанавливаться требования *вибростойкости, жаропрочности* и др.

Детали машин подразделяются на детали общего назначения (болты, шкивы, зубчатые колеса) и специальные (диск сеялки, лемех плуга).

3.1.5.2 Машиностроительные материалы

Для изготовления деталей применяются конструкционные материалы, обладающие достаточной прочностью при восприятии силовых нагрузок. Наиболее распространенными машиностроительными материалами являются:

- сталь – железоуглеродистый сплав с содержанием углерода до 2 %;
- чугун – железоуглеродистый сплав с содержанием углерода выше 2 %;
- сплавы цветных металлов;
- пластмассы – материалы, изготавливаемые на основе синтетических или природных высокомолекулярных смол;
- дерево, резина, кожа, графит и др.

Конструкционные стали подразделяются на *углеродистые* и *легированные*.

По содержанию углерода стали делятся на *низкоуглеродистые* с содержанием углерода до 0,25 %, *среднеуглеродистые* с содержанием углерода 0,25–0,6 % и *высокоуглеродистые* с содержанием углерода 0,6–2 %.

Легированные конструкционные стали содержат специальные *присадки (примеси)* – хром, никель, марганец, титан и различаются по содержанию легирующих присадок – хромистая, хромоникелевая и др.

По качеству стали разделяют на *качественные* и *высококачественные*.

Углеродистую сталь обыкновенного качества применяют главным образом для термически не обрабатываемых деталей машин, а углеродистую качественную конструкционную сталь – для деталей машин, подвергаемых термообработке.

Легированную сталь используют для особо ответственных деталей машин, где наряду с высокой прочностью требуется компактность

или небольшая масса, а также для таких деталей машин, которые должны обладать специфическими свойствами, например жаропрочностью, коррозионной стойкостью и т. д.

Для повышения механических и других свойств стали и различных металлических сплавов широко применяют термическую обработку: *отжиг, нормализацию, улучшение, закалку и отпуск*, отличающиеся режимами термической обработки.

Отжигом пользуются для снижения остаточных напряжений в деталях машин, получаемых отливкой или обработкой давлением, а также для понижения твердости и улучшения обрабатываемости.

Нормализацию применяют для улучшения механических свойств и обрабатываемости резанием.

Закалку применяют для повышения прочности, твердости и износостойкости машин. Закалка может быть общей (объемной) или поверхностной.

Отпуск используют для снижения остаточных напряжений и твердости, а также повышения вязкости закаленных деталей машин.

Улучшение состоит из двух операций: закалки и высокотемпературного отпуска и применяется для повышения прочности деталей машин при сохранении или повышении вязкости.

Чугуны подразделяются на *серый, белый, ковкий*.

Серый чугун – основной литейный материал. Углерод частично находится в виде графита. Для более ответственных чугунных деталей применяют модифицированный и высокопрочный чугуны. Модифицированный чугун отличается от серого чугуна добавкой графитизирующих присадок, повышающих литейные и механические свойства. Высокопрочный чугун повышает механические свойства в сравнении с обыкновенным серым чугуном благодаря присадкам магния.

Белый чугун обладает более низкими литейными свойствами, очень твердый, трудно поддается обработке резанием. Применяется в некоторых деталях, работающих на износ (тормозные колодки и т. п.).

Ковкий чугун применяют для деталей, получаемых отливкой и испытывающих во время работы ударные нагрузки.

Сплавы цветных металлов.

Медные сплавы – бронзы и латуни. Бронзы разделяют на оловянные, свинцовые, алюминиевые – по основному присадочному материалу. Благодаря антифрикционным и антикоррозийным свойствам применяется в узлах трения и в водяной и паровой арматуре.

В латунях основным присадочным материалом является цинк и применяются они для изготовления проволоки, гильз, труб, арматуры

электрических аппаратов.

Баббиты оловянные (олова более 70 %), оловянно-свинцовые (свинца 65–75 %) и свинцовые (свинца более 80 %) применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения.

Легкие сплавы имеют алюминиевую или магниевую основу.

Для получения деталей литьем используют *силумины* (содержит до 20 % кремния), а для получения заготовок деталей давлением используют *дюралюмины* (сплав алюминия, меди, магния и марганца).

3.1.5.3 Стандартизация деталей машин

Стандартизация деталей машин – установление специальных обязательных норм, называемых стандартами, которым должны соответствовать отдельные виды или некоторые параметры продукции.

Назначение стандартизации – максимальное упрощение и удешевление производства путем использования наиболее целесообразных, зарекомендовавших себя на практике, видов изделий, их исполнения, конструктивных форм, размеров, технических и качественных характеристик (прочности, надежности и т. д.).

Стандартизация деталей машин упрощает и ускоряет проектирование новых машин благодаря использованию стандартных изделий, создает возможность массового или крупносерийного производства стандартных деталей с применением наиболее прогрессивных методов, снижает трудоемкость изготовления деталей, сокращает количество станков, инструментов, моделей, дает возможность использовать стандартный инструмент, уменьшает расход материалов и запасных частей, ускоряет ремонт машин.

Благодаря стандартизации допусков и посадок, форм и размеров наиболее распространенных деталей (крепежных деталей, подшипников качения, ремней, цепей, муфт, отдельных конструктивных элементов) стала возможна взаимозаменяемость деталей, ресурс которых оказался исчерпанным.

Стандартами в машиностроении охвачены правила оформления машиностроительных чертежей; ряды чисел, на базе которых устанавливаются линейные размеры и диаметры, мощности, угловые скорости, грузоподъемные и другие величины, машиностроительные материалы, их химический состав, основные механические свойства и т. д.

Стандартами предусмотрена единая международная система измерения технических величин СИ.

3.1.5.4 Расчет соединений деталей машин

В машиностроении наиболее часто встречаются следующие виды соединений различных деталей и узлов:

- резьбовые;
- шпоночные;
- зубчатые (шлицевые);
- заклепочные;
- сварочные.

Резьбовые, шпоночные, зубчатые соединения относятся к разъемным, заклепочные и сварные – к неразъемным.

Расчет прочных заклепочных швов.

Заклепочный шов может быть любой длины l с числом заклепок n , расположенных в один или несколько рядов.

На одну заклепку действует сила:

$$P_1 = \frac{P}{n}, \quad (3.94)$$

где n – число заклепок.

Для одной заклепки в данном шве (рисунок 3.45) можно записать уравнения прочности:

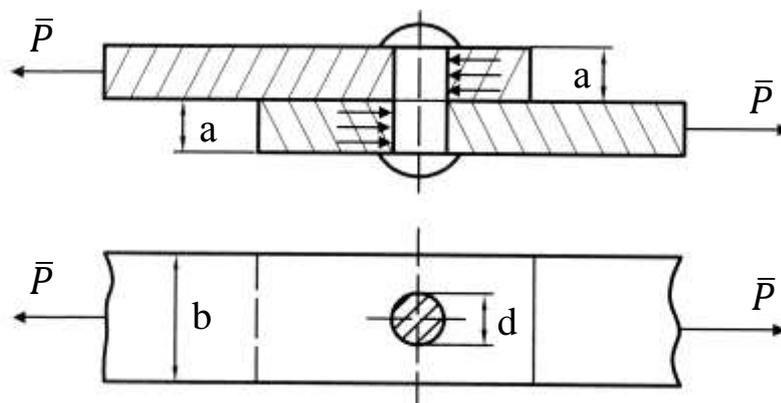


Рисунок 3.45 – Заклепочное соединение

– при деформации смятия между заклепкой и листом:

$$\sigma_{см} = \frac{P_1}{a \cdot d} \leq [\sigma]_{см}; \quad (3.95)$$

– при деформации сдвига (среза) заклепки:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot P_1}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]_{\text{ср}}; \quad (3.96)$$

– расчет полосы на растяжение по слабому сечению:

$$\sigma_p = \frac{P_1}{a \cdot (b - d)} \leq [\sigma]_p. \quad (3.97)$$

Расчет стыковых сварных швов.

Стыковые сварочные швы (рисунок 3.46) рассчитываются на прочность по уравнениям:

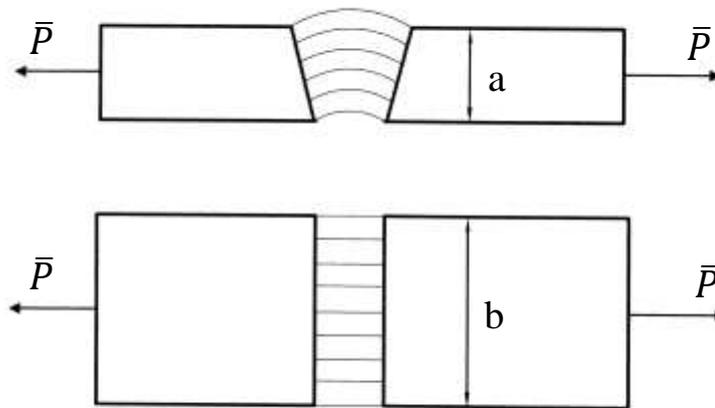


Рисунок 3.46 – Сварное соединение

– при растяжении:

$$\sigma_p = \frac{P}{a \cdot b} \leq [\sigma]_p; \quad (3.98)$$

– при сжатии:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{a \cdot b} \leq [\sigma]_{\text{сж}}. \quad (3.99)$$

Расчет шпоночных соединений.

Шпоночные соединения служат для закрепления деталей (шкивов, зубчатых колес, муфт и т. д.) на осях и валах. Соединения нагружаются вращающим моментом.

Ненапряженные шпоночные соединения (рисунок 3.47) испытывают смятие по узкой рабочей грани шпонки и среза – по среднему сечению по длине шпонки.

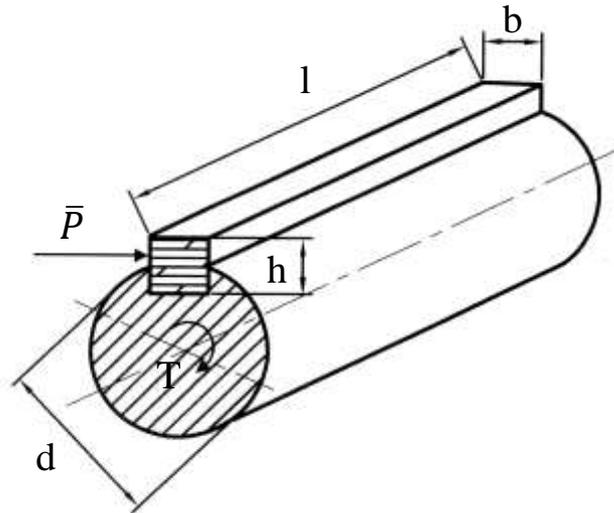


Рисунок 3.47 – Шпоночное соединение

Для проверки прочности на смятие шпонки пользуются уравнением:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{A_{\text{пр}}} \leq [\sigma]_{\text{см}}, \quad (3.100)$$

где P – расчетная сила, равная:

$$P = \frac{2 \cdot T}{d}, \quad (3.101)$$

где T – вращающий момент,

$A_{\text{пр}}$ – площадь проекции, воспринимающей нагрузку (площадь смятия), которую можно определить по формуле:

$$A_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot h \cdot l. \quad (3.102)$$

С учетом подстановок расчетная формула имеет вид:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l} \leq [\sigma]_{\text{см}}. \quad (3.103)$$

При расчете прочности шпонки на срез применяют формулы:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P}{A} \leq [\tau]_{\text{ср}} \quad \text{или} \quad (3.104)$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot l} \leq [\tau]_{\text{ср}}, \quad (3.105)$$

где $A = b \cdot l$ – площадь среза.

Расчет болтового соединения.

На болт (рисунок 3.48) размерами d – номинальный диаметр, мм, d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм и гайку с высотой H , действует сила P . Выполняют следующие расчеты:

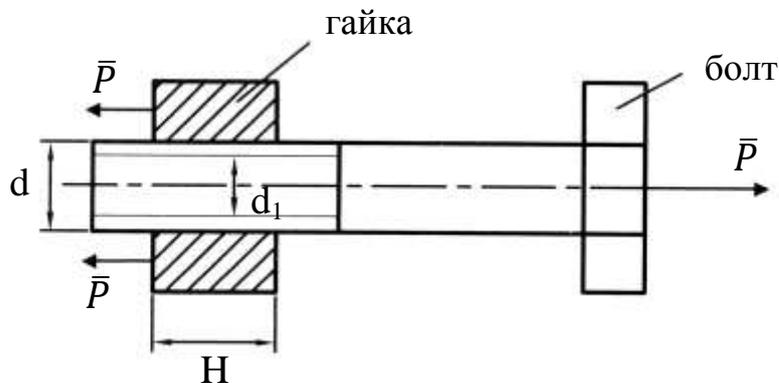


Рисунок 3.48 – Болтовое соединение

– расчет тела болта на растяжение:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \leq [\sigma]_p, \quad (3.106)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \quad (3.107)$$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p; \quad (3.108)$$

– расчет гайки из условий прочности на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{A_{пр}} \leq [\sigma]_{см}, \quad (3.109)$$

$$A_{пр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot z, \quad (3.110)$$

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot z} \leq [\sigma]_{см}, \quad (3.111)$$

где z – число витков резьбы в гайке:

$$z = \frac{H}{p}, \quad (3.112)$$

где p – шаг резьбы.

Если на деталь действует одновременно несколько силовых факторов, состояние детали называют *сложно напряженным* (изгиб и растяжение, изгиб и кручение и т. д.).

3.2 Тракторы и автомобили

3.2.1 Развитие автотракторостроения

3.2.1.1 Особенности использования тракторов и автомобилей в лесном хозяйстве

3.2.1.2 История развития автомобиле- и тракторостроения

3.2.1.1 Особенности использования тракторов и автомобилей в лесном хозяйстве

Тракторы и автомобили, применяемые в лесном комплексе, являются основными энергетическими средствами, с помощью которых осуществляются лесохозяйственные механизированные работы и перевозка различных грузов.

Трактором называется колесная или гусеничная самоходная машина, предназначенная для перемещения монтируемых, навесных, полунавесных и прицепных лесозаготовительных, лесохозяйственных, сельскохозяйственных, мелиоративных и других технологических машин, снабженных специальными рабочими органами, буксирования прицепов, повозок, саней. Двигатель трактора может приводить в действие активные рабочие органы и другие механизмы через вал отбора мощности (ВОМ), а также стационарные машины с помощью шкивного приспособления.

Автомобиль – это самоходное транспортное средство, предназначенное для перевозки грузов, людей или выполнения специальных работ.

Тракторы и автомобили, используемые в лесном хозяйстве, работают в более тяжелых условиях, чем в сельском хозяйстве и других областях промышленности.

Области применения тракторов в лесном хозяйстве чрезвычайно обширны. Основными видами работ, выполняемыми тракторами, являются: обработка почвы на вырубках, питомниках и других открытых площадях, а также под пологом леса; посадка лесных культур; уход за посевами, посадками и лесными культурами; корчевка пней и расчистка лесных площадей; проведение рубок ухода за лесом; транспортные работы и т. п. В связи с этим тракторы должны удовлетворять определенным требованиям, основными из которых являются:

– возможность использования их в специфических условиях при

лесовосстановительных, лесохозяйственных и транспортных работах на вырубках с различным количеством пней и различными почвенными условиями;

– должны быть универсальными, т. е. иметь возможность применения их на различных видах работ;

– иметь навесную раздельно-агрегатную систему и прицепное устройство для агрегатирования с навесными, полунавесными и прицепными технологическими машинами;

– обладать возможностью работы на различных, в том числе и пониженных, скоростях движения;

– быть маневренными при работе на небольших участках лесных площадей;

– иметь легкую управляемость;

– обладать повышенной устойчивостью при переезде через препятствия;

Автомобили, используемые в лесном хозяйстве, также работают в более тяжелых условиях, по бездорожью, в труднопроходимых местах, поэтому должны иметь повышенную проходимость и грузоподъемность.

Для выполнения некоторых видов работ могут использоваться и сельскохозяйственные тракторы. Все это свидетельствует о том, что по характеру выполняемых работ лесному хозяйству необходимы тракторы и автомобили различных типов.

3.2.1.2 История развития автомобиле- и тракторостроения

Еще в 18 веке изобретатели, в том числе и русские, положили начало созданию безрельсового транспорта и вездеходов-тягачей. В 1752 г. крепостной крестьянин Леонтий Лукьянович Шамшуренков построил «самобеглую коляску». Гениальный русский механик Иван Петрович Кулибин в 1791 г. построил «трехколесную самокатку», приводимую в движение мускульной силой человека. Однако, только после создания двигателя внутреннего сгорания автомобили и тракторы получили широкое распространение.

Впервые такой двигатель был построен в 1877 г. немецкими изобретателями Николаем-Августом Отто и Евгением Лангеном.

Первые действительно работоспособные автомобили с двигателем внутреннего сгорания были построены и испытаны в 1885–1886 гг. талантливыми немецкими изобретателями Карлом

Венцом и Готтлибом Даймлером. Именно с этого события началась широкая моторизация планеты.

В России первый двигатель внутреннего сгорания построил в Петербурге в 1889 г. Огнеслав Стефанович Костович. Двигатель с воспламенением от сжатия был построен в Германии Рудольфом Дизелем в 1897 г. и впоследствии усовершенствован русскими двигателялистами.

Первый автомобиль в России появился в 1896 г. благодаря инженерному таланту Евгения Александровича Яковлева и Петра Александровича Фрезе.

На рубеже 19–20 веков получили известность ряд инженеров и предпринимателей, создававших и производивших автомобили. В 1899 г. в Санкт-Петербурге построил и испытал несколько электромобилей Ипполит Владимирович Романов. Производством автомобилей занимались фирмы «Россия» Александра Лейтнера в Риге, «Дукс» Юлия Александровича Меллера, «Н. Э. Бромлей» в Москве, «Э. Д. Лидке», «Д. Скавронский» в Санкт-Петербурге и другие.

Самой яркой страницей истории моторизации дооктябрьского периода явилось производство автомобилей «Руссо-Балт» в Риге, на Русско-Балтийском вагонном заводе. С 1909 по 1915 г. там было выпущено более тысячи легковых и грузовых автомобилей, что по тем временам для одного завода было немало. Однако для огромной России этого количества было явно недостаточно.

Автомобилизация бывшего Советского союза стала реальностью только после 1917 года. Сначала производился только ремонт автомобилей, а затем было начато их производство. Первые советские грузовые автомобили – полутонные АМО-Ф-15 были выпущены к седьмой годовщине Октябрьской революции в 1924 г. заводом АМО (Автомобильное Московское общество) – ныне ЗИЛ. В 1925 г. Ярославский автомобильный завод (ЯАЗ) освоил выпуск трехтонных грузовых автомобилей Я-3 и Я-4, а в 1929 г. пятитонных ЯГ-5 и ЯГ-6. Накопленный опыт позволил в 30-е годы реконструировать АМО, построить крупный автомобильный завод в Нижнем Новгороде (Горьком), развернуть другие автомобильные и автосборочные производства. К концу второй пятилетки Советский Союз вышел на первое место в Европе и на второе в мире по выпуску грузовых автомобилей.

После окончания Великой Отечественной войны происходит полное обновление продукции, выпускаемой автомобильными заводами страны. Заводы реконструируются, оснащаются новой техникой и налаживают производство новых моделей автомобилей. На базе

основных моделей выпускается большое количество специализированных грузовых автомобилей. Вступают в строй Минский, Павловский, Кутаисский, Кременчугский и Львовский заводы.

В 1957–1959 гг. происходит новое техническое перевооружение автомобильной промышленности, создаются более экономичные и надежные в эксплуатации автомобили.

Период девятой (1971–1975 гг.) и десятой (1976–1980 гг.) пятилеток в истории советского автомобилестроения отмечен значительным ростом выпуска автомобилей – вышел на проектную мощность ВАЗ, полным ходом развернули производство легковых автомобилей Ижевский автомобильный завод и новые цеха АЗЛК. Одновременно шло строительство комплекса предприятий по производству тяжелых грузовиков КамАЗ, сооружение новых и реконструкция старых цехов на ЗИЛе, ГАЗе, БелАЗе.

К концу прошлого столетия автомобильная промышленность СНГ выпускала более 350 моделей и модификаций легковых и грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов, специализированных автомобилей. Непрерывно шло увеличение и улучшение структуры выпуска автомобилей, более полно отвечающих потребностям народного хозяйства, задаче экономии топлива и охраны окружающей среды.

Тракторостроение получило основное развитие после Великой Октябрьской социалистической революции.

В 1918 г. завод «Большевик» организует серийный выпуск гусеничных тракторов. С 1920 по 1929 г. на Коломенском машиностроительном заводе выпускается партия колесных тракторов «Коломенец». В 1923 г. начинается крупносерийный выпуск колесных тракторов на ленинградском заводе «Красный путиловец» и гусеничных тракторов «Коммунар» на Харьковском паровозостроительном заводе.

Период с 1918 по 1929 г. можно рассматривать как подготовительный этап в деле создания отечественной тракторной промышленности. Он показал, что тракторная промышленность может быть создана только на специализированных заводах, оснащенных новейшей техникой.

Гигантское развитие тракторостроения началось в первой пятилетке. В 1930 г. вступил в строй Сталинградский, а в 1931 г. – Харьковский тракторные заводы. Оба завода начали выпуск колесных тракторов СХТЗ. В 1933 г. выпуск гусеничных тракторов С-60 начал Челябинский тракторный завод, а с 1934 г. на Кировском заводе в Ленинграде начался массовый выпуск новых колесных тракторов «Универсал».

Наряду с освоением производства проводилась большая работа по проектированию и созданию новых, более совершенных конструкций тракторов. Так, в 1936–1937 гг. Сталинградский и Харьковский тракторные заводы переходят на выпуск мощных гусеничных тракторов СХТЗ-НАТИ, а Челябинский завод на производство дизельного трактора С-65.

К началу Великой Отечественной войны страна занимала первое место в мире по выпуску гусеничных тракторов, а общий выпуск тракторов составлял 40 % мирового производства. Война нанесла ущерб всему народному хозяйству, сильно пострадала и тракторная промышленность: многие тракторные заводы были разрушены. Но несмотря на сложную обстановку и большие трудности, начался новый подъем отечественного тракторостроения. В 1943 г. был пущен Алтайский тракторный завод, а в 1945 г. – Владимирский. В 1944 г. полностью восстанавливаются Сталинградский, а затем Харьковский тракторные заводы. В 1947 г. вступил в строй новый тракторный завод в г. Липецке, а в 1953 г. – в Минске. К 1950 году тракторная промышленность СССР достигает довоенного уровня по выпуску тракторов, а с 1960 г. по производству тракторов СССР занимает первое место в мире.

При создании новых моделей тракторов большое внимание уделяется повышению их надежности и долговечности, унификации основных деталей и узлов, сокращению трудоемкости технического обслуживания, что позволяет повышать эффективность использования транспортных средств в народном хозяйстве.

История развития автомобиле- и тракторостроения в Беларуси неразрывно связана с историей машиностроения бывшего Советского Союза. Хорошо налаженные связи взаимовыгодного сотрудничества приносят пользу и в настоящее время. В то же время следует отметить, что в последние десятилетия белорусские машиностроители активно сотрудничают с многими известными мировыми производителями автомобильной и тракторной техники.

Минский тракторный завод (МТЗ) и Минский автомобильный завод (МАЗ) входят в число крупнейших фирм-производителей авто-тракторной техники в мире.

Остановимся более подробно на истории развития этих двух заводов.

МАЗ – предприятие, широко известное в странах СНГ и во всем мире как производитель тяжелых грузовиков. За прошедшие годы на заводе было освоено производство 6 семейств тяжелых грузовиков.

В их разработке и производстве использовались передовые отечественные и зарубежные технологии. Автомобили хорошо зарекомендовали себя в работе в районах Крайнего Севера, пустынь Каракумов и Сахары, в тропиках Африки и Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока, пампасах Латинской Америки, в Андах и на Памире. Автомобили МАЗ поставляются в более чем 50 стран мира, сборочные предприятия работают в Литве, Египте, Иране, Вьетнаме.

Год от года эти автомобили становятся мощнее, надежнее, эргономичнее. В настоящее время на Минском автомобильном заводе освоено производство грузовиков, отвечающих требованиям ЕВРО-2, ЕВРО-3 и ЕВРО-4. В этих автомобилях воплотились наиболее современные конструкторские решения, позволившие получить большую грузоподъемность, высокую среднетехническую скорость, топливную экономичность, проходимость, надежность, комфортабельность в сочетании с низкими эксплуатационными расходами.

Минский автомобильный завод до настоящего времени остается единственным в мире производителем не только техники, но и прицепного состава, что позволяет ему предлагать рынку тягачи, прицепы и полуприцепы, полностью унифицированные друг с другом.

В последние годы, помимо традиционных для себя большегрузных автомобилей, на МАЗе освоено производство среднетоннажных низкорамных грузовиков, а также большая гамма городских, пригородных, междугородних и международных автобусов. Успешно прошли испытания и закуплены городом Минском первые троллейбусы МАЗ.

9 августа 1944 г. Государственный комитет обороны принял постановление о сооружении автосборочного завода в Минске. Производство началось со сборки автомобилей из узлов и деталей, поставлявшихся со стороны: уже в октябре 1947 г. завод изготовил первые пять самосвалов МАЗ-205 (рисунок 3.49) – копия разработанного в Ярославле самосвала ЯАЗ-205. Однако в дальнейшем здесь освоили выпуск практически всех узлов и агрегатов (за исключением двигателя), что доказало: автозавод состоялся.

Интенсивная модернизация заготовительных и механообрабатывающих цехов позволила заводу не только очень быстро наращивать объемы выпуска самосвалов, но и начать изготовление бортовых автомобилей МАЗ-200 (рисунок 3.50), которые под маркой ЯАЗ-200 выпускал Ярославский автозавод, причем надо отметить, что уже в плане 1949 г. было намечено удвоить выпуск МАЗ-200 по сравнению с выпуском МАЗ-205.



Рисунок 3.49 – МАЗ-205



Рисунок 3.50 – МАЗ-200

Объемы производственной программы из года в год росли. Например, выпуск самосвалов МАЗ-205 ежегодно удваивался. Совершенствовались и сами машины: они становились надежнее, повышались другие их эксплуатационные показатели. Но росли и потребности страны. И прежде всего — гидростроителей. Стало очевидным: наряду с выпускаемым самосвалом нужна и более производительная машина. И она была разработана — МАЗ-525, уникальной для того времени грузоподъемности — 25 т (рисунок 3.51).

Самосвал МАЗ-525 начали выпускать в сентябре 1950 г. Вскоре он блестяще себя показал и заслужил признание строителей ГЭС на Волге, Днепре, Ангаре, Ниле, Северо-Двинского и Главного туркменского каналов. Таким же авторитетом пользовалась и вторая модель этого

семейства, самосвал МАЗ-530 грузоподъемностью 40 т, поставленный на производство в 1957 г. Он был первым из отечественных грузовых автомобилей, получивших признание международной автомобильной общественности: на Всемирной промышленной выставке, проходившей в Брюсселе, его удостоили высшей ее награды – Гран-При. В 1958 г. производство этих уникальных автотранспортных средств было передано новому предприятию – БелАЗу.



Рисунок 3.51 – МАЗ-525

Основной же продукцией завода на протяжении 18 лет оставались автомобили МАЗ-200 и МАЗ-205, на смену которым лишь в 1966 г. пришло семейство МАЗ-500 (рисунок 3.52), ставшие новой «вехой» в отечественном автомобилестроении. На них, например, конструкторы впервые применили принципиально новую компоновку – кабину над двигателем.



Рисунок 3.52 – МАЗ-500

Новое семейство представляло собой модельный ряд, в который помимо самосвала, входили бортовой автомобиль, автомобиль-тягач, автомобиль-лесовоз, а также шасси для размещения на нем различного специального оборудования. Росли и объемы выпуска. В итоге к началу 1968 г. МАЗ превысил свою проектную мощность (24 тыс. шт. в год).

Дальнейшее совершенствование техники МАЗа связано с разработкой и постановкой на производство в начале 1970-х годов автомобилей семейства МАЗ-5335 (рисунок 3.53), которые пришли на смену автомобилям семейства МАЗ-500 и модернизированным МАЗ-500А. Они выгодно отличались от своих предшественников. Разработанные на базовой модели седельные тягачи использовались в составе автопоездов для междугородных и международных перевозок грузов.



Рисунок 3.53 – МАЗ-5335

1981 г. стал началом очередного этапа развития МАЗа: 19 мая с его главного конвейера сошел двухосный тягач МАЗ-5432 – первый из следующего поколения (семейство МАЗ-6422). Он получил новую комфортабельную кабину, приобрел современный внешний вид (рисунок 3.54), в его конструкцию вошли самые передовые технические решения.

С 1981 по 1988 г. автозавод полностью заменил весь выпускаемый им модельный ряд автомобилей. Так, в 1983 г. на производство поставили автомобиль-лесовоз МАЗ-5434 (рисунок 3.55); в 1985 – трехосный тягач МАЗ-6422 и автомобиль-самосвал МАЗ-5551; в 1986 – шасси МАЗ-5337; в 1987 – бортовой автомобиль МАЗ-53371; в 1988 – бортовой автомобиль МАЗ-5336 с удлиненной платформой.



Рисунок 3.54 – МАЗ-5432



Рисунок 3.55 – МАЗ-5434

Более того, в последующие два-три года завод модернизировал автомобили семейства МАЗ-6422 (рисунок 3.56). Начался период семейства МАЗ-64221.

Очень важное место в работе конструкторской службы МАЗа стала занимать подготовка конструкторской документации на специализированные автомобили и шасси под различные надстройки, по которой выпускаются отдельные партии автомобильной техники. Это – полноприводный многоцелевой автомобиль высокой проходимости и на его базе – седельный тягач для перевозки грузов в условиях бездорожья и в климатических условиях Крайнего Севера и Сибири; автопоезд-сортиментовоз на базе тягача 6×4 и прицепа; седельный автопоезд в составе тягача 6×4 и трехосного полуприцепа грузоподъемностью 28–30 т для лесной промышленности, трехосный самосвал 6×6 грузоподъемностью 20 т и др.



Рисунок 3.56 – MAZ-6422

Но главной задачей как было, так и остается создание более прогрессивных конструкций автомобилей.

Для удовлетворения потребностей Беларуси и экспортных поставок автомобилей для массовых городских, пригородных и региональных перевозок завод в 2000, 2001 гг. создал конструкцию и начал производство нового класса среднетоннажных (грузоподъемность 4,5–5,0 т) автомобилей MAZ-437040, имеющих либо тентовые, либо жесткие кузова вместимостью 30 и 35 м³.

Результатом признания высокого технического уровня и потребительских качеств автомобиля MAZ-4370 (рисунок 3.57) стало присуждение ему в мае 2003 г. первого места на IV международной демонстрационной выставке «Коммерческий транспорт» в номинации «Лучший коммерческий автомобиль 2003 года в России».



Рисунок 3.57 – MAZ-4370

Для всего ряда автомобилей нового семейства осваивается соответствующий прицепной состав, включающий общетранспортные и самосвальные прицепы и полуприцепы, контейнеровозы, сортиментовозы и шасси под комплектацию.

В феврале 2006 года был выпущен уникальный для отечественных производителей аэродромный автобус МАЗ-171 (рисунок 3.58), специально предназначенный для перевозки пассажиров в аэропортах. В 2007 году МАЗ-171 был удостоен высшей премии на конкурсе «Лучший автобус года в России».



Рисунок 3.58 – МАЗ-171

Успех на рынке автомобильной техники определяется способностью ее изготовителей реагировать на изменения конъюнктуры, т. е. оперативно разрабатывать и осваивать в производстве модели и модификации, пользующиеся повышенным спросом. МАЗ умеет решать эти задачи.

Официальной датой рождения Минского тракторного завода считается 26 мая 1946 г. Проектируемое предприятие должно было освоить выпуск сельскохозяйственных тракторов КД-35 («Кировец» дизельный), производство которых передавалось сюда из Липецка. Суточная расчетная мощность завода составляла 50 тракторов, и в процессе возведения новых корпусов производство планировалось наращивать в несколько этапов.

В послевоенном разрушенном Минске был острый дефицит крытых помещений. Строители жили в палаточном лагере, а первые тракторы были выпущены фактически под открытым небом, в наспех приспособленных мастерских, поскольку весь 1947 г. продолжался монтаж оборудования корпуса сборочного цеха. Трактор КД-35 выпускали в Минске всего два года: с 1946-го по 1948 г. Было собрано около 2500 тракторов.

К выпуску тракторов завод вернулся лишь в 1950-х. 15 августа 1951 г. из сборочного цеха вышел первый в мире трелевочный газогенераторный трактор КТ-12, разработанный на Кировском заводе, но его серийное производство началось лишь в 1953 г. В дальнейшем, после модернизации, трактор получил индекс КТ-12А. Использование газогенератора оправдывало себя лишь на заготовке древесины при трелевке нераскряжеванного леса от места валки к верхнему складу, где больше всего древесных отходов, служащих топливом для газогенератора. Гусеничные трактора МТЗ показаны на рисунке 3.59.

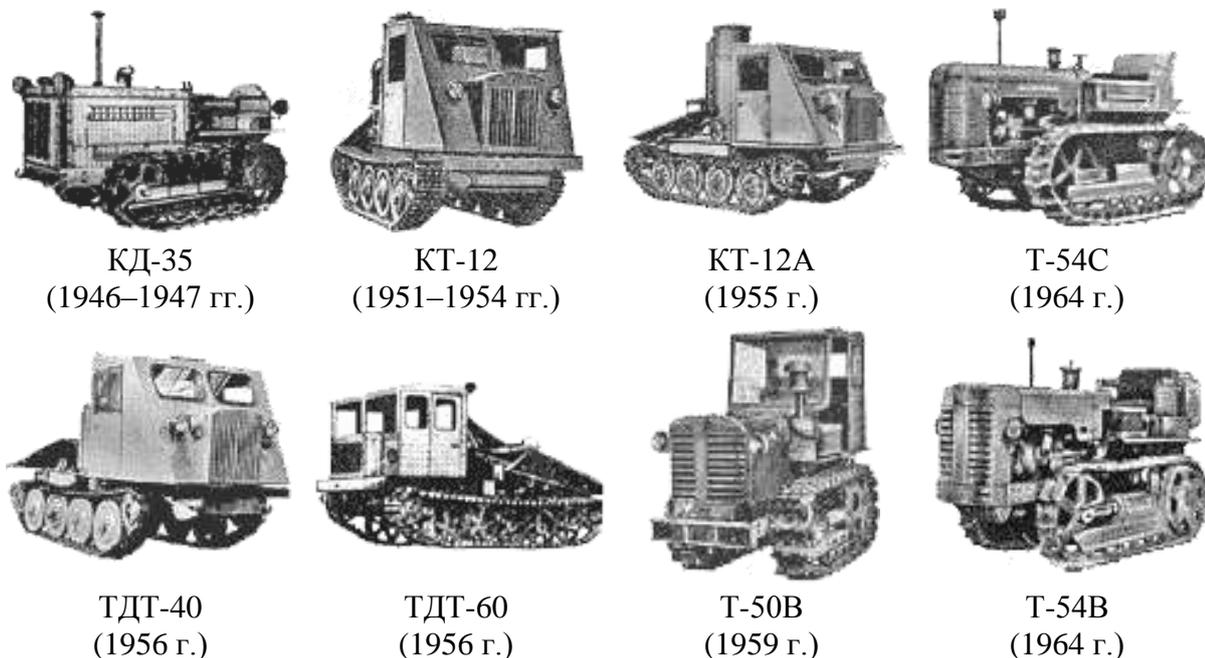
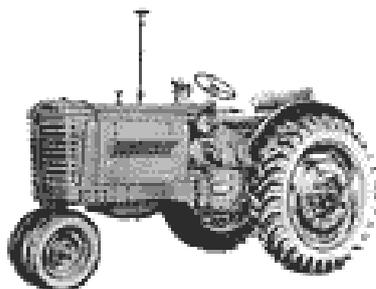


Рисунок 3.59 – Гусеничные трактора МТЗ

Сформированный на МТЗ конструкторский отдел в период с 1948-го по 1953 г. самостоятельно спроектировал два типа первых в Советском Союзе тракторов средней мощности на пневматических шинах низкого давления. Первый трактор – МТЗ-1 предназначался для обработки высокостебельных культур, второй – универсальный трактор МТЗ-2 с регулируемой колеей передних колес предназначался для пропашных работ. 14 октября 1953 г. начался серийный выпуск МТЗ-2, ставшего родоначальником большого семейства тракторов «Беларусь». Ранние колесные тракторы МТЗ показаны на рисунке 3.60.



MTZ-2
(1953–1958 гг.)



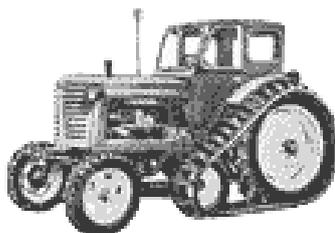
MTZ-1
(1954–1957 гг.)



MTZ-5
(1956 г.)



MTZ-5MC
(1961–1962 гг.)



MTZ-5LC
(1961–1962 гг.)



MTZ-5K
(1957–1961 гг.)



MTZ-7M
(1958–1960 гг.)



MTZ-7L
(1958–1960 гг.)



MTZ-7MC
(1961–1962 гг.)

Рисунок 3.60 – Семейство ранних колесных тракторов МТЗ

Параллельно с началом производства колесных тракторов на заводе в 1954 г. разработана конструкция трелевочного трактора ТДТ-40 для трелевки хлыстов с лесосеки. С мая 1956 г. началось его серийное производство. ТДТ-40 также широко использовали на лесосплаве, для различных транспортных работ в условиях бездорожья. Одновременно с этим начался выпуск трелевочных тракторов ТДТ-60, производство которых в том же месяце передали на Алтайский завод (ныне «Алттрак»).

После первой значительной модернизации трактор МТЗ-2 стали выпускать под маркой МТЗ-5 (его первые образцы были готовы уже в январе 1956 г.), а после установки на нем раздельно-агрегатной гидравлической навесной системы – МТЗ-5К. МТЗ-5 стал первым

отечественным трактором, выпускавшимся в большом числе модификаций: МТЗ-5Л (с 1958 г.), МТЗ-5ЛС с электростартером, модернизированный в 1961 г. МТЗ-5М и его версия МТЗ-5МС с электростартером. В ряд модификаций МТЗ-5 с 1958 г. входили и полноприводные МТЗ-7Л, МТЗ-7М, МТЗ-7ЛС, МТЗ-7МС с передним ведущим мостом.

В 1961 г. вступил в строй Минский моторный завод, было налажено производство универсального колесного МТЗ-50 и чуть позже – полноприводного МТЗ-52. За разработку этих тракторов тягового класса 1,4, а также МТЗ-7 завод награжден Дипломом I степени ВДНХ. В январе 1962-го осуществлен безостановочный переход к серийному производству трактора переходной модификации МТЗ-50ПЛ с дизелем Д-40. Колесные тракторы МТЗ 60-х годов показаны на рисунке 3.61.

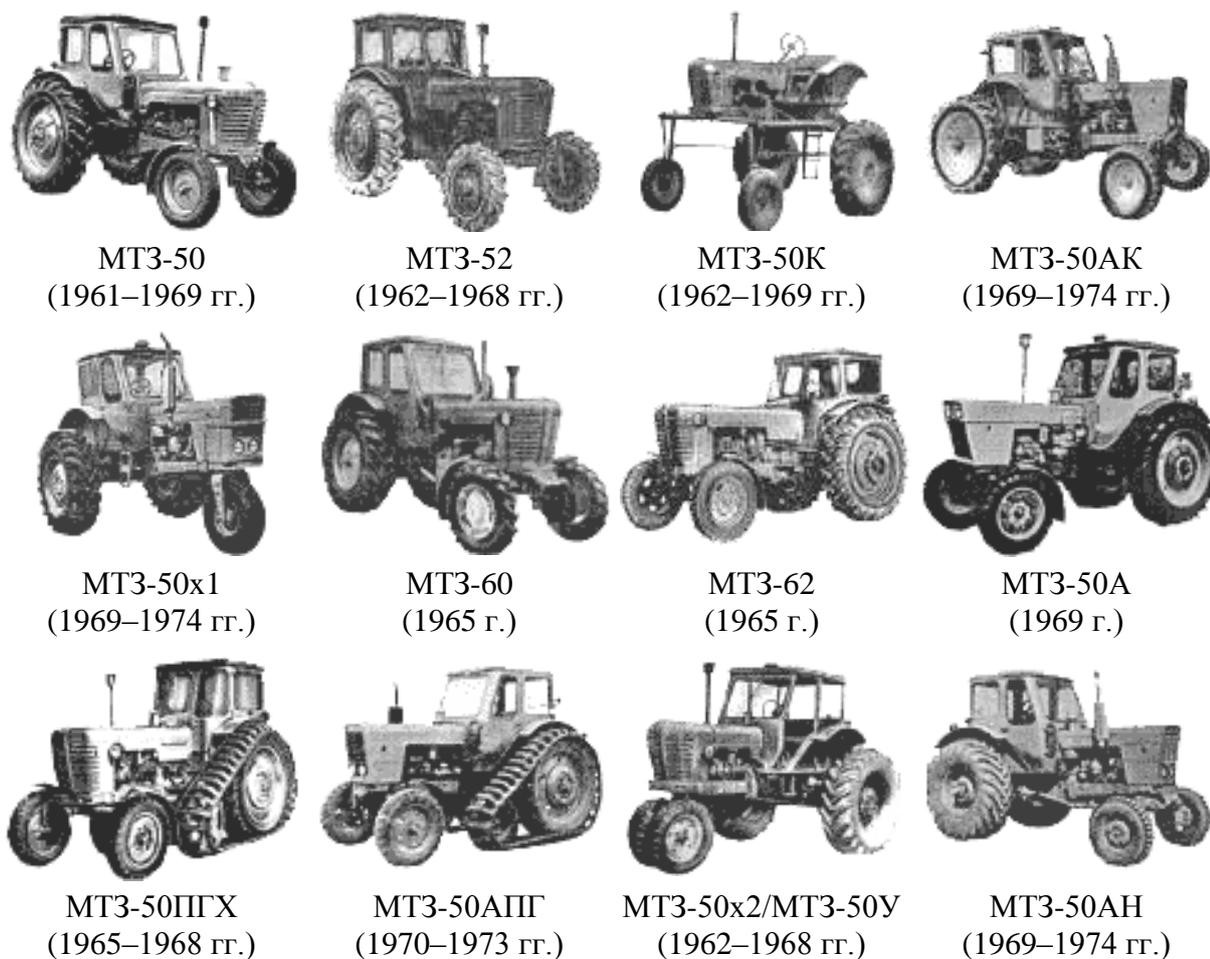


Рисунок 3.61 – Колесные тракторы МТЗ 1960-х годов

В декабре 1964 г, началось производство сразу нескольких моделей тракторов: хлопководческого МТЗ-50Х с трехопорной ходовой частью, полноприводного МТЗ-52 и гусеничных машин – виноградникового Т-54В и свекловодческого Т-54С.

В 1965 г. выпущены опытные скоростные тракторы 3-60 (4×2), 3-62 (4×4) с дизелем Д-60 и кабиной с панорамным трехсекционным остеклением, которое применяли также на опытных моделях 3-50 и 3-52. Спустя четыре года серию «полтинников» подвергли рестайлингу, и модельный ряд стал выглядеть так: базовый МТЗ-50А, трехколесный МТЗ-50Х1, крутосклонный МТЗ-50АК, полноприводный МТЗ-52А, крутосклонный МТЗ-52АК, низкоклинренсный МТЗ-52АН.

Завод выпускал и специализированные версии: хлопковый МТЗ-50Х2 и МТЗ-50У со сближенными, как у МТЗ-1, передними колесами, порталный МТЗ-50К, полугусеничные МТЗ-50АПГ и МТЗ-50ПГХ.

С началом выпуска тракторов МТЗ-50, МТЗ-52 совпало интенсивное развитие экспорта как по объему, так и по географии поставок. В конце 1960-х марка «Беларусь» становится головным брендом отечественных тракторов, поставляемых за рубеж. Производство набирало обороты, и с конвейера в 1960-х ежегодно сходило примерно 90 000 тракторов. В 1972 г. завод выпустил миллионный трактор, которым стал МТЗ-52А.

В 1974 г. дан старт рекорду – началось серийное производство самого массового и самого продолжительного по выпуску трактора в мире. «Восьмидесятая» серия стала визитной карточкой не только предприятия, но и страны. МТЗ-80 (рисунок 3.62) первым из советских тракторов успешно прошел сложные экзамены в Международном испытательном центре в штате Небраска (США).

Простые, неприхотливые, надежные и весьма комфортные «Беларусы» к 1980-м стали основой для создания большого числа моделей.

Сейчас МТЗ хорошо известен более чем в 100 странах на всех континентах, и примерно 80 % универсальных колесных тракторов стран СНГ изготовлено в Минске.

Двухмиллионный трактор МТЗ-82, сошедший с главного конвейера 24 марта 1984 г., побил рекорд выпуска среди тракторов.

Совершенствование серийной продукции шло постоянно. Появились модернизированные «80-е»: 100-сильные тракторы МТЗ-100 и полноприводный МТЗ-102.



Рисунок 3.62 – МТЗ-80

Новинки комплектовали новой коробкой передач с переключением передач под нагрузкой; в 1,5 раза увеличилась по сравнению с МТЗ-80 грузоподъемность гидронавесной системы; появилась возможность регулировать глубину обработки почвы из кабины. Такое повышение к.п.д. увеличивало производительность на 15–40 % на разных работах. В серийное производство «сотка» пошла лишь в 1985 г., когда начался массовый выпуск тракторов МТЗ-142, МТЗ-142А и МТЗ-144 со 150-сильным турбодизелем Д-260Т, послуживших базой для создания в 1986 г. модульного энергетического шасси МЭС-200 со 190-сильным турбодизелем.

Девяностые годы стали самыми трудными в жизни завода. Однако и в таких условиях продолжалось совершенствование основной «80-й» серии. Помимо лесохозяйственных вариантов МТЗ-80Л, порталных МТЗ-80Т, трехпорных МТЗ-80ХА, МТЗ-80ХМ, МТЗ-80Х2М был начат выпуск коммунальных модификаций УК и МК. В 1990 г. на конвейер поставили лесохозяйственный Л-82 (рисунок 3.63) и трелевочный ТТР-401 (рисунок 3.64), а спустя десять лет начался выпуск нового модельного ряда: «Беларус-80В.1», «Беларус-82В.1», а также целого спектра оригинальных машин с использованием модульной системы элементов пропашных тракторов. Базовый же трактор на тот момент агрегатировался с более чем 350 видами навесного и прицепного оборудования.



Рисунок 3.63 – Лесохозяйственный трактор Л-82



Рисунок 3.64 – Трелевочный трактор ТТР-401

Несмотря на то, что конъюнктура мирового рынка в 1998, 1999 гг. характеризовалась значительным снижением продаж, МТЗ сохранил свои позиции среди самых крупных экспортеров тракторов как на рынках стран СНГ, так и на крупнейших рынках мира. В 1999 г. МТЗ произвел 57,7 % всех тракторов, изготовленных странами содружества. В 2005 г. был охвачен весь рынок содружества. За последние четыре года производство минских тракторов налажено на ЕлАЗе в Татарии и Украине (ТОВ «Тракторний завод «Укравтозапчастина»).

Среди последних новинок завода – конкурент «Кировца» 250-сильный трактор МТЗ-2522 класса 5,0 (рисунок 3.65), а также соперник волгоградских и алтайских тракторов «Беларус-2102» тягового класса 4,0 с резиноармированной или металлической гусеницей (рисунок 3.66).



Рисунок 3.65 – МТЗ-2522



Рисунок 3.66 – «Беларус-2102»

Сегодня завод предлагает свыше 60 моделей разных машин. Базовые модели тракторов выпускают более чем в ста сборочных вариантах, учитывающих особенности и требования разных климатических зон и самых разнообразных условий эксплуатации.

3.2.2 Типы автотракторной техники

3.2.2.1 Классификация автомобилей и тракторов

3.2.2.2 Потребность тракторов и автомобилей в лесном хозяйстве

3.2.2.1 Классификация автомобилей и тракторов

Современные автомобили в зависимости от назначения, конструктивного выполнения и приспособляемости к дорожным условиям можно классифицировать по различным признакам.

По **назначению** различают *транспортные* и *специальные* автомобили.

Транспортные автомобили бывают нескольких типов: пассажирские, грузопассажирские и грузовые.

Пассажирские автомобили служат для перевозки людей. Они бывают:

- легковые – для перевозки людей до 8 человек;
- автобусы – для перевозки людей более 8 человек.

Грузопассажирские автомобили предназначены для перевозки грузов и людей.

Грузовые автомобили применяются для перевозки различных грузов.

Основной величиной, характеризующей грузовые автомобили, является их грузоподъемность. Грузоподъемность – это предельно допустимая масса груза, выраженная в тоннах, перевозимая автомобилем при движении по дорогам с твердым покрытием. По грузоподъемности автомобили подразделяются на следующие классы:

- особо малой грузоподъемности – до 1 т;
- малой грузоподъемности – от 1,0 до 3,0 т;
- средней грузоподъемности – от 3,0 до 5,0 т;
- большой грузоподъемности – от 5,0 до 15 т;
- особо большой грузоподъемности – свыше 15 т.

Грузовые автомобили особо большой грузоподъемности называются *внедорожными*. Они применяются в основном при разработке крупных карьеров.

По **виду кузова** грузовые автомобили подразделяются на:

- бортовые – для перевозки, как правило, насыпных грузов;
- самосвалы – для перевозки сыпучих грузов;
- со специальными кузовами – цистерны, фургоны и т. п.

Специальные автомобили служат для выполнения каких-либо определенных работ, для чего они оборудованы соответствующими устройствами и приспособлениями. К специальным автомобилям относятся автокраны, автовышки, пожарные, поливочные, уборочные машины и т. п.

По **типу шасси** автомобили бывают *рамные* и *безрамные*.

Рамные автомобили (в основном грузовые и автобусы) имеют в качестве основы раму, к которой крепятся составные части и механизмы автомобиля.

Безрамные автомобили не имеют рамы, а составные части и механизмы крепятся к кузову. В этом случае кузов автомобиля называется несущим.

По **типу двигателя** автомобили подразделяются на *тепловые* (карбюраторные, газобаллонные, паровые, газотурбинные, газогенераторные) и *электрические*.

По **роду топлива** автомобили бывают:

- с двигателями, работающими на жидком топливе;
- с двигателями, работающими на газообразном топливе.

По **приспособляемости к дорожным условиям** автомобили подразделяются на:

- нормальной проходимости, предназначенные для работы на дорогах с твердым покрытием;
- повышенной проходимости, работающие в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью.

По числу ведущих колес (осей) автомобили имеют условное обозначение – колесную схему. В колесной схеме первая цифра обозначает общее число колес, а вторая – число ведущих колес. Например, 4×2 – двухосный автомобиль с одной ведущей осью; 4×4 – двухосный автомобиль с двумя ведущими осями.

Автомобиль, предназначенный для буксирования полуприцепов, прицепов, прицепов-ропусков называется **тягачом**. Седельный тягач предназначен для буксирования полуприцепов. У него задняя часть опирается на ось полуприцепа с колесами, а передняя – на специальное опорно-сцепное устройство, расположенное на раме тягача.

Автомобиль-тягач или грузовой автомобиль вместе с одним или несколькими прицепами образует **автопоезд**.

Модель многих автомобилей состоит из марки (букв, обозначающих завод-изготовитель) и цифр, присваиваемых каждой модели. Например, Минский автомобильный завод – МАЗ, Камский автомобильный завод – КамАЗ.

Когда на автомобильном заводе выпускают несколько автомобилей, собираемых в основном из одинаковых агрегатов, то модель автомобиля, выпускаемая в наибольшем количестве, называется базовой. Другие модели, отличающиеся от базовой установкой специальных кузовов, а иногда и величиной базы (расстоянием между осями колес), называются модификациями. Модификациям дается свое обозначение.

В обозначении базовой модели первая цифра указывает класс автомобиля, вторая – его тип, а третья и четвертая – порядковый номер. Например, КамАЗ-5320 означает: 5 – автомобиль большой грузоподъемности; 3 – бортовой грузовой автомобиль; 20 – порядковый номер модели.

Для обозначения модификаций применяются пяти- и шестизначные цифры. Например, модификация грузового автомобиля КамАЗ-5320 обозначается КамАЗ-53202.

Современные тракторы классифицируют по назначению, типу ходовой части, остова, двигателя и трансмиссии.

По **назначению** тракторы разделяют на *сельскохозяйственные, промышленные, транспортные и специальные*.

Сельскохозяйственные тракторы представляют самую большую группу и служат для выполнения различных сельскохозяйственных работ. В эту группу входят тракторы общего назначения, универсально-пропашные и садово-огородные.

Тракторы общего назначения предназначены для выполнения основных сельскохозяйственных работ: пахоты, боронования, сплошной культивации, посева, уборки зерновых культур и т.д. К ним относятся тракторы ДТ-75М, Т-4А, Т-150, Т-150К, К-701 и др.

Универсально-пропашные тракторы служат как для механизации работ в междурядьях, так и для выполнения многих других сельскохозяйственных операций. К этой группе относятся Т-25А1, Т-40М, МТЗ-80 и др.

Садово-огородные тракторы служат для обработки садов, ягодников и т.п. Они создаются в основном на базе универсально-пропашных тракторов.

Промышленные тракторы используются на крупных строительствах и в промышленности, а также на трубоукладочных, мелиоративных, дорожных и других тяжелых земляных работах. К таким тракторам относятся Т-130, Т-180, ДЭТ-250, К-702 и др.

Транспортные тракторы служат для перевозки грузов. Они снабжены рессорами и грузовой платформой и имеют повышенные скоро-

сти – до 10 м/с (35 км/ч).

Специальные тракторы оборудованы лебедками, подъемниками, трелевочными щитами и т.д. К этому типу относятся лесные тракторы, используемые на трелевочных и лесохозяйственных работах (ЛХТ-55М, ТДТ-55А, ТТ-4М, ЛХТ-100, ТЛТ-100, ТЛ-28, ТТР-401 и др.); болотоходные – ДТ-75Б, Т-130Б; крутосклонные – ДТ-75К и др.

По **типу ходовой части** тракторы разделяют на *гусеничные*, ходовая часть которых имеет гусеничные движители, и *колесные* – с колесными движителями.

Гусеничные тракторы опираются на большую поверхность, вследствие чего имеют хорошее сцепление с почвой, оказывают на почву пониженное давление – 0,025–0,05 МПа (0,25–0,5 кгс/см²) и поэтому незначительно сминают и уплотняют ее. Они отличаются высокими тяговыми свойствами и хорошей проходимостью.

Колесные тракторы такой же мощности, как правило, легче гусеничных, более универсальны, но оказывают повышенное удельное давление на почву – до 0,2 МПа (2 кгс/см²); сцепление с почвой хуже, вследствие чего и сила тяги меньше, чем у гусеничных.

По **типу остова** тракторы делят на *рамные*, остов которых представляет собой самостоятельную раму. На ней крепятся все механизмы и агрегаты (ДТ-75М, ЛТ-157, ЛХТ-100 и др.); *полурамные*, остов которых образует корпус механизмов заднего моста с двумя продольными балками, прикрепленными к этому корпусу (МТЗ-80, Т-40М, Т-70Л и др.); *безрамные*, остов которых состоит из соединенных между собой отдельных механизмов (Т-25А1, Т-16М, Т-30 и др.).

По **типу двигателя** тракторы бывают:

- с тепловыми двигателями (в основном с двигателями внутреннего сгорания): *дизельные, карбюраторные*;
- с электрическими двигателями;
- с паровыми двигателями.

В настоящее время выпускаются в основном тракторы с дизельными двигателями. Карбюраторные двигатели на тракторах используются, как правило, для запуска дизельного двигателя.

По **типу трансмиссии** тракторы могут быть:

- с механической трансмиссией – с преобразованием крутящего момента механическим путем;
- с гидравлической трансмиссией – с преобразованием крутящего момента гидравлическим способом;
- с гидромеханической трансмиссией – с преобразованием крутящего момента гидравлическим (гидротрансформатор) и механиче-

ским путем (планетарный механизм);

– с электрической трансмиссией – с преобразованием крутящего момента электрическим способом.

Тракторы эксплуатируются во всех отраслях народного хозяйства, выполняя самые разнообразные работы в различных условиях. Универсальные машины, одинаково хорошо и экономично работающие во всех многообразных условиях, создать практически невозможно. Поэтому создан типаж тракторов.

Типаж – это совокупность всех моделей тракторов с указанием их основных качественных показателей. В действующем типаже тракторы классифицированы по классам тяги, т. е. по номинальному тяговому усилию, которое зависит от их сцепления с почвой. Номинальное тяговое усилие для сельскохозяйственных тракторов определяется как наибольшее тяговое усилие, при котором буксирование для гусеничных тракторов не превышает 5 %, а для колесных 15 %. Для промышленных тракторов номинальное тяговое усилие – это наибольшее усилие, развиваемое ими на плотном грунте.

Тракторы выпускаются 15 тяговых классов: 0,2, что соответствует тяговому усилию 0,2 тс (2 кН); 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 25; 35 и 50.

Для лесного хозяйства и лесной промышленности создано 14 типов специальных тракторов и комбинированных машин: тягового класса 0,6 – колесный лесохозяйственный трактор ТЛ-28; 2 – гусеничный лесохозяйственный трактор Т-70Л; 3 – гусеничные лесохозяйственные тракторы ЛХТ-55М, ЛХТ-100, ЛХТ-100М; трелевочные тракторы ТДТ-55А; ТЛТ-100; трелевочный с гидроманипулятором ТБ-1М; трактор-амфибия для лесосплава ТГТ-90 и колесно-трелевочный трактор Т-157; 4 – гусеничный лесохозяйственный трактор ЛХТ-4; гусеничный трелевочный трактор ТТ-4М; валочно-пакетирующая машина ВТМ-4; 5 – колесно-трелевочный трактор К-703.

Кроме лесных тракторов для работ в лесном хозяйстве используются сельскохозяйственные тракторы следующих тяговых классов: 0,6 – колесные Т-25А, Т-30, Т-30А и самоходное шасси Т-16М; 0,9 – колесный Т-40М; 1,4 – колесные МТЗ-80 и МТЗ-82, МТЗ-82К, МТЗ-100 и МТЗ-102; 3 – гусеничные ДТ-75М, Т-150 и колесный Т-150К; 4 – гусеничный Т-4А; 6 – гусеничные Т-130 и Т-130М.

3.2.2.2 Потребность тракторов и автомобилей в лесном хозяйстве

В соответствии с поручением Президента Республики Беларусь Минпромом совместно с Минлесхозом и концерном «Беллесбумпром» разработана «Программа по производству лесозаготовительной и лесохозяйственной техники и оборудования на 2006–2010 годы».

Программой предусматривается повышение действующего уровня технического оснащения отрасли, внедрение современных методов рубок ухода и рубок главного пользования в лесах на основе передовых технологий, которые позволят комплексно механизировать лесосечные работы путем максимальной замены ручного труда машинным. Закупка основных видов специализированной лесозаготовительной техники и оборудования позволит произвести ежегодную, планомерную замену морально устаревшей и физически изношенной техники на современную, не уступающую западным аналогам, энергонасыщенную многооперационную технику. Планируемые объемы закупки лесозаготовительной техники и оборудования отражены в таблице 3.1. В таблице приведены материалы из «Программы развития лесного хозяйства на 2007–2011 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1760 от 29.12.2006 г.

Приобретение современной техники создаст условия для планомерного перехода на сортиментную заготовку древесины, а также предпосылки по обеспечению народно-хозяйственного комплекса республики в древесине.

Переход на сортиментную вывозку древесины с применением специализированных автомобилей – сортиментовозов марки МАЗ вместо используемых в лесном хозяйстве автомобилей УРАЛ, КАМАЗ, ЗИЛ повышает рейсовую нагрузку в 2 раза с 15 м³ до 30 м³. Приобретение 364 автомобилей для вывозки древесины позволит обновить парк лесовозной техники и вывести из его состава около 720–750 морально устаревших автомобилей марки УРАЛ, КАМАЗ, ЗИЛ. Закупка данной техники позволит производить вывозку заготовленной древесины на склад потребителя.

Внедрение в технологический процесс лесозаготовок 86 форвардеров, 226 машин погрузочно-транспортных, 214 трелевочных машин и тракторов даст возможность заменить устаревшую трелевочную технику на более современную и значительно сократит долю ручного труда на лесозаготовках. Закупка 29 харвестеров механизмирует процесс заготовки древесины и исключит долю ручного труда на очистке деревьев от сучьев.

Таблица 3.1 – Потребность в автотракторной технике в лесном комплексе Беларуси

| Наименование техники и оборудования | Годы приобретения | | | | | Всего |
|--|-------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 прогноз | |
| По организациям Минлесхоза | | | | | | |
| Автомобили сортиментовозы с прицепами | 30 | 35 | 35 | 35 | 35 | 170 |
| Харвестеры | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 23 |
| Форвардеры | 9 | 11 | 14 | 15 | 15 | 64 |
| Машины трелевочные канатные | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| Машины погрузочно-транспортные | 45 | 46 | 45 | 45 | 45 | 226 |
| Трактора МТЗ | 60 | 50 | 50 | 50 | 50 | 260 |
| Гидроманипуляторы | 45 | 49 | 41 | 41 | 41 | 217 |
| Итого по Минлесхозу | 194 | 198 | 192 | 193 | 193 | 970 |
| По организациям концерна «Беллесбумпром» | | | | | | |
| Автомобили сортиментовозы и хлыстовозы с прицепами | 47 | 54 | 31 | 31 | 31 | 194 |
| Харвестеры | | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 |
| Форвардеры | 6 | 7 | 3 | 3 | 3 | 22 |
| Машины трелевочные канатные | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 9 |
| Машины трелевочные | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 |
| Трактора трелевочные | 37 | 38 | 38 | 38 | 38 | 189 |
| Гидроманипуляторы | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| Итого по концерну «Беллесбумпром» | 116 | 127 | 100 | 101 | 101 | 545 |
| Всего | 310 | 325 | 292 | 294 | 294 | 1 515 |

Заготовка сортиментов и вывозка их автомобильным транспортом позволяет обеспечить доставку лесоматериалов непосредственно на склады потребителей и железнодорожные станции, движение лесопродукции по дорогам общего пользования, по которым запрещена вывозка хлыстов, а также по дорогам с поворотами малых радиусов или крутыми подъемами и спусками, при проведении рубок ухода, которые проводятся непосредственно силами лесхозов. Таким образом, в регионах с развитой сетью автомобильных дорог общего пользования будет организована прямая доставка лесоматериалов потребителям, что позволяет значительно повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции благодаря упрощению технологии лесозаготовок, сократить количество выполняемых операций и количество применяемых машин по сравнению с вывозкой хлыстов.

Конечной целью совершенствования лесозаготовок и транспортировки круглого леса является внедрение методов и технологий, обеспечивающих более высокий уровень эффективности и безопасности труда, на более высоком уровне обеспечивающих природоохранные требования в системе ведения лесного хозяйства с учетом мест произрастания конкретного насаждения. Важным является при этом поднятие престижа лесозаготовительных специальностей, как вида высокооплачиваемой работы, требующей квалификации высокого уровня.

3.2.3 Основные узлы автомобиля и трактора

3.2.3.1 Общее строение автомобилей

3.2.3.2 Общее строение тракторов

3.2.3.1 Общее строение автомобилей

Автомобили и тракторы состоят из большого количества деталей, узлов и агрегатов.

Деталь – это часть автомобиля или трактора, изготовленная без применения сборочных операций. Детали, с которых начинается сборка узла или агрегата, называются базовыми.

Узел – это часть автомобиля или трактора, представляющая собой соединение нескольких деталей независимо от способа соединения.

Агрегат – это соединение узлов и деталей в законченный механизм, выполняющий определенную функцию.

Современные автомобили и тракторы являются сложными машинами, представляющими собой совокупность отдельных механизмов и устройств, взаимно связанных между собой. Однако принципы устройства и действия ряда основных агрегатов и механизмов у подавляющего большинства автомобилей и тракторов одинаковы. Отдельные отклонения встречаются главным образом в моделях специального назначения.

Автомобиль состоит из трех основных частей: **двигателя, шасси и кузова** (рисунок 3.67).

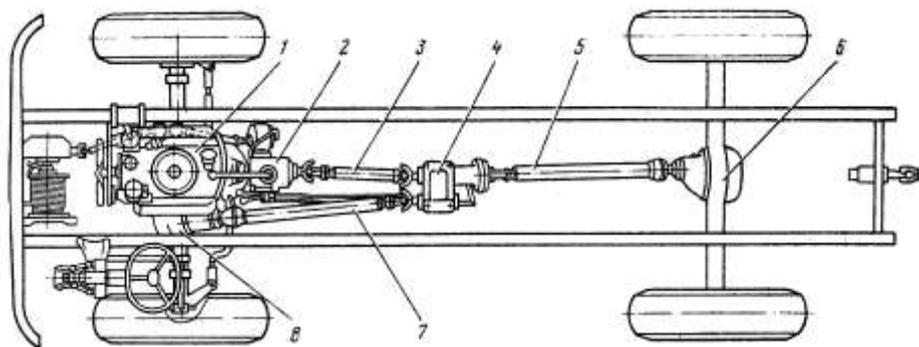
Двигатель 1 (или силовая установка) является источником механической энергии, необходимой для передвижения автомобиля или трактора. На автомобилях и тракторах всех видов наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания.

Шасси представляет собой комплекс агрегатов и механизмов, предназначенных для передачи крутящего момента от двигателя на ведущие колеса, передвижения автомобиля и управления им. Шасси состоит из *трансмиссии, ходовой части и механизмов управления*.

Трансмиссия служит для изменения, распределения и передачи крутящего момента от коленчатого вала двигателя на ведущие колеса автомобиля. В трансмиссию входят следующие механизмы:

– сцепление, которое передает крутящий момент двигателя и предназначено для кратковременного разобщения вала двигателя от коробки передач при переключении передач, а также для плавного их

соединения при трогании с места при включенной передаче. Сцепление предохраняет трансмиссию от перегрузки при резком соединении двигателя с коробкой передач;



1 – двигатель, 2 – коробка передач, 3 – промежуточный карданный вал, 4 – раздаточная коробка, 5 – карданный вал привода заднего ведущего моста, 6 – задний ведущий мост, 7 – карданный вал привода переднего ведущего моста, 8 – передний ведущий мост

Рисунок 3.67 – Схема расположения основных агрегатов и механизмов на автомобиле

– коробка передач 2 позволяет изменять величину крутящего момента, передаваемого двигателем, путем изменения передаточного числа трансмиссии, обеспечивает автомобилю движение задним ходом и при необходимости длительное разобщение двигателя от ведущих колес;

– раздаточная коробка 4 применяется для распределения крутящего момента от коробки передач между ведущими мостами;

– карданные передачи 5 и 7 служат для передачи крутящего момента от раздаточной коробки к главным передачам ведущих мостов под изменяющимся углом;

– карданная передача 3 передает крутящий момент от коробки передач к раздаточной коробке;

– задний и передний ведущий мост 6 и 8 передает крутящий момент через главную передачу, дифференциал и полуоси на ведущие колеса.

Ходовая часть обеспечивает преобразование вращательного движения ведущих колес в поступательное движение автомобиля или трактора.

У автомобиля она состоит из рамы, к которой крепятся все агрегаты и механизмы переднего и заднего мостов, рессор, амортизаторов и колес. В безрамных автомобилях роль рамы выполняет кузов,

к основанию которого крепятся все агрегаты. В этом случае кузов автомобиля называется несущим.

Механизмы управления автомобилем подразделяются на две самостоятельные системы: рулевое управление и тормоза.

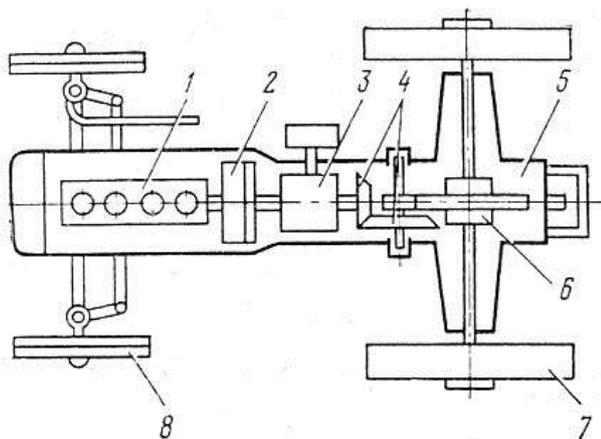
Рулевое управление служит для изменения направления движения автомобиля путем поворота управляемых колес. Тормоза обеспечивают быструю остановку и уменьшение скорости движения, а также удержание автомобиля на месте.

Кузов в зависимости от назначения автомобиля имеет различное устройство. Легковые автомобили и автобусы имеют кузов, приспособленный для размещения пассажиров и водителя. Грузовые автомобили обычно имеют грузовую платформу для груза и отдельную кабину для водителя.

3.2.3.2 Общее строение тракторов

Трактор состоит из механизмов и агрегатов, которые можно разделить на следующие основные группы: **двигатель, трансмиссию, ходовую часть, механизмы управления, рабочее и вспомогательное оборудование.**

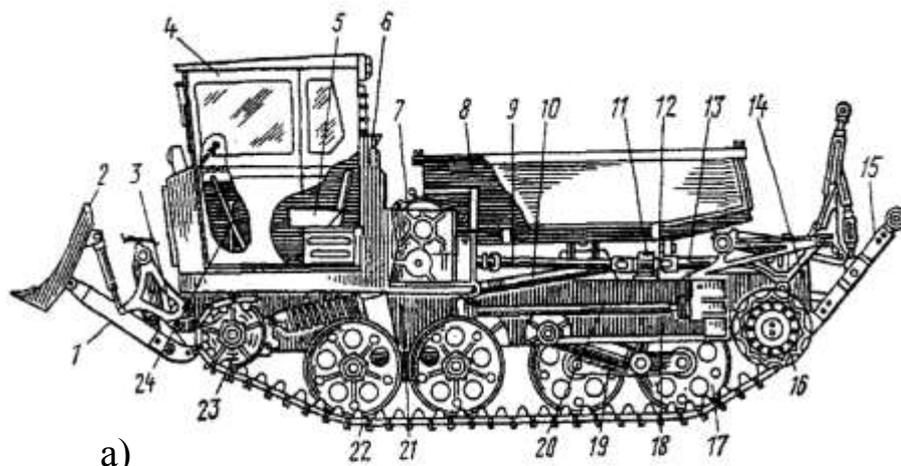
Принципиальная схема расположения основных агрегатов и механизмов колесного трактора показана на рисунке 3.68. Они имеют такое же назначение как и у автомобиля.



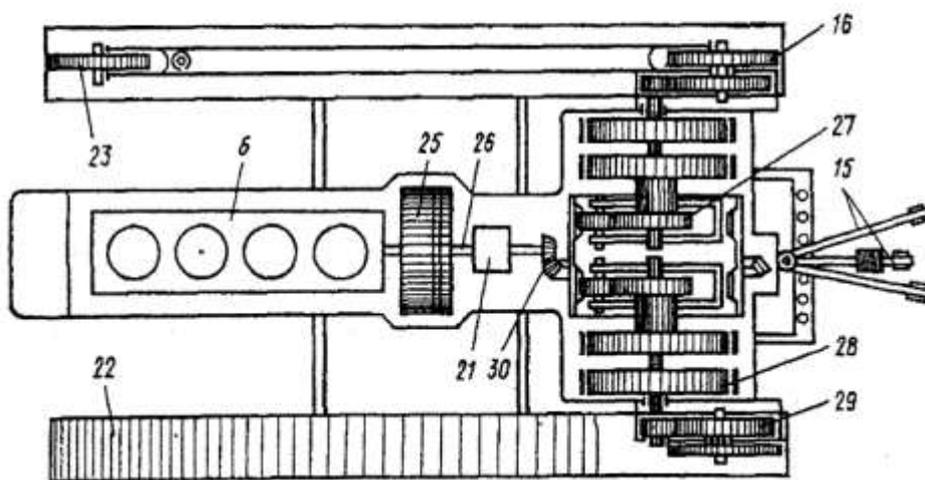
1 – двигатель, 2 – сцепление, 3 – коробка передач, 4 – центральная передача, 5 – задний мост, 6 – дифференциал, 7 – ведущие колеса, 8 – направляющие колеса

Рисунок 3.68 – Схема расположения основных агрегатов и механизмов на колесном тракторе

Расположение основных механизмов гусеничного трактора на примере лесохозяйственного трактора ЛХТ-100 показано на рисунок 3.69.



а)



б)

1 – передняя навеска, 2 – толкатель, 3 – передний ВОМ, 4 – кабина, 5 – сиденье, 6 – двигатель, 7 – лебедка, 8 – кузов, 9 – карданный вал привода лебедки, 10 – карданный вал редуктора, 11 – редуктор, 12 – кронштейн, 13 – карданный вал, 14 – блок заднего моста и ВОМ, 15 – задняя навеска, 16 – ведущая звездочка, 17 – опорный каток, 18 – рама, 19 – подвеска, 20 – основной карданный вал, 21 – коробка передач, 22 – гусеница, 23 – направляющее колесо, 24 – привод управления, 25 – сцепление, 26 – соединительный вал, 27 – механизм поворота, 28 – тормоза, 29 – конечная передача, 30 – главная передача

Рисунок 3.69 – Расположение основных механизмов и агрегатов гусеничного трактора: а) – лесохозяйственного ЛХТ-100;

б) – общего назначения

Двигатель 6 служит силовой установкой, в которой тепловая энергия сгораемого топлива преобразуется в механическую. Он создает крутящий момент, передаваемый трансмиссии.

Трансмиссия передает крутящий момент от двигателя к ведущим звездочкам. Она состоит из сцепления 25, соединительных валов 26, коробки передач 21, главной (центральной) передачи 30 и конечных передач 29.

Сцепление расположено непосредственно за двигателем. Оно служит для отсоединения коленчатого вала двигателя от трансмиссии при переключении передач и кратковременных остановках, а также для плавного его соединения с трансмиссией при трогании трактора с места.

Коробка передач служит для изменения крутящего момента, подводимого к ведущим звездочкам 16 при неизменном крутящем моменте коленчатого вала двигателя, для движения задним ходом и разобщения трансмиссии с работающим двигателем при длительных остановках трактора.

Соединительный вал установлен между сцеплением и коробкой передач, он передает крутящий момент при перекосе механизмов.

Функция главной передачи – увеличение передаточного числа трансмиссии и передача крутящего момента к ведущим звездочкам, а конечной, кроме того, – увеличение этого момента. Конечная передача находится за механизмами поворота.

Ходовая часть преобразует вращательное движение ведущих звездочек в поступательное движение трактора. В нее входят: рама 18, ведущие звездочки 16, гусеницы 22, подвески 19, направляющие колеса 23 и опорные катки 17. При помощи ведущих звездочек и опорных катков трактор перекачивается по гусеницам, состоящим из шарнирно соединенных стальных звеньев. Подвеска осуществляет упругую связь между ходовой частью и рамой и уменьшает сотрясения механизмов трактора во время движения.

Механизмы управления служат для изменения направления движения трактора и для его торможения. К ним относятся механизм поворота 27 и тормоза 28. Привод управления трактором 24 выведен в кабину 4. Поворот гусеничного трактора осуществляется механизмом поворота, который с помощью тормозов изменяет силу тяги или скорость движения, отключая, а при необходимости затормаживая одну из гусениц.

Рабочее (технологическое) оборудование предназначено для использования полезной мощности двигателя трактора на лесохозяйственных и лесозаготовительных операциях с использованием различных лесных орудий. В его состав входят: передний 3 и задний 14 ВОМ, толкатель 2, гидравлические передняя 1 и задняя 15 навески, лебедка 7, кузов 8 (или трелевочный щит), коник и др.

Вспомогательное оборудование включает кабину, сиденье, приборы освещения и сигнализации, систему отопления и вентиляции кабины и т. д.

3.2.4 Классификация и устройство двигателей внутреннего сгорания

3.2.4.1 Классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

3.2.4.2 Основные механизмы и системы ДВС

3.2.4.3 Основные понятия и определения двигателя

3.2.4.1 Классификация двигателей внутреннего сгорания

Двигателем называется машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу.

На современных автомобилях и тракторах применяются тепловые двигатели внутреннего сгорания, в которых процесс сгорания топлива и превращение выделяемого при этом тепла в механическую работу происходит внутри цилиндра двигателя.

Все двигатели внутреннего сгорания принято классифицировать по:

– *роду применяемого топлива* – двигатели, работающие на *жидком* топливе (бензине или дизельном топливе), и двигатели, работающие на *газообразном* топливе (сжатом и сжиженной газе);

– *способу смесеобразования и воспламенения рабочей смеси* – двигатели с *внешним смесеобразованием* и электрическим зажиганием рабочей смеси (*карбюраторные*) и двигатели с *внутренним смесеобразованием* и воспламенением топлива от высокой температуры сжатого воздуха (*дизельные*);

– *способу осуществления рабочего цикла* – двигатели *четырёхтактные*, в которых рабочий цикл совершается за четыре такта (хода поршня) или за два оборота коленчатого вала, и двигатели *двухтактные*, в которых рабочий цикл совершается за два такта (один оборот коленчатого вала);

– *числу и расположению цилиндров* – двигатели *одноцилиндровые* и *многоцилиндровые*; *однорядные* (цилиндры расположены в один ряд) и *двухрядные* (V-образные), когда два ряда цилиндров расположены под углом друг к другу;

– *рабочему объёму*;

– *способу охлаждения* – с *жидкостным* или *воздушным* охлаждением.

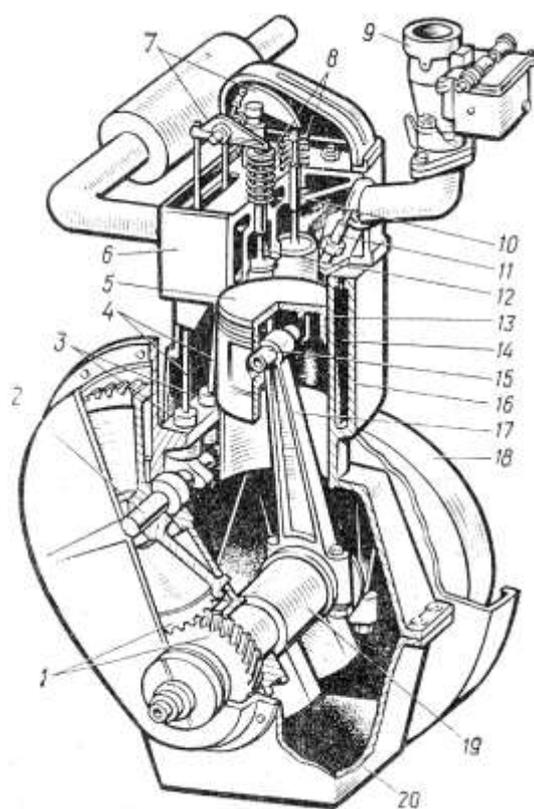
Выбор типа двигателя зависит от его назначения и предъявляемых к нему требований по части топлива, габаритных размеров, мощности и других показателей.

На лесных тракторах применяются четырехтактные многоцилиндровые дизельные двигатели, для запуска которых часто используют одно- и двухцилиндровые двухтактные карбюраторные двигатели.

На автомобилях, как правило, используются четырехтактные многоцилиндровые карбюраторные или дизельные двигатели с запуском от электрического стартера.

3.2.4.2 Основные механизмы и системы ДВС

Двигатель внутреннего сгорания (рисунок 3.70) состоит из следующих механизмов и систем.



- 1 – шестерни привода распределительного вала,
- 2 – распределительный вал, 3 – толкатели, 4 – штанги,
- 5 – поршень, 6 – головка цилиндра, 7 – коромысла, 8 – пружины,
- 9 – карбюратор, 10 – направляющая втулка, 11 – свеча зажигания,
- 12 – клапан, 13 – цилиндр, 14 – рубашка охлаждения,
- 15 – поршневой палец, 16 – блок-картер, 17 – шатун,
- 18 – маховик, 19 – коленчатый вал, 20 – поддон

Рисунок 3.70 – Устройство одноцилиндрового карбюраторного двигателя

Кривошипно-шатунный механизм осуществляет рабочий цикл двигателя и преобразует прямолинейное, возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Механизм состоит из цилиндра 13 с головкой 6, поршня 5 с кольцами, поршневого пальца 15, шатуна 17, коленчатого вала 19, маховика 18. Механизм установлен в блок-картере 16, закрытом снизу поддоном (резервуаром для масла) 20.

Механизм газораспределения предназначен для своевременного впуска в цилиндр горючей смеси или воздуха и своевременного удаления отработавших газов. Он состоит из клапанов 12 с направляющими втулками 10, пружин 8 с деталями их крепления, штанг 4, коромысел 7, толкателей 3, распределительного вала 2 и шестерен 1 привода распределительного вала.

Система охлаждения служит для отвода избыточного тепла от нагретых деталей двигателя. Она бывает жидкостной или воздушной. Если система охлаждения жидкостная, то она состоит из рубашки 14 охлаждения, радиатора, водяного насоса, вентилятора, термостата и патрубков. Система воздушного охлаждения состоит из теплоотводящих ребер, вентилятора, кожуха и щитков, направляющих воздушный поток для отвода тепла.

Система смазки обеспечивает подачу масла к трущимся деталям двигателя с целью уменьшения трения между ними и отвода тепла. Она состоит из резервуара 20 для масла, масляного насоса, фильтров и маслопроводов.

Система питания служит для приготовления горючей смеси и подвода ее к цилиндру (карбюраторные двигатели) или подачи топлива в цилиндр и наполнения его воздухом (дизельные двигатели).

У карбюраторных двигателей эта система состоит из топливного бака, топливопроводов, топливного и воздушного фильтров, топливного насоса, карбюратора (или смесителя) 9, впускного и выпускного трубопроводов, глушителя.

У дизельных двигателей система питания состоит из тех же деталей и приборов, с той лишь разницей, что вместо карбюратора установлены топливный насос высокого давления и форсунка.

Система зажигания предназначена для принудительного воспламенения рабочей смеси от электрической искры. В нее входят приборы, обеспечивающие получение электрического тока высокого напряжения, провода и свечи 11.

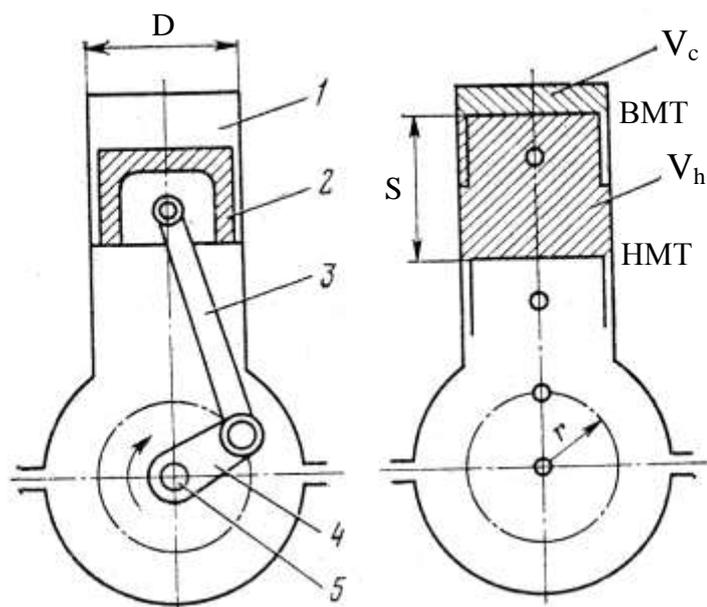
У дизельных двигателей приборы системы зажигания отсутствуют, так как топливо воспламеняется от соприкосновения со сжатым воздухом, имеющим высокую температуру.

Система пуска предназначена для пуска двигателя. К ней относятся: пусковой бензиновый двигатель с механизмом передачи (на тракторе), электрический стартер на автомобиле и иногда на тракторе, декомпрессионный механизм, приборы подогрева воды и воздуха.

Двухтактные двигатели имеют те же основные механизмы и системы, что и четырехтактные, но отличаются по устройству и действию механизма газораспределения.

3.2.4.3 Основные понятия и определения двигателя

Чтобы пояснить работу двигателя и усвоить необходимые в дальнейшем основные понятия и определения, рассмотрим рисунок 3.71, на котором изображена схема работы кривошипно-шатунного механизма одноцилиндрового двигателя.



1 – цилиндр, 2 – поршень, 3 – шатун, 4 – кривошип,
5 – коленчатый вал

Рисунок 3.71 – Основные параметры двигателя

Поршень 2 совершает возвратно-поступательное движение и может занимать два крайних положения – верхнее и нижнее. Прямолинейное движение поршня посредством шатуна 3 и кривошипа 4 преобразовывается во вращательное движение коленчатого вала 5.

Положение поршня в цилиндре l , при котором он наиболее удален от оси коленчатого вала двигателя, называется *верхней мертвой точкой* (ВМТ), а положение, при котором поршень наиболее приближен – *нижней мертвой точкой* (НМТ).

Путь, пройденный поршнем от одной мертвой точки до другой, называется *ходом поршня* (S). Часть рабочего процесса, совершаемая за один ход поршня, называется *тактом*. Каждому ходу поршня соответствует поворот коленчатого вала на 180° (полуоборот).

Движение поршня сопровождается изменением объема между днищем поршня и головкой цилиндра. Пространство (объем), образующееся в ВМТ над поршнем, называется *объемом камеры сгорания* (V_c).

Объем, освобождаемый поршнем при его перемещении от ВМТ до НМТ, называется *рабочим объемом цилиндра* (V_h).

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{S}{1000}, \text{ л}, \quad (3.113)$$

где D – диаметр цилиндра, мм;

S – ход поршня, мм.

Объем, образующийся над поршнем, при положении его в НМТ называется *полным объемом цилиндра* (V_a) и включает в себя рабочий объем цилиндра и объем камеры сгорания.

Сумма рабочих объемов всех цилиндров, выраженная в литрах, называется *рабочим объемом двигателя* (V'_h).

$$V'_h = V_h \cdot i, \quad (3.114)$$

где i – число цилиндров двигателя.

Отношение полного объема цилиндра V_a к объему камеры сгорания V_c называется *степенью сжатия* (ε).

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}. \quad (3.115)$$

Величина степени сжатия (ε) показывает, во сколько раз сжимается рабочая смесь или воздух, находящиеся в цилиндре, при перемещении поршня от НМТ до ВМТ.

3.2.5 Рабочие циклы двигателей внутреннего сгорания

3.2.5.1 Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного и дизельного двигателя

3.2.5.2 Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя

3.2.5.3 Сравнение дизельных и карбюраторных двигателей

3.2.5.4 Работа двигателя с рядным расположением цилиндров

3.2.5.1 Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного и дизельного двигателя

Для непрерывной работы двигателя в его цилиндре в строгой последовательности должны происходить следующие процессы: заполнение цилиндра горючей смесью, сжатие этой смеси, сгорание топлива и расширение газов, удаление отработавших продуктов сгорания.

Совокупность последовательных процессов (впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск), периодически повторяющихся в каждом цилиндре и обеспечивающих работу двигателя, называется рабочим циклом двигателя.

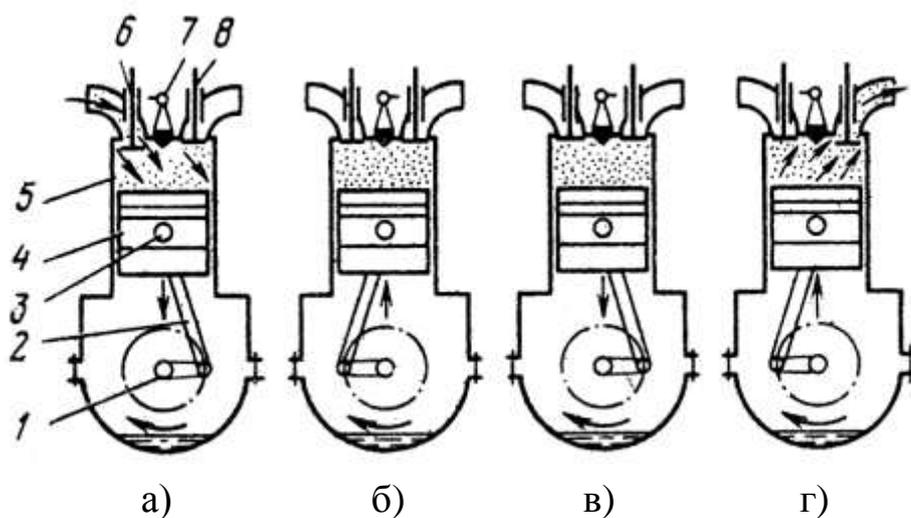
Двигатели, применяемые на автомобилях и тракторах, работают преимущественно по четырехтактному циклу. При этом цикле процессы впуска горючей смеси, сжатия, сгорания, расширения и выпуска отработавших газов совершаются за четыре такта (хода поршня) – впуск, сжатие, рабочий ход (расширение), выпуск, что соответствует двум оборотам коленчатого вала. Один из этих тактов является рабочим, а остальные три – вспомогательными.

Рабочий цикл четырехтактного **карбюраторного** двигателя состоит из следующих тактов.

Такт впуска (рисунок 3.72, а). При этом такте поршень 4 движется от ВМТ к НМТ, создавая разрежение в полости цилиндра 5 над собой. Впускной клапан 6 открыт, и через впускной трубопровод в цилиндр 5 под влиянием разности давлений поступает смесь топлива с воздухом (горючая смесь), приготовленная в карбюраторе. Горючая смесь, перемешавшись с отработавшими газами, оставшимися в камере сгорания от предыдущего цикла, образует рабочую смесь.

Давление в цилиндре во время такта впуска меньше давления окружающей среды и зависит от сопротивления впускного тракта и частоты вращения коленчатого вала. Величина его лежит в пределах

от 0,08 до 0,095 МПа. Температура рабочей смеси при этом, вследствие контакта ее с нагретыми деталями двигателя и смешивания с остаточными раскаленными газами составляет 90–120 °С.



1 – коленчатый вал, 2 – шатун, 3 – поршневой палец, 4 – поршень,
5 – цилиндр, 6 – впускной клапан, 7 – свеча зажигания,
8 – выпускной клапан

Рисунок 3.72 – Схема рабочего процесса четырехтактного карбюраторного двигателя

Такт сжатия (рисунок 3.72, б). При дальнейшем вращении коленчатого вала поршень 4 движется от НМТ к ВМТ. В это время впускной 6 и выпускной 8 клапаны закрыты, поэтому поршень сжимает находящуюся в цилиндре рабочую смесь, которая нагревается и дополнительно хорошо перемешивается. Давление рабочей смеси достигает максимума в тот момент, когда поршень доходит до ВМТ и зависит в основном от степени сжатия. Для различных карбюраторных двигателей оно колеблется от 0,8 до 1,2 МПа. Температура смеси в конце такта сжатия повышается до 300–450 °С. Чем выше степень сжатия, тем больше температура и давление смеси, и тем больше мощность и экономичность двигателя. Степень сжатия современных карбюраторных двигателей составляет 6–10.

Такт расширения (рисунок 3.72, в). Этот такт состоит из двух последовательно происходящих процессов – сгорания смеси и расширения газов (продуктов сгорания смеси) – и совершается при закрытых клапанах. Рабочая смесь в конце такта сжатия воспламеняется электрической искрой, проскакивающей между электродами свечи зажигания 7 и сгорает, когда поршень находится около ВМТ. В результате сгорания смеси температура и давление образующихся в цилиндре

газов возрастают. Под действием давления продуктов сгорания поршень движется вниз и с помощью шатуна 2 вращает коленчатый вал 1, совершая при этом механическую работу.

Давление газов в начале такта расширения составляет примерно 4–6 МПа и к концу такта расширения снижается до 0,4–0,5 МПа. Температура в начале такта расширения составляет 2000–2500 °С, а в конце снижается до 900–1100 °С.

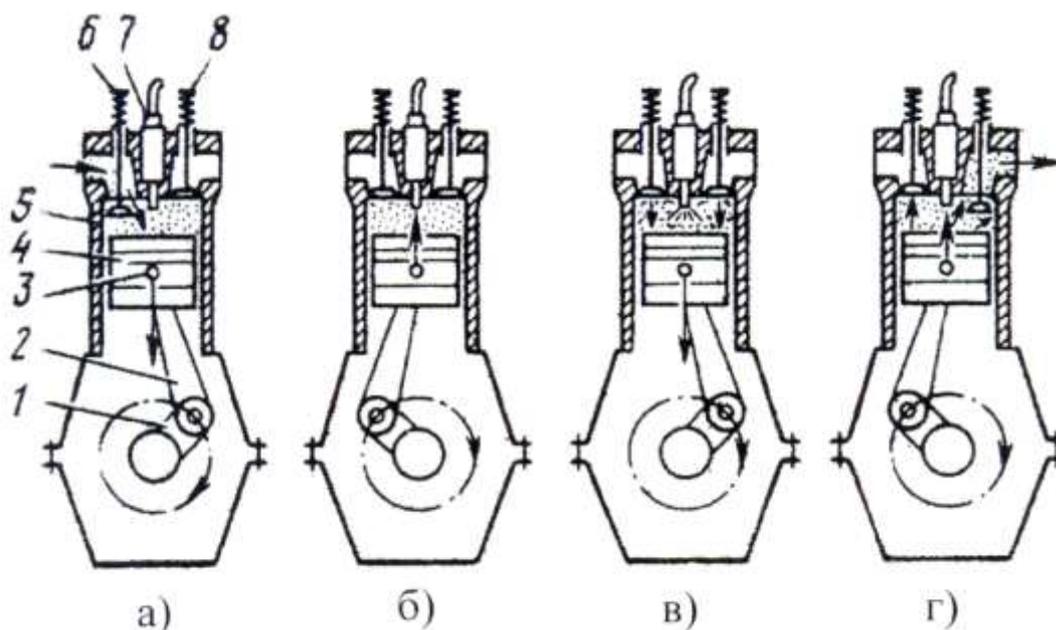
Такт выпуска (рисунок 3.72, г). Этот такт начинается при подходе поршня к НМТ при открытом выпускном клапане. Отработавшие газы под собственным давлением 0,4–0,5 МПа выходят из цилиндра в атмосферу через выпускной трубопровод и глушитель. Далее поршень движется от НМТ к ВМТ и выталкивает из цилиндра оставшуюся часть отработавших газов под давлением, несколько превышающим атмосферное (0,11–0,12 МПа). Температура выпускных газов равна 700–800 °С. После подхода поршня к ВМТ выпускной клапан закрывается, впускной клапан открывается и начинается повторение рабочего цикла.

Таким образом, в четырехтактном одноцилиндровом двигателе коленчатый вал вращается под действием давления газов при такте расширения. Для вращения коленчатого вала в течение трех остальных вспомогательных тактов на валу закрепляется тяжелое маховое колесо (маховик), инерция которого обеспечивает вывод поршней из мертвых точек и совершение трех нерабочих ходов поршня.

Рабочий цикл четырехтактного **дизельного** двигателя проходит в той же последовательности, что и цикл четырехтактного карбюраторного двигателя. Отличие заключается в характере протекания рабочего цикла, в способе смесеобразования и воспламенения топлива.

Такт впуска (рисунок 3.73, а). При движении поршня 4 вниз (от ВМТ к НМТ) через впускной трубопровод и открытое отверстие впускного клапана 6 в цилиндр 5 поступает чистый воздух. Отсутствие карбюратора уменьшает гидравлические сопротивления и несколько повышает давление в конце впуска (0,09–0,95 МПа), а температура воздуха составляет 50–80 °С.

Такт сжатия (рисунок 3.73, б). Поршень движется от НМТ к ВМТ, впускной 6 и выпускной 8 клапаны закрыты. Поршень сжимает воздух, заполнивший цилиндр. Вследствие большой степени сжатия ($\epsilon = 14–20$) давление в конце сжатия достигает 4–5 МПа, а температура 500–700 °С. Такое повышение температуры и давления необходимо для воспламенения топлива, впрыскиваемого в цилиндр двигателя в конце такта сжатия насосом высокого давления через форсунку 7.



1 – коленчатый вал, 2 – шатун, 3 – поршневой палец, 4 – поршень,
 5 – цилиндр, 6 – впускной клапан, 7 – форсунка,
 8 – выпускной клапан

Рисунок 3.73 – Схема рабочего процесса четырехтактного
 дизельного двигателя

Такт расширения (рисунок 3.73, в). В конце такта сжатия, когда поршень еще не дойдет до ВМТ на $15\text{--}30^\circ$ по углу поворота коленчатого вала, насос высокого давления через форсунку 7 впрыскивает дизельное топливо под большим давлением $15\text{--}18$ МПа. Давление впрыска топлива должно значительно превышать давление воздуха, сжатого в камере сгорания для обеспечения более тонкого распыления топлива и распределения его по всему объему воздуха, сосредоточенного в камере сгорания.

Струя топлива при выходе из распыляющих отверстий сопла форсунки под действием высокого давления приобретает огромную скорость и, пронизывая массу сжатого воздуха, дробится на мелко распыленные частицы (диаметром $0,002\text{--}0,005$ мм). Продолжительность впрыска составляет $6\text{--}30^\circ$ угла поворота коленчатого вала двигателя. Распыленное топливо под воздействием высокой температуры сжатого воздуха воспламеняется и быстро сгорает. Поршень под действием газов перемещается от ВМТ к НМТ, т. е. совершает механическую работу.

Давление газов в конце сгорания достигает $6\text{--}8$ МПа, а температура $1800\text{--}2000$ °С. К концу такта расширения давление в цилиндре падает до $0,3\text{--}0,4$ МПа, а температура – до $700\text{--}800$ °С.

Такт выпуска (рисунок 3.73, г). При этом такте выпускной клапан δ открыт. Поршень движется от НМТ к ВМТ и через открытый выпускной клапан и выпускной трубопровод из цилиндра удаляются отработавшие газы. Давление выпуска равно 0,105–0,11 МПа, а температура 600–700 °С.

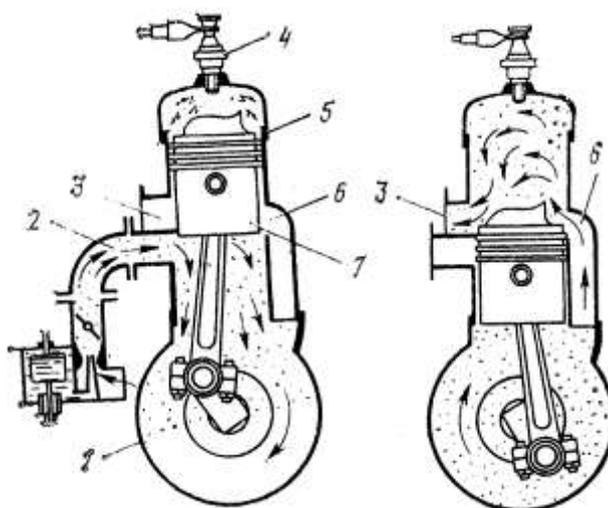
При дальнейшем вращении коленчатого вала двигателя все перечисленные такты повторяются в такой же последовательности.

Четырехтактные дизельные двигатели в настоящее время получили преимущественное распространение на тракторах и автомобилях большой грузоподъемности.

3.2.5.2 Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя

В двухтактном двигателе рабочий цикл совершается за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала. Двухтактный двигатель отличается от четырехтактного устройством газораспределительного механизма.

Функцию газораспределительного механизма выполняет поршень 7 (рисунок 3.74), закрывающий при своем движении выпускные 3, впускные 2 и продувочные 6 окна. Цилиндр 5 двигателя соединен с герметически закрытым картером 1, который используется для засасывания и предварительного сжатия горючей смеси.



1 – картер, 2 – впускное окно, 3 – выпускное окно, 4 – свеча зажигания, 5 – цилиндр, 6 – продувочное окно, 7 – поршень

Рисунок 3.74 – Схема рабочего процесса двухтактного карбюраторного двигателя

Рабочий цикл в двухтактном двигателе протекает следующим образом. В конце такта сжатия, когда поршень 7 находится около ВМТ, между электродами свечи 4 проскакивает электрическая искра, воспламеняющая рабочую смесь в камере сгорания. Быстрое сгорание рабочей смеси сопровождается резким повышением давления газов и температуры в цилиндре 5.

Под действием давления газов поршень перемещается вниз к НМТ, совершая такт расширения. В конце такта расширения поршень 7 открывает выпускное окно 3, и отработавшие газы, давление которых выше атмосферного, с большой скоростью выходят из цилиндра – происходит выпуск. При дальнейшем перемещении поршня к НМТ открывается продувочное окно 6, и под действием разности давлений горючая смесь из картера 1 поступает в цилиндр 5, вытесняя из него отработавшие газы. Таким образом, при движении поршня от ВМТ к НМТ в цилиндре происходят следующие процессы: конец сгорания рабочей смеси, расширение продуктов сгорания, начало выпуска отработавших газов и продувка (впуск) свежей горючей смеси, поступающей из картера.

При втором полуобороте коленчатого вала поршень перемещается к ВМТ, и в цилиндре сначала заканчивается продувка и закрываются продувочные окна, затем закрываются выпускные окна, и заканчивается выпуск. При дальнейшем движении поршня происходит сжатие рабочей смеси. Одновременно через впускное окно 2 в картер двигателя поступает (под действием разряжения, которое образуется при движении поршня вверх) свежая горючая смесь из карбюратора.

Таким образом, при движении поршня от НМТ к ВМТ происходят следующие процессы: в цилиндре – окончание продувки и выпуска, сжатие рабочей смеси, а при подходе поршня к ВМТ начинается процесс сгорания; в картере – впуск горючей смеси. Затем рабочий процесс повторяется.

Давление и температура в цилиндре при различных процессах примерно такие же, как и у четырехтактного карбюраторного двигателя.

3.2.5.3 Сравнение дизельных и карбюраторных двигателей

По сравнению с карбюраторными дизельные двигатели имеют следующие преимущества:

– лучшая экономичность (до 30 %) вследствие более высокой степени сжатия;

- более дешевое и менее пожароопасное топливо;
- более надежная работа из-за отсутствия системы зажигания;
- лучшая приемистость и большой крутящий момент на малой частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- пониженная коррозионная активность топлива.

Наряду с перечисленными преимуществами дизельные двигатели имеют следующие недостатки:

- затрудненный пуск, особенно в зимнее время;
- большую массу и размеры при одинаковой мощности;
- более сложное и дорогое производство и эксплуатацию;
- более шумную и жесткую работу.

Но хорошие экономические показатели дизельных двигателей обеспечили им широкое применение на тракторах, тяжелых грузовых автомобилях и на автомобилях средней грузоподъемности, а также и на легковых автомобилях.

3.2.5.4 Работа двигателя с рядным расположением цилиндров

Для обеспечения равномерного чередования тактов расширения угол между кривошипами коленчатого вала в однорядном четырехтактном двигателе должен быть равен $720^\circ/i_{ц}$, а у двухтактного однорядного $360^\circ/i_{ц}$ ($i_{ц}$ – число цилиндров двигателя), так как у четырехтактного двигателя рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала или за 720° , а двухтактного – за один оборот коленчатого вала (360°).

Наибольшее распространение получили однорядные четырехтактные двигатели с числом цилиндров четыре и шесть.

В однорядном четырехтактном четырехцилиндровом двигателе одноименные такты должны следовать через $720^\circ/4 = 180^\circ$. Для этого кривошипы (шатунные шейки) коленчатого вала располагаются в одной плоскости. Обычно при этом два крайних кривошипа 1 и 4 (рисунок 3.75) располагают под углом 180° к двум средним 2 и 3.

Допустим, что при первом полуобороте коленчатого вала от 0° до 180° (рисунок 3.75, а) поршни первого и четвертого цилиндров движутся вниз и в первом цилиндре происходит такт расширения. Тогда в четвертом цилиндре, чтобы достигнуть смещения одноименных тактов, должен происходить только такт впуска горючей смеси. В это же время поршни второго и третьего цилиндров перемещаются вверх. В каждом из этих цилиндров осуществляется либо выпуск, либо сжатие.

Допустим, что во втором цилиндре происходит такт выпуска, тогда для достижения смещения одноименных тактов в третьем цилиндре должен происходить такт сжатия.

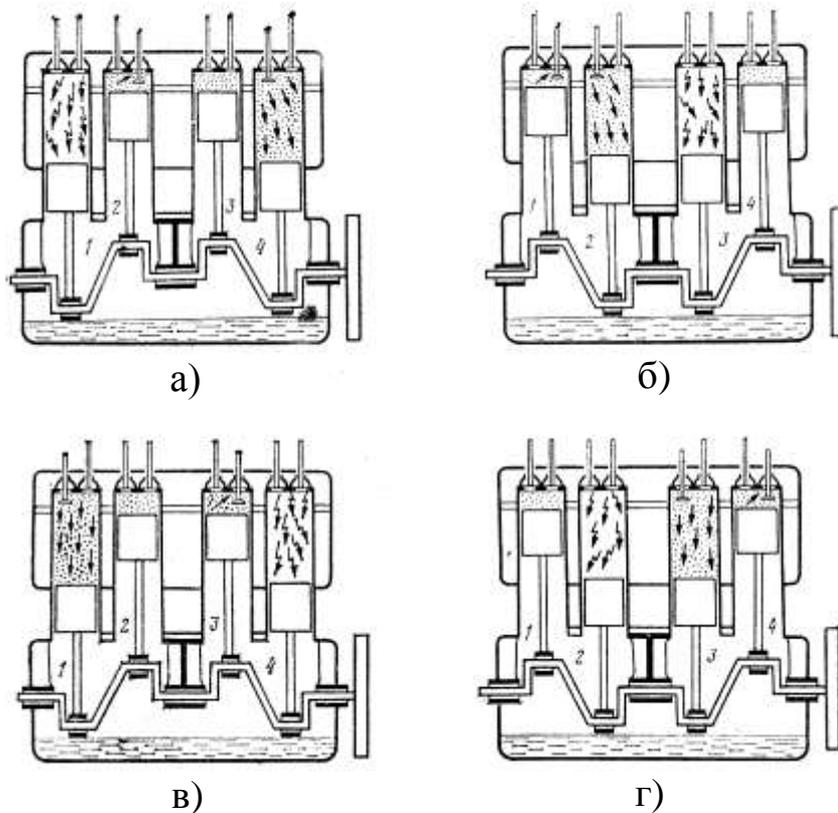


Рисунок 3.75 – Схема рабочего цикла четырехцилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя

При втором полуобороте коленчатого вала от 180° до 360° (рисунок 3.75, б) направление движения поршней изменится, поршни первого и четвертого цилиндров будут перемещаться вверх, а поршни второго и третьего цилиндров – вниз. Учитывая, что для осуществления рабочего цикла такты должны следовать друг за другом в строго определенной последовательности, т. е. впуск, сжатие, расширение и выпуск, то за второй полуоборот в первом цилиндре после такта расширения будет следовать выпуск, во втором после такта выпуска – впуск, в третьем после такта сжатия – расширение и в четвертом после такта впуска – сжатие.

Во время третьего полуоборота коленчатого вала от 360° до 540° (рисунок 3.75, в) поршни первого и четвертого цилиндров перемещаются вниз, а поршни второго и третьего цилиндров – вверх. В первом цилиндре при этом будет осуществляться после такта выпуска впуск, во втором цилиндре после такта впуска – сжатие, в третьем после такта расширения – выпуск, в четвертом цилиндре после такта сжатия – расширение.

Во время четвертого полуоборота коленчатого вала от 540° до 720° (рисунок 3.75, г) поршни первого и четвертого цилиндров будут перемещаться вверх, а второго и третьего вниз. При этом в первом цилиндре после такта впуска будет следовать сжатие, во втором цилиндре после такта сжатия – расширение, в третьем цилиндре после такта выпуска – впуск и в четвертом цилиндре после такта расширения – выпуск.

При дальнейшем вращении коленчатого вала описанный процесс повторится. Чередование тактов четырехцилиндрового двигателя приведено в таблице 3.2. Из таблицы (верхняя часть) видно, что одноименные такты будут следовать один за другим в последовательности 1-3-4-2 (цифры показывают номер цилиндра).

Таблица 3.2 – Чередование тактов в однорядном четырехцилиндровом четырехтактном двигателе

| Обороты коленчатого вала | Полуобороты коленчатого вала | Углы поворота коленчатого вала | Цилиндры | | | |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Порядок работы 1-3-4-2 | | | | | | |
| Первый | Первый | 0-180° | Расширение | Выпуск | Сжатие | Впуск |
| | Второй | 180-360° | Выпуск | Впуск | Расширение | Сжатие |
| Второй | Третий | 360-540° | Впуск | Сжатие | Выпуск | Расширение |
| | Четвертый | 540-720° | Сжатие | Расширение | Впуск | Выпуск |
| Порядок работы 1-2-4-3 | | | | | | |
| Первый | Первый | 0-180° | Расширение | Сжатие | Выпуск | Впуск |
| | Второй | 180-360° | Выпуск | Расширение | Впуск | Сжатие |
| Второй | Третий | 360-540° | Впуск | Выпуск | Сжатие | Расширение |
| | Четвертый | 540-720° | Сжатие | Впуск | Расширение | Выпуск |

Последовательное чередование одноименных тактов в цилиндрах двигателя называется **порядком работы двигателя**.

При одной и той же форме расположения кривошипов вала, но при другом порядке открытия и закрытия клапанов, что зависит от конструкции механизма газораспределения четырехцилиндровый двигатель может иметь другой порядок работы. Если при первом полу-

обороте коленчатого вала в первом цилиндре будет происходить так же такт расширения, а в четвертом – такт впуска, во втором цилиндре – такт сжатия, а в третьем – выпуск, то чередование тактов в двигателе изменится и получится порядок работы 1-2-4-3 (нижняя часть таблицы 3.2). Оба порядка работы совершенно равноценны по своему влиянию на работу двигателя.

Порядок работы цилиндров обычно обозначен на двигателе цифрами, и им пользуются при установке зажигания и регулировке клапанов.

Однорядные четырехтактные четырехцилиндровые двигатели работают достаточно равномерно и плавно, чем и объясняется их широкое распространение на автомобилях и тракторах.

Для лучшего наполнения цилиндров двигателя горючей смесью или воздухом и более полной очистки их от отработавших газов открытие и закрытие клапанов производится не в тот момент, когда поршень находится в мертвых точках, а обычно с некоторым опережением при открытии и запаздыванием при закрытии.

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

Фазы газораспределения изображаются в виде круговой диаграммы (рисунок 3.76), называемой диаграммой газораспределения. В основном они зависят от быстроходности двигателя. Чем больше номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, тем больше углы α_{ϕ} , β_{ϕ} , γ_{ϕ} , δ_{ϕ} .

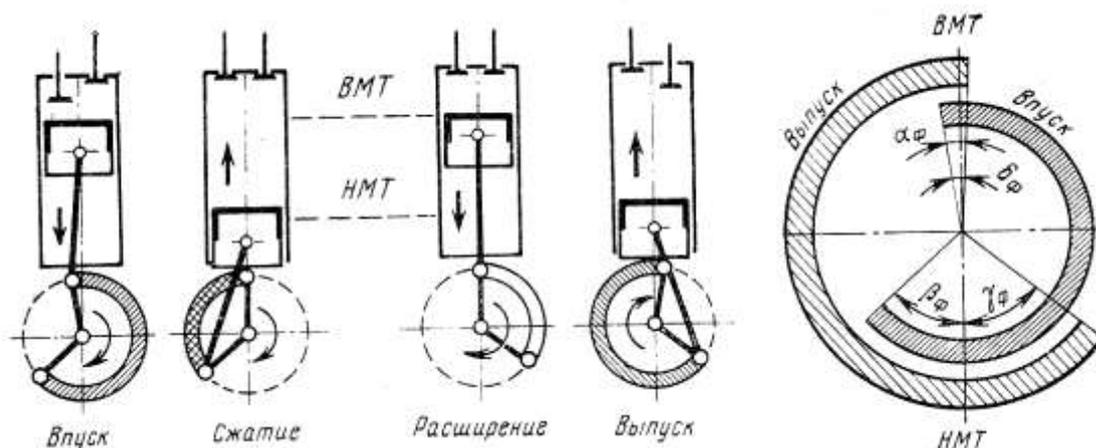


Рисунок 3.76 – Диаграмма фаз газораспределения четырехтактного карбюраторного двигателя

Впускной клапан в большинстве случаев открывается с некоторым опережением ($\alpha_{\phi} = 5-30^{\circ}$), т. е. до прихода поршня в ВМТ. Опережение открытия предусматривают для того, чтобы к началу такта впуска

клапан был достаточно открыт, что улучшает наполнение цилиндра.

Закрытие впускного клапана производится с запаздыванием ($\beta_{\phi} = 40\text{--}90^{\circ}$), т. е. после прохождения поршнем НМТ. При этом, несмотря на начавшееся движение поршня вверх, заполнение цилиндра горючей смесью или воздухом будет продолжаться вследствие все еще имеющегося в нем разрежения, а также вследствие инерции потока горючей смеси или воздуха, движущегося во впускном трубопроводе.

Таким образом, время открытия впускного клапана, учитывая опережение открытия и запаздывания закрытия, значительно больше 180° поворота коленчатого вала, в течение которого происходит такт впуска. Этим и достигается улучшение заполнения цилиндров горючей смесью или воздухом.

Выпускной клапан открывается с некоторым опережением ($\gamma_{\phi} = 40\text{--}80^{\circ}$), т. е. до прихода поршня в НМТ. Так как давление в цилиндре значительно превышает атмосферное, то основная масса отработавших газов под собственным давлением уходит из цилиндра до достижения поршнем НМТ. Затем поршень, пройдя НМТ и двигаясь к ВМТ, будет выталкивать оставшиеся в цилиндре отработавшие газы.

Закрытие выпускного клапана производится с запаздыванием ($\delta_{\phi} = 5\text{--}45^{\circ}$), т. е. когда поршень пройдет ВМТ. При этом очистка цилиндров улучшается, так как, несмотря на движение поршня к НМТ, продукты сгорания продолжают удаляться из цилиндра по инерции, а также вследствие отсасывающего воздействия потока газов, движущегося по выпускному трубопроводу.

Следовательно, для лучшей очистки цилиндров от отработавших газов период открытия выпускного клапана также значительно больше 180° поворота коленчатого вала, в течение которого происходит такт выпуска. Этим и достигается лучшая очистка цилиндра от отработавших газов.

Из диаграммы фаз газораспределения видно, что есть период, когда оба клапана открыты одновременно, так называемое перекрытие клапанов. Величина угла перекрытия колеблется в пределах от 16 до 46° . При перекрытии клапанов утечки горючей смеси с отработавшими газами не происходит вследствие небольшого промежутка времени перекрытия и малых проходных сечений в этот период.

Перекрытие клапанов особенно благоприятно влияет на наполнение цилиндров при большой частоте вращения коленчатого вала.

Наиболее выгодные фазы газораспределения для каждой модели двигателя устанавливают экспериментальным путем при доводке опытных образцов двигателей.

3.2.6 Трансмиссия автомобилей и тракторов

3.2.6.1 Назначение и типы трансмиссий, общее строение трансмиссии

3.2.6.2 Назначение, типы и устройство сцеплений

3.2.6.3 Коробка передач: назначение, классификация и устройство

3.2.6.4 Карданная передача и промежуточные соединения, назначение, строение и работа главной передачи

3.2.6.1 Назначение и типы трансмиссий, общее строение трансмиссии

Автомобильная трансмиссия служит для передачи крутящего момента двигателя к ведущим колесам и позволяет изменять величину и направление этого момента в соответствии с условиями движения автомобиля.

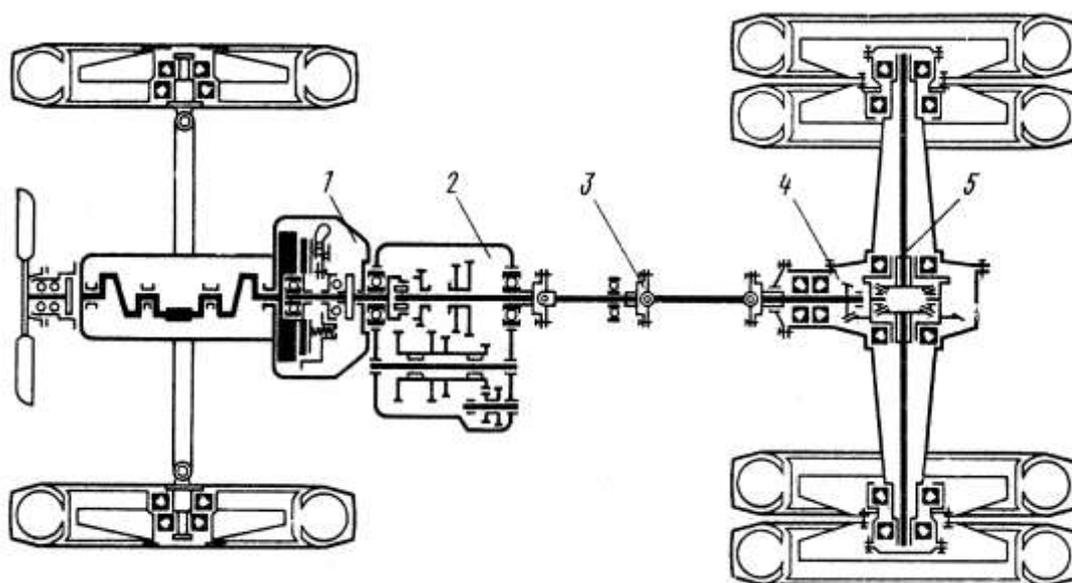
По характеру регулирования крутящего момента трансмиссии разделяются на бесступенчатые и ступенчатые.

Трансмиссия автомобиля характеризуется колесной формулой. Типы трансмиссий обозначают 4×2 , 4×4 , 6×2 , 6×4 , 6×6 . Первая цифра показывает общее количество колес, вторая – число ведущих колес (под колесами понимается опора вне зависимости от числа шин на ней).

Наиболее распространенная схема механической трансмиссии (рисунок 3.77) типа 4×2 состоит из сцепления 1, коробки передач 2, карданной передачи 3, главной передачи с дифференциалом 4 и полуосей 5 со ступицами ведущих колес.

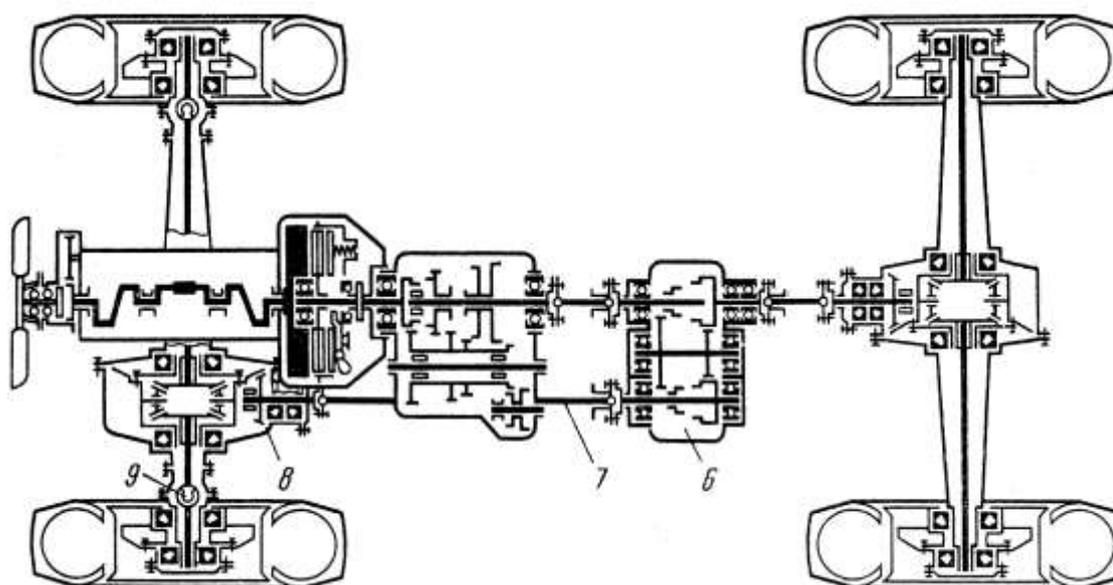
Автомобили высокой проходимости имеют несколько ведущих мостов, поэтому в трансмиссию, кроме перечисленных выше агрегатов, входят раздаточная коробка 6 (рисунок 3.78), совмещенная с дополнительной коробкой передач, карданная передача 7 к переднему ведущему мосту и передний ведущий мост 8, состоящий из тех же механизмов, что и задний, и дополнительно карданные шарниры 9 привода передних колес.

При помощи раздаточной коробки можно включить привод только на задние колеса или на все колеса. Дополнительную коробку передач (делитель) используют для увеличения числа передач автомобиля, что обеспечивает получение необходимого тягового усилия на ведущих колесах для преодоления тяжелых дорожных условий.



1 – сцепление, 2 – коробка передач, 3 – карданная передача,
4 – главная передача, 5 – полуоси

Рисунок 3.77 – Схема механической автомобильной трансмиссии типа 4×2



1 – сцепление, 2 – коробка передач, 3 – карданная передача,
4 – главная передача, 5 – полуоси, 6 – раздаточная коробка,
7 – карданная передача к переднему мосту, 8 – передний ведущий
мост, 9 – шарниры привода передних колес

Рисунок 3.78 – Схема механической автомобильной трансмиссии типа 4×4

Тракторная трансмиссия подводит и изменяет крутящий момент от двигателя к ведущим колесам или гусеницам, а также к рабочим и вспомогательным механизмам трактора. Она может быть механической, гидравлической, электрической и комбинированной. Большинство тракторов имеют механическую трансмиссию.

Схема механической трансмиссии гусеничного трактора представлена на рисунке 3.69, б.

В трансмиссии трактора могут быть установлены редукторы для дополнительного уменьшения скорости движения (ходоуменьшители), механизмы привода ВОМ или шкива.

3.2.6.2 Назначение, типы и устройство сцеплений

Сцепление предназначено для плавного соединения и кратковременного разъединения вала двигателя и трансмиссии, что необходимо для трогания трактора или автомобиля с места или их остановки. Сцепление необходимо и при переключении передач для предотвращения возникновения ударных нагрузок.

Сцепление должно обеспечивать надежную передачу крутящего момента, быстрое и полное отключение двигателя от коробки передач, постепенное нагружение трансмиссии и увеличение ускорения автомобиля или трактора. Усилие для управления сцеплением должно быть небольшим,

По принципу действия и способу передачи крутящего момента сцепления подразделяются на механические (фрикционные), передающие крутящий момент за счет сил трения, возникающих между ведущими и ведомыми элементами сцепления, и гидравлические, передающие крутящий момент в результате воздействия жидкости на ведомые элементы. На тракторах и автомобилях наибольшее распространение получили фрикционные сцепления.

По форме трущихся поверхностей фрикционные сцепления бывают *дисковые*, *конусные* и *колодочные*. На тракторах и автомобилях чаще всего применяются дисковые сцепления.

В зависимости от числа ведомых дисков сцепления бывают *однодисковые*, *двухдисковые* и *многодисковые*.

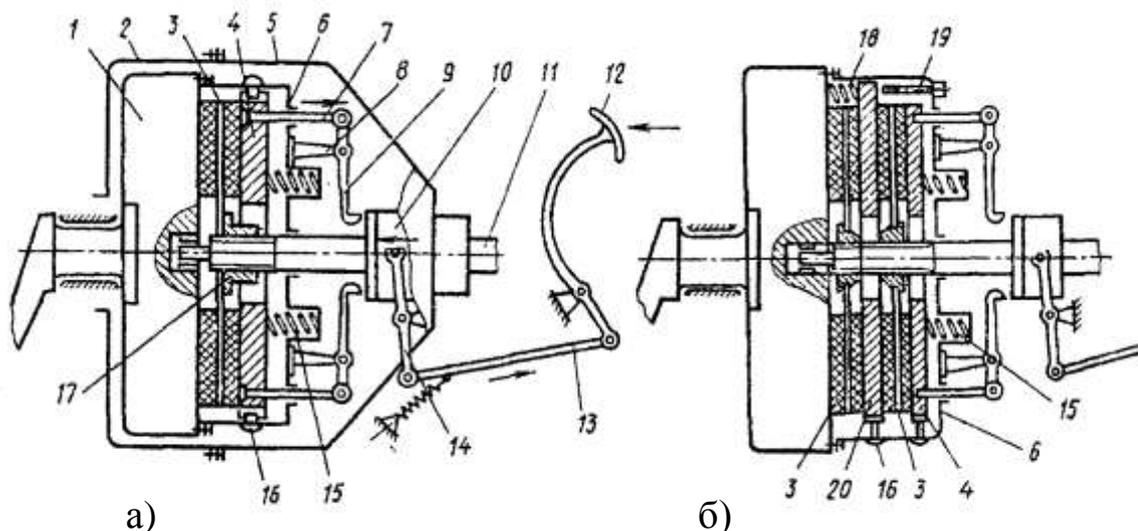
По виду трения сцепления могут быть *сухие* и *мокрые*, работающие в масле. Сцепления, работающие в масле, применяются на тракторах в приводе к ВОМ, а также в приводном механизме пускового двигателя. В трансмиссиях тракторов и автомобилей используются в основном сухие сцепления.

По распределению крутящего момента сцепления подразделяются на *однопоточные*, передающие силовой поток на трансмиссию и одновременно на ВОМ, и на *двухпоточные*, передающие крутящий момент по двум независимым силовым потокам: от главного сцепления на трансмиссию и от муфты привода к ВОМ.

По конструкции нажимного механизма сцепления бывают *постоянно замкнутые*, когда сжатие трущихся поверхностей дисков осуществляется с помощью пружин, и *непостоянно замкнутые*, в которых сжатие трущихся поверхностей дисков осуществляется с помощью рычажного нажимного механизма. В тракторах и автомобилях наибольшее применение нашли постоянно замкнутые сухие дисковые сцепления.

В постоянно замкнутом однодисковом сцеплении (рисунок 3.79, а) ведомой частью служит ведомый диск 3 с фрикционными накладками, увеличивающими силу трения.

Диск прикреплен к ступице 17, свободно посаженной на шлицевой конец вала 11 сцепления. Ведомый диск расположен между торцом маховика 1 и нажимным диском 4, образующими ведущую часть сцепления.



- 1 – маховик, 2 – картер маховика, 3 – ведомый диск, 4 – нажимной диск, 5 – картер сцепления, 6 – кожух, 7 – отжимной болт, 8 – кронштейн, 9 – отжимной рычаг, 10 – подвижная муфта, 11 – вал сцепления, 12 – педаль, 13 – тяга, 14 – вилка выключения, 15 – нажимная пружина, 16 – направляющий палец, 17 – ступица ведомого диска, 18 – отжимная пружина промежуточного диска, 19 – регулировочный болт, 20 – промежуточный диск

Рисунок 3.79 – Схемы постоянно замкнутых сухих сцеплений

При помощи кожуха 6, прикрепленного к ободу маховика, и пальцев 16 нажимной диск связан с маховиком и постоянно вращается вместе с ним. Пальцы входят в пазы по окружности нажимного диска, обеспечивая его осевое перемещение. Между кожухом и нажимным диском установлены в сжатом состоянии цилиндрические нажимные пружины 15, которые сжимают диски и удерживают сцепление включенным. Сцепление расположено в литом чугунном картере 5, прикрепленном к картеру 2 маховика.

Для выключения (разъединения дисков) сцепления служит механизм, состоящий из педали 12, тяги 13, вилки выключения 14 и подвижной муфты (отводки) 10.

Двухдисковое постоянно замкнутое сцепление (рисунок 3.79, б) имеет два ведомых диска 3 и два ведущих – промежуточный 20 и нажимной 4. Ведущие диски сжимают пружины 15. В остальном устройство и действие двухдискового сцепления такое же, как и однодискового, с той лишь разницей, что при его выключении промежуточный ведущий диск 20 отодвигается от переднего ведомого диска 3 назад специальными пружинами 18. Перемещение диска 20 под действием пружин ограничивается регулировочным болтом 19.

Сцепления тракторов и автомобилей снабжены гасителями крутильных колебаний, которые предохраняют трансмиссии от возникновения в валах крутильных колебаний, вызывающих преждевременный износ деталей. Источником крутильных колебаний является неравномерность вращения коленчатого вала двигателя, а также резкие изменения частоты вращения валов трансмиссии при колебаниях тяговой нагрузки трактора или автомобиля.

3.2.6.3 Коробка передач: назначение, классификация и устройство

Коробка передач изменяет крутящий момент по величине и направлению, что оказывает влияние на тяговые и скоростные показатели трактора или автомобиля. Разная скорость движения при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя достигается путем изменения передаточного числа между валом двигателя и ведущими колесами или звездочками. На большинстве используемых в лесном хозяйстве тракторов и автомобилей применяются механические коробки передач.

Изменение передаточного числа достигается путем введения в

зацепление в коробке передач шестерен с различным числом зубьев. Эта основная функция ступенчатой коробки характеризуется числом переключаемых передач и их передаточными числами.

Задний ход осуществляется при включении между ведущей и ведомой шестернями коробки промежуточной шестерни или при помощи специального механизма – реверса.

Разобщение коленчатого вала двигателя с ведущими колесами (звездочками) при включенном сцеплении, чему соответствует нейтральное положение коробки передач, достигается путем выведения шестерен из зацепления, а в коробках с постоянным зацеплением – путем выключения муфт.

Ступенчатые коробки передач классифицируют по следующим признакам.

По принципу зацепления шестерен – с переменным зацеплением (с передвижными шестернями) и с постоянным зацеплением.

По способу переключения передач – с переключением при остановленном тракторе (с разрывом потока мощности) и с переключением на ходу (без разрыва потока мощности).

По кинематической схеме – двух-, трех- и четырехвальные.

По расположению валов – вдоль оси трактора или автомобиля и поперек.

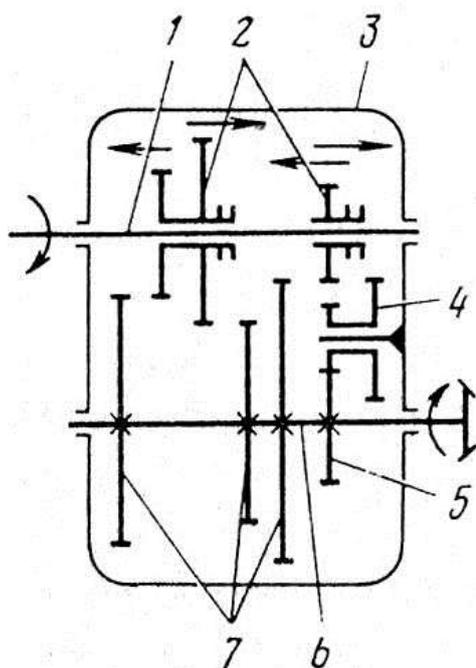
По числу передач – четырехступенчатые, пятиступенчатые, шести-ступенчатые и т. д.

По числу шестерен-карок – двух-, трех- и четырехходовые.

По конструктивному оформлению – съемные, выполненные в виде самостоятельного агрегата и смонтированные в общем корпусе с другими механизмами.

Двухвальная коробка передач состоит из первичного вала 1 (рисунок 3.80), соединенного через муфту сцепления с двигателем, вторичного вала 6, передающего крутящий момент центральной (главной) передаче, подвижных кареток 2, неподвижных шестерен 4, 5, 7 и картера 3. Перемещая при помощи рычага управления коробкой передач каретки 2 по шлицам первичного вала 1 и вводя их в зацепление с соответствующими шестернями вторичного вала 6, получают различные передаточные числа и соответственно различные скорости движения трактора.

Число передач вперед в двухвальных коробках не бывает больше пяти. Задний ход включается введением в зацепление каретки 2 с блоками шестерен 4, находящимися в постоянном зацеплении с ведомой шестерней 5.

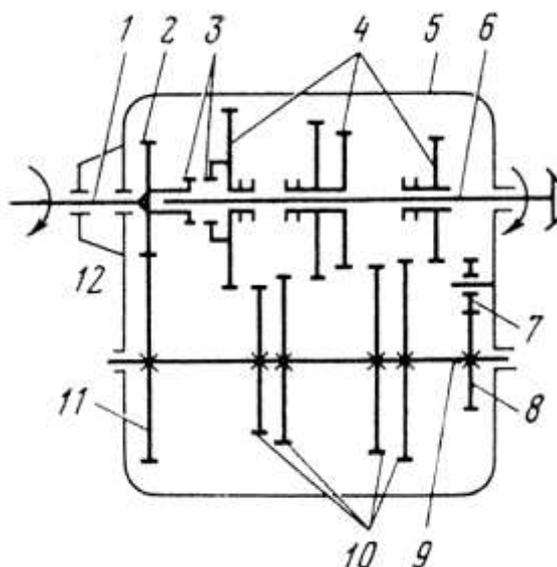


1 – первичный вал, 2 – подвижная каретка, 3 – картер,
4,7 – неподвижные шестерни, 5 – ведомая шестерня,
6 – вторичный вал

Рисунок 3.80 – Кинематическая схема двухвальной коробки передач

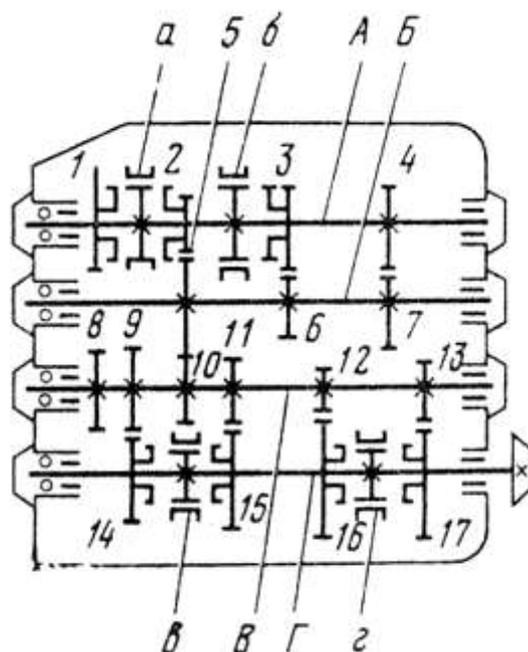
Трехвальная коробка передач имеет три вала: первичный 1 (рисунок 3.81), вторичный 6 и промежуточный 9, находящиеся в картере 5. Первичный и вторичный валы расположены на одной оси. Для этого в расточке заднего конца первичного вала 1 установлен подшипник 12, служащий передней опорой вторичного вала 6. Шестерня 2 изготовлена за одно целое с первичным валом и находится в постоянном зацеплении с шестерней 11 промежуточного вала, на котором закреплены неподвижно шестерни 8 и 10. Подвижные каретки 4, находясь в зацеплении с соответствующими шестернями 8 и 10 промежуточного вала, дают возможность получить пять передач вперед и одну назад. Задний ход в данной схеме осуществляется через паразитную шестерню 7. Благодаря тому, что шестерня 2 и левая каретка 4 имеют зубчатую муфту 3, можно соединить первичный и вторичный валы и получать прямую передачу.

Четырехвальная коробка передач состоит из первичного А (рисунок 3.82) и вторичного Г валов, на которых свободно вращаются шестерни, а ступицы зубчатых муфт а, б, в, г соединены с ними неподвижно. Промежуточные валы Б и В имеют шестерни, закрепленные на валах неподвижно. В отличие от описанных выше коробок передач в настоящей применены шестерни постоянного зацепления, переключаемые зубчатыми муфтами.



1 – первичный вал, 2, 8, 10, 11 – шестерни, 3 – зубчатая муфта,
 4 – подвижные каретки, 5 – картер, 6 – вторичный вал,
 7 – паразитная шестерня, 9 – промежуточный вал, 12 – подшипник

Рисунок 3.81 – Кинематическая схема трехвальной коробки передач



A – первичный вал, B, B – промежуточные валы, Г – вторичный вал,
 а, б, в, г – ступицы зубчатых муфт, 1–17 – шестерни

Рисунок 3.82 – Кинематическая схема четырехвальной
 коробки передач

Управление коробкой передач производится рычагами переключения диапазонов и переключения передач. Коробка передач имеет три диапазона: *нормальный* (передача I–IV), *ускоренный* (передача V–VIII) и *задний ход* (передача I–IV). Включение диапазонов *нормальный* и *задний ход* осуществляется зубчатой муфтой *а*, а диапазона *ускоренный* – зубчатой муфтой *б*. Рычаг переключения передач служит для переключения передач внутри каждого из трех диапазонов зубчатыми муфтами *г* и *в*. При этом в зацеплении могут находиться шестерни, приведенные ниже в скобках.

Диапазон *нормальный*: передача I (2–5;5–10;12–16); передача II (2–5;5–10;13–17); передача III (2–5;5–10;11–15); передача IV (2–5;5–10;9–14).

Диапазон *ускоренный*: передача V (3–6;5–10;12–16); передача VI (3–6;5–10;13–17); передача VII (3–6;5–10;11–15); передача VIII (3–6;5–10;9–14).

Диапазон *задний ход*: передача I (1–8;12–16); передача II (1–8;13–17); передача III (1–8;11–15); передача IV (1–8;9–14).

Для получения особо пониженных технологических скоростей движения в конструкции некоторых коробок передач предусмотрено применение отдельного дополнительного набора шестерен, называемого ходоуменьшителем, который устанавливается в зависимости от требования заказчика.

В ряде случаев для кратковременного повышения тягового усилия трактора при работе на основных передачах применяют увеличитель крутящего момента, располагаемый перед первичным валом коробки передач.

3.2.6.4 Карданная передача и промежуточные соединения, назначение, строение и работа главной передачи

На некоторых специальных автомобилях, кроме основной, в трансмиссии устанавливается одна или несколько дополнительных коробок передач различного назначения.

Раздаточная коробка применяется в трансмиссиях автомобилей с несколькими ведущими осями и служит для передачи крутящего момента к отдельным осям, допуская включение и выключение переднего ведущего моста. В большинстве конструкций раздаточная коробка включает в себя дополнительную коробку, которая позволяет увеличить крутящий момент, подводимый к ведущим колесам автомобиля или колесного трактора.

В результате наличия двух ступеней включения в раздаточной коробке удваивается общее число передач и увеличивается передаточное число трансмиссии, что позволяет наиболее эффективно использовать автомобиль или трактор в самых разнообразных дорожных условиях.

В трансмиссиях автомобилей повышенной проходимости коробка передач соединяется промежуточным карданным валом с раздаточной коробкой, которая осуществляет передачу крутящего момента к переднему и заднему ведущим мостам автомобиля. Вместе с тем в раздаточной коробке в необходимых случаях производится увеличение крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, поэтому, кроме прямой, раздаточная коробка имеет понижающую передачу.

Раздаточные коробки могут быть с заблокированным или дифференциальным приводом. Блокированный привод обеспечивает вращение колес ведущих мостов с одинаковой угловой частотой. При дифференциальном приводе происходит распределение крутящего момента между ведущими мостами. Для повышения проходимости автомобилей межосевые дифференциалы иногда могут быть выполнены с принудительной и автоматической блокировкой.

При включении прямой передачи в раздаточной коробке включать и выключать передний мост можно при движении автомобиля. Понижающая передача должна включаться только после полной остановки автомобиля.

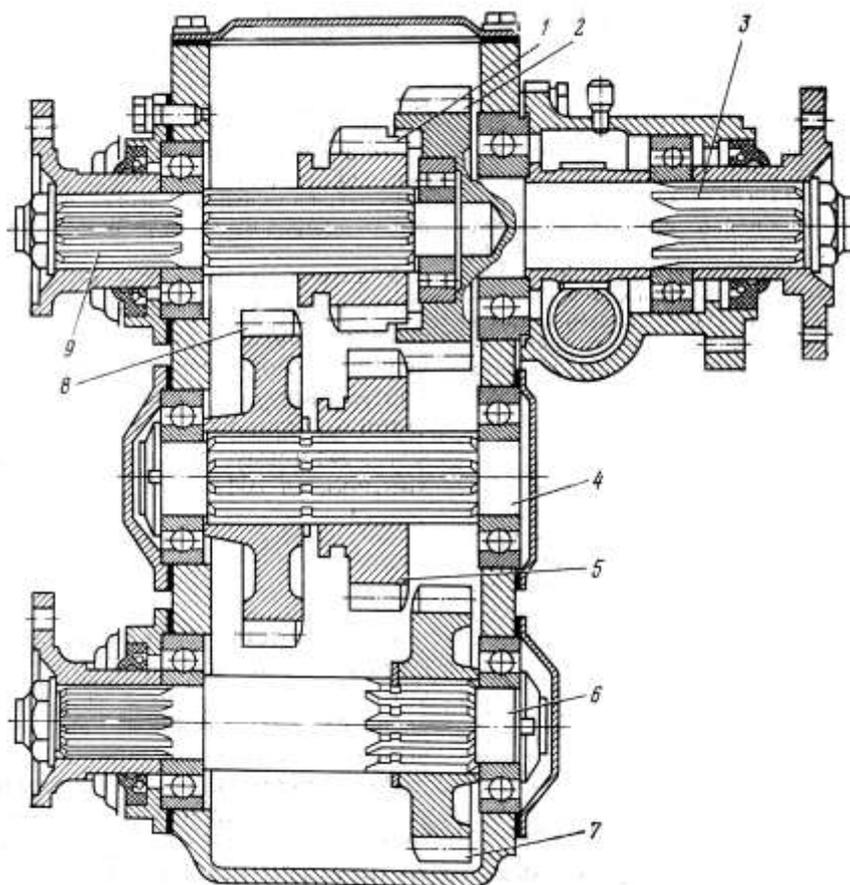
На некоторых тракторах раздаточная коробка передает крутящий момент на редуктор лебедки.

На рисунке 3.83 показана схема раздаточной коробки автомобиля повышенной проходимости ГАЗ-66.

Карданная передача передает крутящий момент от коробки передач или от раздаточной коробки к ведущим мостам при изменяющемся угле и расстоянии между ними во время движения.

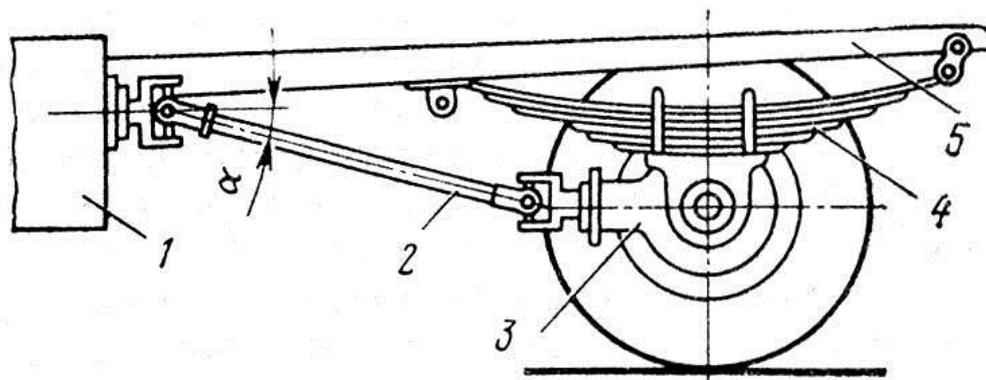
Карданная передача применяется также для передачи крутящего момента к отдельным агрегатам и механизмам (соединение коробки передач с раздаточной коробкой, привод лебедки и пр.).

Схема карданной передачи показана на рисунке 3.84. Коробка передач 1 жестко соединена с рамой 5, а ведущий мост 3 подвешен к ней при помощи упругих рессор 4.



1,2,5,7,8 – шестерни, 3 – вал привода заднего моста,
 4 – промежуточный вал, 6 – вал привода переднего моста,
 9 – первичный вал

Рисунок 3.83 – Раздаточная коробка автомобиля ГАЗ-66



1 – коробка передач, 2 – карданный вал, 3 – ведущий мост,
 4 – рессора, 5 – рама

Рисунок 3.84 – Схема карданной передачи

Во время движения изменяется положение моста относительно рамы и коробки передач, а следовательно, изменяется угол наклона ее и длина карданного вала 2. По величине допускаемого наклона α карданного вала различают карданные шарниры и муфты. Карданные шарниры допускают наклон вала до 20–25°, а муфты могут передавать крутящий момент при наклоне вала всего в несколько градусов. Карданные шарниры бывают неравных угловых скоростей и равных угловых скоростей. Муфты по конструкции бывают жесткие и упругие. По числу карданных шарниров на валу карданные передачи бывают одинарные (с шарниром только на одном конце вала) и двойные (с шарнирами на обоих концах).

В карданных передачах, соединяющих коробки с ведущими мостами, применяют только шарниры неравных угловых скоростей. Муфтами можно соединять агрегаты, закрепленные на раме (например, коробку передач с раздаточной коробкой); в этом случае роль кардана сводится к компенсации монтажа и возможных перекосов рамы.

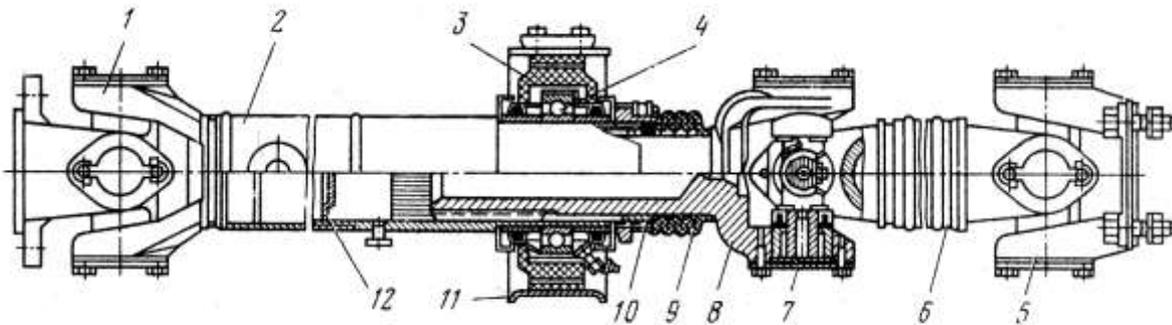
Карданная передача состоит из *валов*, их *опор* и *карданных шарниров*.

Карданный шарнир представляет собой подвижное сочленение, с помощью которого крутящий момент передается с одного вала на другой при изменяющемся угле наклона между ними. Наибольшее распространение имеет простой жесткий карданный шарнир, который состоит из двух вилок, закрепленных на валах, и крестовины, соединяющей вилки.

Карданный вал служит для передачи крутящего момента. Карданные валы изготавливаются из стали, обычно трубчатого сечения, что обеспечивает небольшую массу и достаточную прочность. К концам вала приваривают вилки карданных шарниров или на одном конце вилку, а на другом шлицевой наконечник. Карданный шарнир со шлицевым соединением называется универсальным.

Карданные валы должны вращаться без биения и крутильных колебаний, опасность появления которых тем больше, чем вал длиннее. Для устранения вибраций, возникающих в длинных валах, применяют *промежуточную опору* в виде шарикоподшипника, помещенную в резиновую обойму, закрепленную жестко на раме или на днище кузова. Карданные валы подвергаются динамической балансировке.

Рассмотрим более подробно устройство карданной передачи на примере автомобиля ЗИЛ-130. Карданная передача состоит из двух валов (рисунок 3.85) – основного 6 и промежуточного 2, трех карданных шарниров 1, 7, 5 и промежуточной опоры 11.



1, 5, 7 – карданные шарниры, 2 – промежуточный вал, 3 – резиновая подушка, 4 – шарикоподшипник, 6 – основной вал, 8 – хвостовик вилки, 9 – резиновый чехол, 10 – манжета, 11 – кронштейн промежуточной опоры, 12 – заглушка

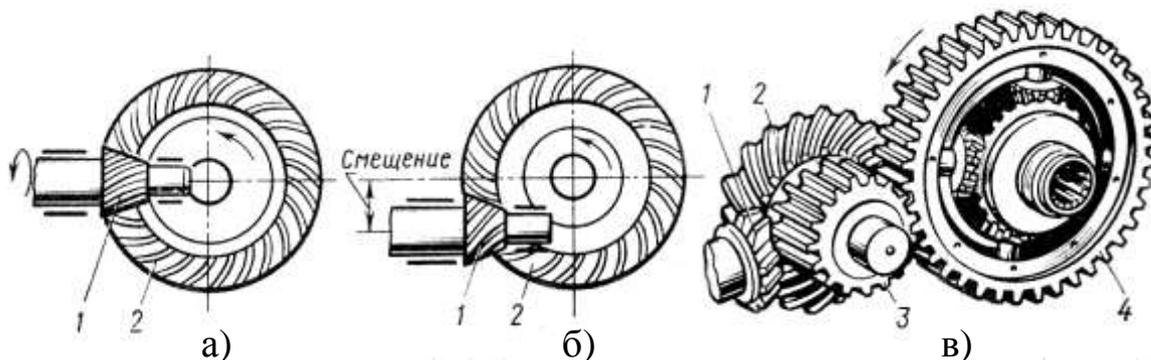
Рисунок 3.85 – Карданная передача автомобиля ЗИЛ-130

Трубчатый промежуточный вал 2 передним концом при помощи шарнира 1 соединен с фланцем вторичного вала коробки передач. Задний конец вала установлен в шарикоподшипнике 4, который находится в резиновой подушке 3 кронштейна промежуточной опоры 11, присоединенной к поперечине рамы. Внутри вала входит на шлицах хвостовик вилки 8 среднего шарнира 7, задняя вилка которого приварена к основному карданному валу 6. Шлицевое соединение компенсирует изменение длины карданного вала при изменении положения заднего моста. Для смазки шлицевого соединения во внутреннюю полость вала закладывают при сборке смазку, которая удерживается от вытекания с одной стороны заглушкой 12, а с другой – двумя манжетами 10. Шлицевое соединение защищено резиновым гофрированным чехлом 9.

Главная передача служит для увеличения крутящего момента на ведущих колесах и передачи его от карданного вала к полуосям под прямым углом.

В настоящее время применяются шестеренные главные передачи как наиболее совершенные. Они разделяются на одинарные (с одной парой шестерен) и двойные (с двумя парами шестерен).

Одинарная главная передача (рисунок 3.86, а, б) состоит из одной пары конических шестерен, находящихся в постоянном зацеплении. Зубья конических шестерен делают спиральными, чтобы повысить их прочность, долговечность и бесшумность работы главной передачи.



1 – ведущая коническая шестерня, 2 – ведомая коническая шестерня,
3 – малая цилиндрическая шестерня, 4 – большая цилиндрическая шестерня

Рисунок 3.86 – Схемы главных передач

Крутящий момент от карданной передачи передается через ведущую коническую шестерню 1 на ведомую 2. Оси этих шестерен могут пересекаться (рисунок 3.86, а) или быть смещенными (рисунок 3.86, б). В последнем случае передача называется гипоидной. Преимуществами гипоидных передач являются высокая прочность и долговечность шестерен благодаря увеличению толщины и длины зубьев, большая плавность зацепления и бесшумность работы. При установке гипоидной передачи карданную передачу можно расположить ниже, уменьшив тем самым высоту центра тяжести автомобиля и улучшив его устойчивость. Одинарные передачи применяются на легковых автомобилях и на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности.

В двойной главной передаче (рисунок 3.86, в) крутящий момент передается от ведущей конической шестерни 1 к ведомой шестерне 2, установленной на одном валу с малой цилиндрической шестерней 3, которая передает крутящий момент на большую цилиндрическую шестерню 4. Цилиндрические шестерни могут быть с прямыми или косыми зубьями. Валы главной передачи устанавливаются в радиально-упорных подшипниках (шариковых или конических роликовых), затяжку которых можно регулировать.

Двойные главные передачи применяются в тех случаях, когда необходимо получить большое передаточное число при небольших габаритах ведущего моста. Двойные главные передачи устанавливаются на грузовых автомобилях средней и большой грузоподъемности и на автобусах.

Передаточные числа главных передач грузовых автомобилей находятся в пределах 5–9.

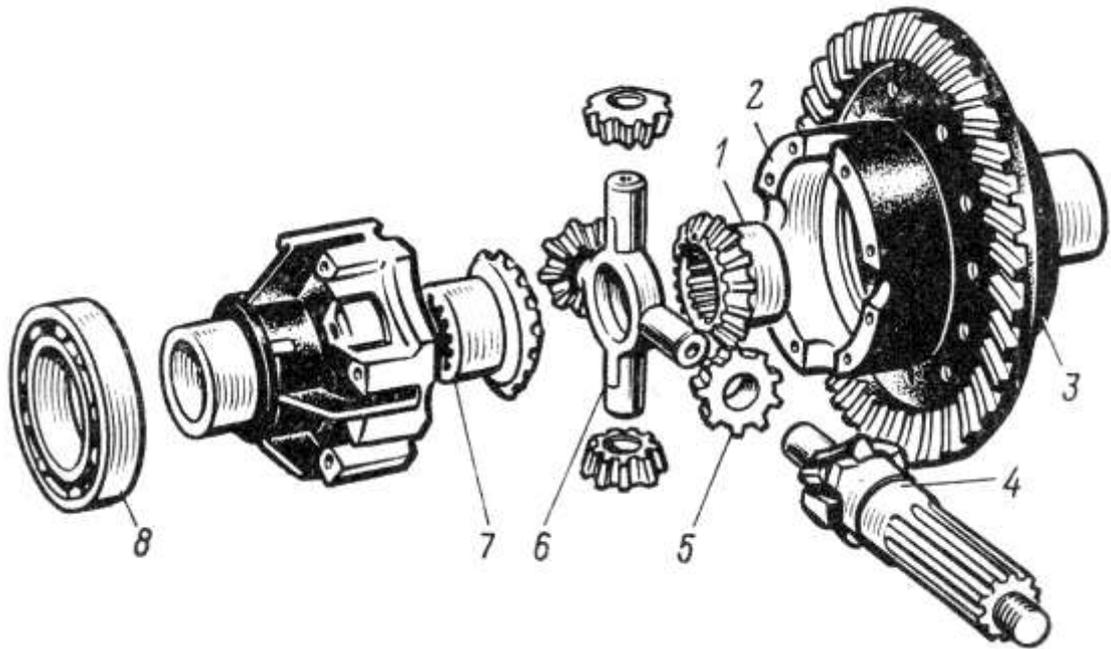
При движении по неровной дороге и при повороте ведущие колеса автомобиля в одинаковые отрезки времени проходят различные по величине пути. Если бы ведущие колеса были соединены между собой общим валом, то они во всех случаях движения вращались бы с одинаковой частотой вращения, что неизбежно приводило бы к проскальзыванию и пробуксовке колес относительно дороги. Проскальзывание вызывает повышенный износ шин, увеличивает затрату мощности, приводит к увеличению расхода топлива и затрудняет поворот.

Чтобы избежать указанных недостатков, ведущие мосты снабжают **дифференциалом**, который дает возможность ведущим колесам вращаться с различной частотой вращения друг относительно друга. Дифференциал может быть осевым и межосевым.

Осевой дифференциал устанавливается между левым и правым колесами одного моста. Межосевой дифференциал располагается обычно в раздаточной коробке или в одном из ведущих мостов и позволяет вращаться с различной частотой вращения колесам переднего, среднего и заднего мостов автомобилей повышенной проходимости.

По конструкции дифференциалы бывают шестеренные и кулачковые, шестеренные дифференциалы бывают с коническими и цилиндрическими шестернями. По принципу работы дифференциалы разделяются на простые (без блокировки) и блокирующиеся. По принципу действия механизмы блокировки делятся на принудительные и самоблокирующиеся. При принудительной блокировке полуоси заднего моста соединяются в единую жесткую систему, вращающуюся как одно целое совместно с дифференциалом.

Наибольшее распространение получили шестеренные дифференциалы с коническими шестернями. На рисунке 3.87 представлен такой дифференциал с одинарной главной передачей. Он состоит из коробки 2, в которой установлена крестовина 6. На цилиндрических шинах крестовины свободно посажены четыре конические шестерни (сателлиты) 5, находящиеся в постоянном зацеплении с правой 1 и левой 7 полуосевыми шестернями, жестко связанными с полуосями. К коробке 2 дифференциала болтами или заклепками крепится ведомая шестерня 3 главной передачи, получающая вращение от ведущего вала 4. Коробка дифференциала вращается в подшипниках 8.



1 – правая полуосевая шестерня, 2 – коробка, 3 – ведомая шестерня главной передачи, 4 – ведущий вал, 5 – сателлит, 6 – крестовина, 7 – левая полуосевая шестерня, 8 – подшипник

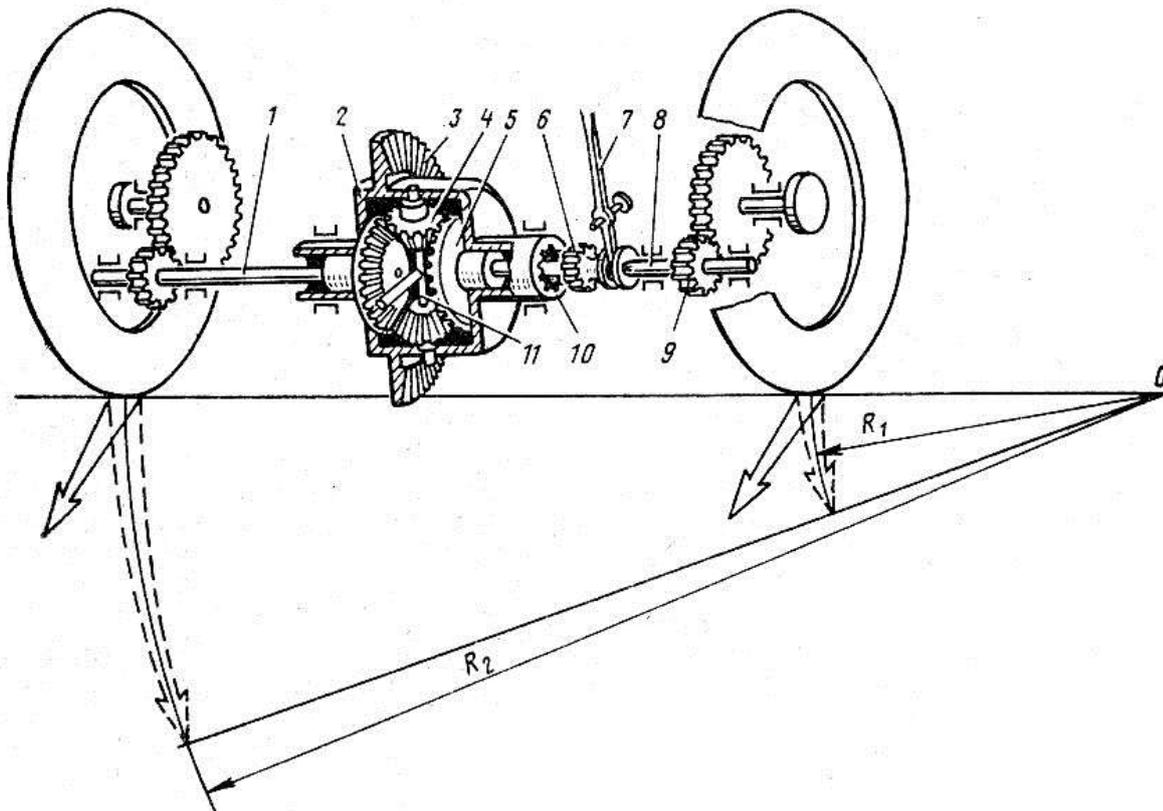
Рисунок 3.87 – Схема дифференциала

Пока оба ведущих колеса испытывают одинаковое сопротивление качению (движению по прямой), сателлиты, вращаясь вместе с корпусом, сообщают обоим полуосевым шестерням одинаковую частоту вращения. Сателлиты в этом случае будут действовать как клинья, заклинивающие полуосевые шестерни и как бы соединяющие обе полуоси в одну ось.

Если одно из ведущих колес вращается медленнее другого (движение на повороте), то произойдет расклинивание полуосевых шестерен. Сателлиты начнут поворачиваться на шипах, перекатываясь по полуосевой шестерне, которая замедлила свое вращение. При этом частота вращения другой полуосевой шестерни увеличивается. При повороте частота вращения внешнего колеса повышается настолько, насколько уменьшается частота вращения внутреннего колеса; при этом сумма частот вращения ведущих колес всегда равна удвоенной частоте вращения корпуса дифференциала.

У ряда тракторов за дифференциалом устанавливается шестеренный редуктор, называемый **конечной передачей**. Конечная передача является последним звеном трансмиссии и служит для увеличения общего передаточного числа трансмиссии и увеличения дорожного

просвета. Шестеренные конечные передачи бывают одноступенчатыми и двухступенчатыми. Одноступенчатая передача состоит из одной пары цилиндрических шестерен 9, находящихся в постоянном зацеплении (рисунок 3.88). Малые шестерни жестко соединены с полуосями 1 и 8 дифференциала, а большие – с осями ведущих колес. Конечные передачи обычно заключены в отдельные картеры, прикрепляемые к корпусу заднего моста, или размещаются внутри картера заднего моста.



1, 8 – полуоси, 2 – корпус, 3 – ведомая шестерня главной передачи, 4 – сателлиты, 5 – полуосевая шестерня, 6 – подвижная полумуфта, 7 – рычаг, 9 – конечная передача, 10 – неподвижная полумуфта, 11 – цилиндрические шипы, R_1 , R_2 – радиусы движения колес при повороте

Рисунок 3.88 – Схема заднего моста колесного трактора

Передний ведущий мост по схеме передачи крутящего момента подобен заднему, за исключением механизмов, которые позволяют поворачивать колеса относительно вертикальной оси, что необходимо для управления трактором.

3.2.7 Ходовая часть автомобилей и тракторов

3.2.7.1 Назначение и устройство ходовой части автомобилей

3.2.7.2 Назначение и устройство ходовой части колесных тракторов

3.2.7.3 Назначение и устройство ходовой части гусеничных тракторов

3.2.7.1 Назначение и устройство ходовой части автомобилей

Ходовая часть автомобиля должна обеспечивать надежное сцепление колес с дорогой, создавать возможно меньшие потери при качении колес во время движения автомобиля, смягчать удары от неровностей дороги и обеспечивать достаточную плавность хода.

От правильности конструктивного решения ходовой части зависят тяговые, экономические и эксплуатационные показатели автомобилей, удобство их обслуживания, допустимая скорость движения и долговечность.

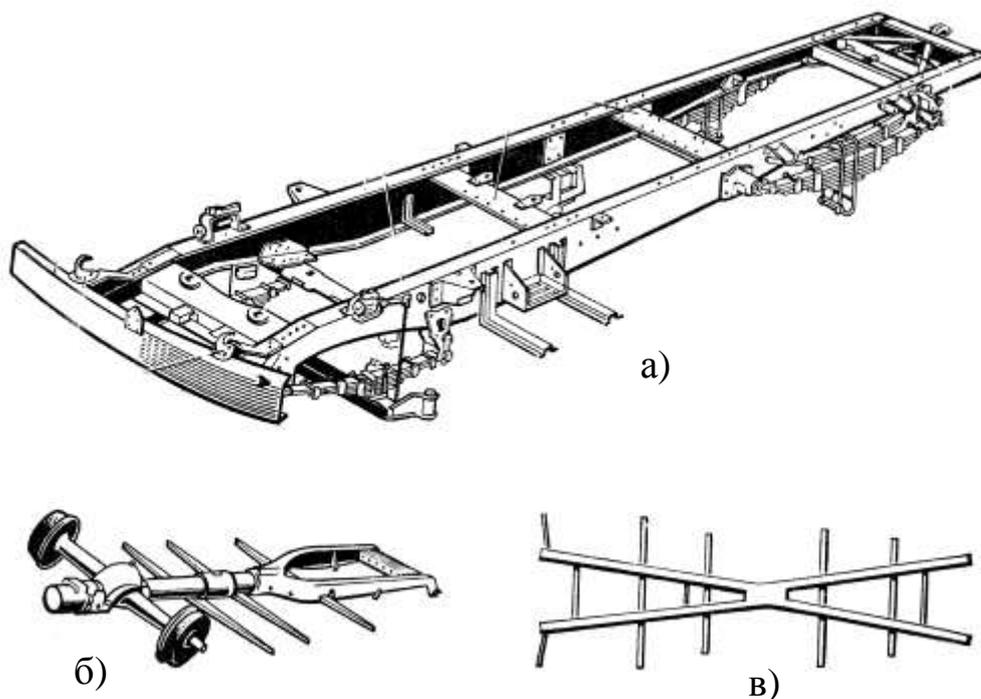
Ходовая часть автомобиля состоит из *рамы* или *несущего кузова*, *осей*, *подвески*, *колес* и *шин*.

Рама у грузовых автомобилей является несущим остовом и служит для размещения и крепления узлов и агрегатов. Она должна иметь достаточно жесткую и прочную конструкцию, чтобы обеспечить длительную и надежную работу автомобиля.

На раму действуют как статические, так и динамические нагрузки. При движении автомобиля, разгоне и торможении, погрузке и разгрузке на раму передаются динамические нагрузки, изменяющиеся по величине и направлению действия. Динамические нагрузки иногда в 1,5–2,0 раза могут превышать статические. При движении по неровной дороге рама подвергается не только изгибу, но и кручению. Конструкция рамы выполнена с учетом действующих на нее нагрузок.

Рамы по конструкции бывают лонжеронные, центральные (хребтовые) и X-образные (смешанные). Схематическое изображение типов автомобильных рам показано на рисунке 3.89.

Многие легковые автомобили и автобусы имеют безрамную конструкцию – роль рамы выполняет несущий кузов. В этом случае днище кузова изготавливают достаточно жестким, а в местах крепления узлов и агрегатов его усиливают накладками жесткости. Для крепления двигателя, передней подвески и рулевого управления имеется подрамник, приваренный к днищу кузова.



a – лонжеронная, *б* – хребтовая, *в* – X-образная

Рисунок 3.89 – Типы автомобильных рам

Оси поддерживают раму или несущий кузов автомобиля, воспринимая от них вертикальную нагрузку, и передают от колес на раму продольные и боковые нагрузки, вызываемые неровностями дороги. На переднюю ось и раму передаются толкающие и скручивающие усилия. При движении вперед усилия, получаемые рамой от заднего моста, толкают через рессоры переднюю ось, которая, в свою очередь, толкает колеса, обеспечивая их качение.

Задние колеса большинства автомобилей устанавливаются перпендикулярно к плоскости дороги и параллельно друг другу. Передние же управляемые колеса должны быть установлены так, чтобы они занимали определенное положение относительно продольной оси автомобиля.

Правильная установка передних колес способствует сохранности шин, уменьшает износ деталей переднего моста благодаря снижению действующих на них динамических нагрузок, а также обеспечивает стабилизацию колес, т. е. стремление их вернуться после поворота в положение, соответствующее прямолинейному движению автомобиля.

Установка передних колес определяется углом развала и схождения колес. Угол развала – угол между вертикальной плоскостью и плоскостью переднего колеса, наклоненного в наружную сторону. Этот угол

необходим для того, чтобы колесо при движении автомобиля занимало вертикальное положение. При движении автомобиля под действием нагрузки происходит некоторый прогиб деталей, определяющих положение передних колес, имеющиеся зазоры в подшипниках и втулках шкворней выбираются, и колесо занимает почти вертикальное положение. Учитывается также и некоторое закругление поверхности дорожного полотна. Развал колес влияет в основном на равномерность износа протекторов шин. Величина угла развала колес у автомобилей различных моделей составляет 0–1,5°.

Схождение колес – поворот передних колес на некоторый угол внутрь, вследствие чего расстояние между ободьями колес впереди оси меньше, чем сзади. Схождение колес необходимо для того, чтобы обеспечить их параллельное качение. Сила сопротивления качению, возникающая при движении автомобиля, стремится повернуть каждое колесо наружу, при этом выбираются зазоры, и оба колеса катятся параллельно друг другу без бокового проскальзывания. Правильное схождение колес является обязательным условием хорошей сохранности шин.

Величина схождения колес определяется как разность расстояний, измеряемых между краями ободьев колес или шинами впереди и сзади на высоте 200 мм от полотна дороги или на высоте центров колес. У автомобилей разных марок величина схождения колес составляет 1,5–10,0 мм.

Подвеска осуществляет упругую связь рамы или кузова с мостами или непосредственно с колесами, воспринимая вертикальные усилия и обеспечивая необходимую плавность хода. Кроме того, она служит для восприятия продольных и поперечных усилий и реактивных моментов, действующих между опорной плоскостью и рамой. Подвеска должна обеспечивать также передачу толкающих и скручивающих усилий.

Подвеска состоит из направляющего устройства, упругих элементов и устройства, гасящего колебания. С помощью *направляющего устройства* определяется характер перемещений (кинематика) колес относительно рамы или кузова автомобиля и передаются продольные усилия (толкающее или тормозное), боковые усилия, а также реактивные моменты.

По типу направляющего устройства подвески разделяются на зависимые и независимые. *Независимые подвески* получили широкое распространение на передних управляемых колесах автомобилей, так как обеспечивают лучшую плавность хода. Подавляющее большинство

автомобилей имеет подвеску с металлическими упругими элементами, главным образом рессорную и пружинную.

У автомобилей с *зависимой подвеской* передняя ось делается неразрезной, и при наездах на препятствие наклон одного колеса вызывает наклон другого.

Грузовые автомобили и автобусы, а также большинство задних мостов легковых автомобилей имеют зависимую рессорную подвеску с расположением рессор вдоль рамы автомобиля. На рисунке 3.90 в качестве примера показана задняя рессорная подвеска автомобиля ЗИЛ-130.

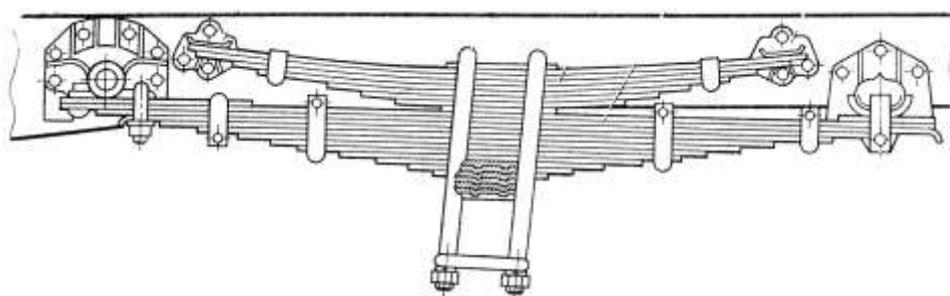


Рисунок 3.90 – Задняя подвеска автомобиля ЗИЛ-130

Иногда в подвеску входят дополнительные упругие элементы, удерживающие кузов автомобиля от крена на поворотах (стабилизаторы).

Для гашения колебаний обычно применяют *гасящее устройство* – амортизатор, в котором энергия колеблющихся частей преобразуется в тепловую вследствие трения в жидкости, возникающего при ее протекании через отверстие с малым проходным сечением.

По конструкции амортизаторы делятся на рычажные и телескопические, а по принципу работы – на амортизаторы двустороннего и одностороннего действия. Амортизаторы двустороннего действия гасят колебания как при сжатии, так и при распрямлении (отдаче) рессор, а амортизаторы одностороннего действия, применяемые весьма редко, – лишь при отдаче.

Колесо автомобиля состоит из *ступицы, диска с ободом и шины*.

Ступица колеса входит обычно в монтажный узел ведущего моста, передней оси или передней подвески.

Ободья дисковых колес могут быть глубокие неразборные и плоские разборные.

Диски колес изготавливают штамповкой. К штампованному диску

колеса легкового автомобиля приваривают (приклепывают) профилированный обод неразборной конструкции с большим углублением. Средняя часть колеса иногда закрыта декоративным колпаком.

Плоский (без углубления) обод колеса грузового автомобиля (автобуса) выполняют разборным для облегчения монтажа и демонтажа шин.

На заднюю ось грузового автомобиля устанавливается обычно по два колеса с каждой стороны.

Пневматическая шина предназначена для смягчения и поглощения толчков и ударов, которые колесо воспринимает от дороги, обеспечения необходимого сцепления с поверхностью дороги, бесшумного движения, а также для уменьшения разрушающего действия автомобильного колеса на дорогу.

По конструкции шины подразделяются на камерные, бескамерные и арочные (рисунок 3.91).

По величине внутреннего давления воздуха шины бывают высокого давления 0,5–0,7 МПа, низкого 0,15–0,55 МПа и сверхнизкого 0,05–0,18 МПа.

В зависимости от рисунка протектора различают шины обычной и повышенной проходимости.

Шина автомобиля состоит из покрышки, камеры и ободной ленты. Шины легкового автомобиля ободной ленты не имеют.

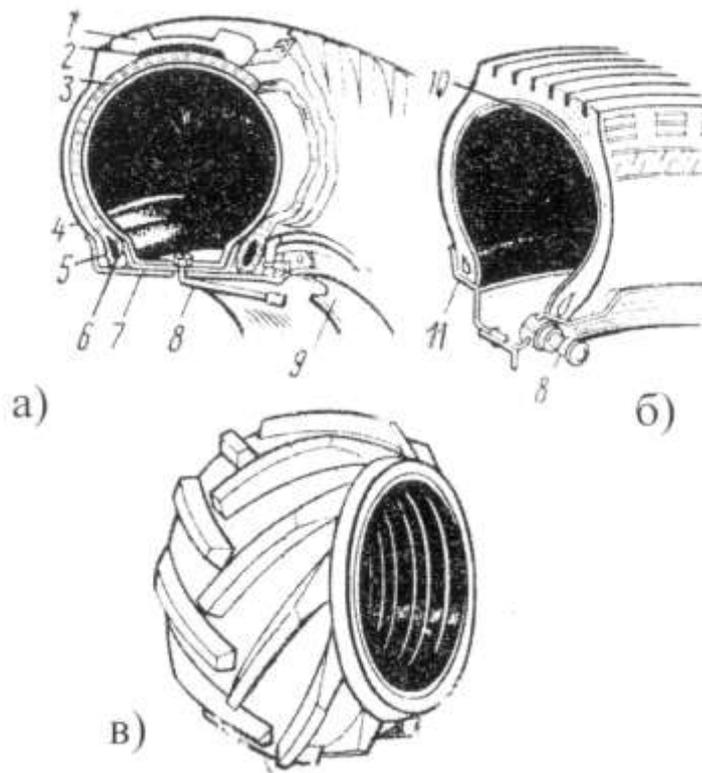
Покрышка (рисунок 3.91, а) служит для защиты камеры от повреждения и для сцепления колес с дорогой. Она состоит из протектора 1 с боковинами 4, подушечного слоя 2, каркаса 3, бортовых частей 5 с сердечником 6. Основная часть покрышки – каркас 3 состоит из нескольких слоев прорезиненного корда с резиновыми прослойками. К каркасу прочно присоединена бортовая часть с бортами 5, служащими для закрепления покрышки на ободе колеса.

Камеры представляют собой резиновый замкнутый рукав круглой формы, находящийся внутри покрышки и заполненный сжатым воздухом.

Покрышку вместе с камерой устанавливают на обод 7 диска 9. Вентиль 8 камеры для накачки шин выводят наружу через отверстие в ободе.

У *бескамерной шины* камера отсутствует, а покрышка непосредственно монтируется на глубоком герметическом ободе колеса, в котором закреплен вентиль 8 (рисунок 3.91, б). Особенностью бескамерной шины является наличие на внутренней поверхности ее дополнительного герметизирующего слоя резины 10 и уплотняющего

резинового слоя *11* на бортах, обеспечивающего необходимую герметичность бортов шины с краем обода, когда шины находятся в ненакачанном состоянии.



1 – протектор, *2* – подушечный слой, *3* – каркас, *4* – боковина, *5* – бортовая часть, *6* – сердечник, *7* – обод, *8* – вентиль камеры, *9* – диск, *10* – герметизирующий слой резины, *11* – уплотняющий резиновый слой

Рисунок 3.91 – Пневматическая камерная (*а*), бескамерная (*б*) и арочная (*в*) шины

Для задних ведущих колес автомобилей, работающих в тяжелых дорожных условиях, применяют арочные бескамерные шины (рисунок 3.91, *в*), заменяя одной шиной две двускатные. Арочные шины благодаря большой ширине профиля, низкому внутреннему давлению воздуха 0,05–0,14 МПа и высоким редко расположенным грунтозацепам позволяют получить малое удельное давление на грунт, что значительно повышает проходимость автомобиля.

3.2.7.2 Назначение и устройство ходовой части колесных тракторов

Ходовая часть колесного трактора служит для преобразования вращательного движения ведущих колес в поступательное движение трактора. Она состоит из *остова, ведущих и направляющих колес*, а также из элементов, соединяющих колеса с остовом трактора. Конструкция ходовой части в большой степени зависит от назначения трактора. Она может быть с двумя задними ведущими и двумя передними направляющими колесами, с двумя задними ведущими и одним направляющим колесом и с четырьмя ведущими колесами. Ходовая часть с четырьмя ведущими колесами может быть с четырьмя одинаковыми колесами или с передними управляемыми ведущими колесами меньшего диаметра.

По способу соединения осей колес с остовом трактора ходовая часть может быть с жесткой и упругой подвеской. В качестве упругого элемента применяют рессоры. Подрессоренные оси передних колес имеют тракторы МТЗ-80, МТЗ-82, К-701 и др.

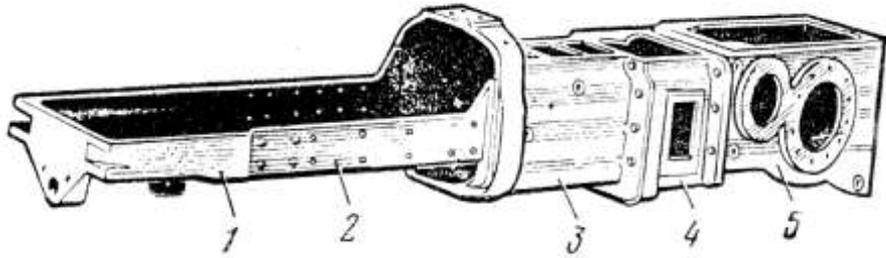
Остов трактора является основанием, к которому крепятся все механизмы трактора, а также рабочее и дополнительное оборудование. В зависимости от конструкции остовы подразделяются на рамные, полурамные и безрамные.

Рамный остов представляет собой клепанную или сварную раму из балок различного профиля. Рамный остов применяют на колесных тракторах К-701, Т-150К и др.

Полурамный остов состоит из картеров агрегатов трансмиссии и полурамы, соединенных между собой болтами или сваркой. Так, например, на тракторах МТЗ-82 полурамный остов состоит из картеров: муфты сцепления 3 (рисунок 3.92), коробки передач 4, заднего моста 5 и полурамы, соединенных между собой болтами. Полурама имеет две продольные швеллерные балки 2, соединенные между собой передним брусом 1. На полураме устанавливается двигатель, а к ее переднему брусу крепится передний мост.

Безрамный остов применяется на тракторах, у которых блок-картер двигателя, картеры сцепления, коробки передач и центральной передачи соединяются вместе болтами, образуя безрамную конструкцию.

В настоящее время все колесные тракторы имеют колеса с пневматическими шинами низкого давления. Обладая высокой эластичностью, шины низкого давления обеспечивают большую опорную поверхность колесам трактора, снижают их удельное давление и сопротивление качению, а также смягчают удары, передающиеся остову трактора от поверхности дороги, улучшая сохранность механизмов и плавность хода трактора.

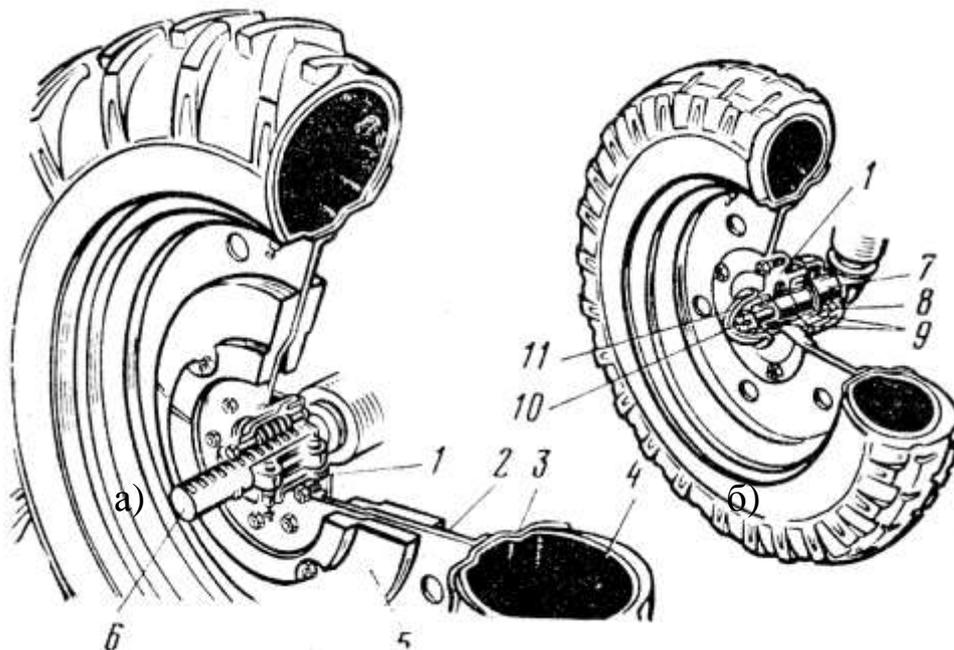


1 – передний брус, 2 – швеллерная балка, 3 – муфта сцепления, 4 – коробка передач, 5 – задний мост

Рисунок 3.92 – Полурамный остов трактора МТЗ-82

Ведущие колеса обеспечивают преобразование крутящего момента, подводимого к ним от конечной передачи, в касательную силу тяги, необходимую для передвижения трактора.

Конструкция ведущих колес зависит в основном от типа конечных передач и способа изменения ширины колеи трактора. На тракторах МТЗ-82 ведущее колесо состоит из ступицы 1 (рисунок 3.93, а), диска 2 с ободом 3 и шины 4.



1 – ступица, 2 – диск, 3 – обод, 4 – шина, 5 – груз, 6 – полуось, 7 – цапфа, 8 – сальник, 9 – подшипники, 10 – гайка, 11 – колпак

Рисунок 3.93 – Конструкция ведущих (а) и направляющих (б) колес трактора МТЗ-82

Передние направляющие колеса воспринимают относительно небольшую нагрузку (около 25 % массы трактора) и для удобства поворота изготавливаются небольшого диаметра. Ступица 1 (рисунок 3.93, б) направляющего колеса устанавливается на цапфе 7 поворотного кулака передней оси на двух конических роликовых подшипниках 9. Подшипники регулируют и закрепляют гайкой 10. Внутренняя полость ступицы заполняется консистентной смазкой. С внутренней стороны ступица уплотнена сальником 8, а снаружи закрыта колпаком 11.

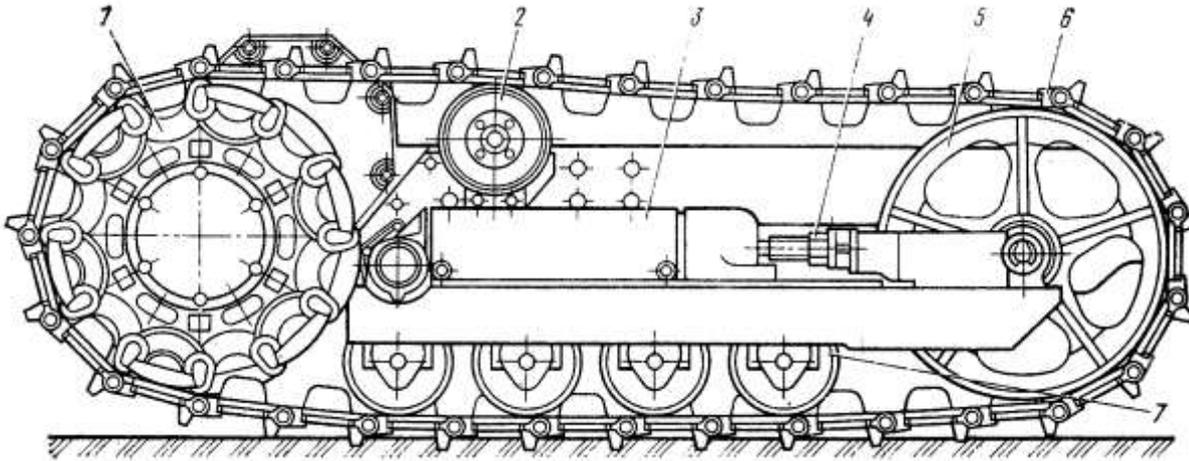
3.2.7.3 Назначение и устройство ходовой части гусеничных тракторов

Ходовая часть гусеничного трактора предназначена для поддержания остова трактора и преобразования вращательного движения зубчатых ведущих колес конечной передачи в поступательное движение трактора. Она состоит из **гусеничных движителей** и **подвески остова трактора**.

Гусеничные движители расположены по обеим сторонам остова, воспринимают на себя массу трактора и обеспечивают передвижение трактора и получение необходимого тягового усилия.

Каждый движитель состоит из: ведущего колеса (звездочки) 1 (рисунок 3.94), преобразующего крутящий момент в силу тяги гусениц; замкнутой шарнирной гусеничной цепи 6, снабженной почвозацепами; направляющего колеса 5 с натяжным устройством 4, предназначенным для направления движения гусеничных цепей и регулирования степени натяжения гусениц; опорных катков 7, воспринимающих массу трактора и передающих ее через гусеницы на грунт, а также осуществляющих перекачивание остова трактора по гусеничной цепи; поддерживающих роликов 2, препятствующих чрезмерному провисанию и боковому раскачиванию верхней ветви гусеничной цепи при движении трактора; амортизирующего устройства 3, обеспечивающего смягчение ударов при наездах на неровности дороги.

Подвеска трактора предназначена для передачи массы трактора на опорные катки и для соединения гусеничного движителя с остовом трактора. Подвеска смягчает удары и толчки, воспринимаемые ходовой частью, обеспечивая плавность хода трактора. По конструктивному выполнению подвески тракторов подразделяются на *жесткие, полужесткие* и *упругие (эластичные)*.



1 – ведущее колесо (звездочка), 2 – поддерживающий ролик,
 3 – амортизирующее устройство, 4 – натяжное устройство,
 5 – направляющее колесо, 6 – гусеничная цепь, 7 – опорный каток

Рисунок 3.94 – Гусеничный движитель

При *жесткой подвеске* оси опорных катков жестко крепятся к остову трактора. Такие подвески в настоящее время имеют ограниченное применение, так как все удары от неровностей дороги передаются остову трактора и его механизмам, т. е. подвеска не обеспечивает плавного движения.

При *полужесткой подвеске* оси опорных катков жестко крепятся к специальной тележке, соединенной с остовом трактора спереди посредством рессоры или пружины, а сзади – при помощи жесткого шарнира, относительно которого происходит их качение. Такое шарнирное соединение тележек с остовом трактора обеспечивает независимость действия гусениц, самостоятельно приспособляющихся к рельефу дороги. Полужесткая подвеска обеспечивает достаточную плавность хода при движении со скоростью 9–12 км/ч и она получила преимущественное распространение на тракторах сельскохозяйственного типа.

При *упругой подвеске* соединение катков с остовом трактора осуществляется таким образом, что они имеют возможность перемещаться относительно друг друга и относительно остова в вертикальной плоскости. Она может быть независимой, когда каждая ось опорного катка независимо от других осей имеет упругое соединение с остовом трактора, и балансирного типа, когда оси опорных катков группами с помощью системы рычагов и упругих элементов

объединены в каретки, каждая из которых шарнирно соединена с остовом трактора в точках опор балансирных подвесок. Упругая подвеска дает возможность гусеницам приспособляться к неровностям дороги, и получающиеся при движении трактора толчки смягчаются упругими элементами подвески, обеспечивая высокую плавность хода трактора при движении с повышенной скоростью.

Ведущее колесо приводит в движение гусеничную цепь, что обеспечивает движение трактора. Ведущие колеса классифицируются по типу зацепления с гусеничной цепью, исполнению и числу зубчатых венцов, находящихся в зацеплении с гусеницей.

Гусеничная цепь надежно сцепляется с грунтом и имеет низкое удельное давление на него. Это обеспечивает гусеничным тракторам более высокую проходимость, чем колесным. Гусеничная цепь представляет собой замкнутую металлическую цепь, состоящую из отдельных шарнирно соединенных между собой звеньев. Звенья гусениц могут быть составными (собранными из отдельных штампованных деталей) и цельнолитыми.

Опорные катки являются опорами, по которым перемещается остов трактора по гусеничной цепи. Размеры, число и конструкция опорных катков определяется назначением трактора, конструкцией гусеницы и подвески. Опорные катки выполняются литыми и штампованными, одинарными и двойными, с ребордами и без реборд, с двухопорными и консольными осями, с металлическими или обрезиненными ободьями.

Поддерживающие ролики не позволяют провисать верхней ветви гусеницы. Число поддерживающих роликов, установленных на тракторе, зависит от расстояния между осями ведущего и направляющего колес, т. е. от базы трактора.

Направляющее колесо обеспечивает направление движения гусеничной цепи и ее натяжение. Помимо натяжного приспособления, колесо снабжено еще амортизирующим устройством, которое смягчает удары при наезде трактора на препятствия. Направляющие колеса изготавливаются цельнолитыми или составными.

Натяжение гусеничной цепи регулируют изменением расстояния между осями направляющего и ведущего колес гусеничного движителя путем перемещения направляющего колеса. Применяют два типа натяжных устройств: с ползунами, обеспечивающими поступательное перемещение направляющего колеса, и с кривошипом, позволяющим оси направляющего колеса перемещаться по дуге окружности.

3.2.8 Механизмы управления автомобилями и тракторами

3.2.8.1 Назначение рулевого управления

3.2.8.2 Устройство и принцип работы рулевого управления

с гидроусилителем руля

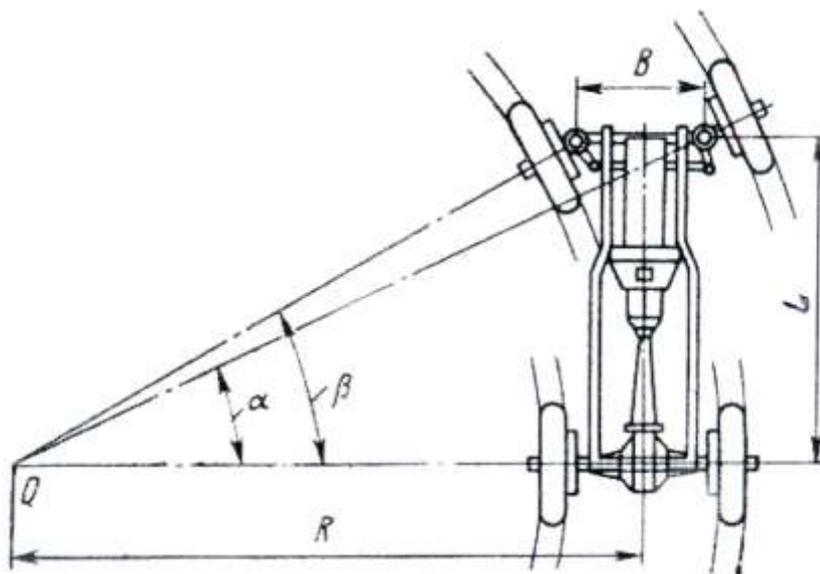
3.2.8.3 Назначение и классификация тормозных систем

3.2.8.4 Тормозные системы с гидравлическим, пневматическим и механическим приводами

3.2.8.1 Назначение рулевого управления

Рулевое управление служит для изменении направления движения автомобиля или колесного трактора. Основным способом изменения направления движения является поворот в горизонтальной плоскости передних направляющих колес относительно задних ведущих колес. Рулевое управление должно быть легким и удобным, обеспечивать правильную кинематику поворота и безопасность движения.

Качение колес на повороте должно происходить без проскальзывания и бокового скольжения. Для этого они должны перемещаться по окружностям, описанным из одного центра поворота O (рисунок 3.95).



O – центр поворота, α, β – углы поворота колес, B – расстояние между цапфами колес, R – радиус поворота, L – расстояние между осями колес

Рисунок 3.95 – Схема поворота автомобиля

Центр поворота представляет собой точку пересечения продолжения осей всех колес. При повороте внешнее колесо по отношению к центру поворота должно быть повернуто на несколько меньший угол, чем внутреннее. В противном случае поворот будет неизбежно сопровождаться боковым проскальзыванием передних колес. Радиус R поворота автомобиля зависит от его базы L и углов поворота колес α и β . Чем меньше база автомобиля или трактора и больше углы поворота колес, тем меньше радиус поворота.

Рулевое управление состоит из *рулевого механизма, рулевого привода и усилителя рулевого управления.*

Рулевой механизм превращает вращательное движение рулевого вала в качательное движение сошки и увеличивает усилие, передаваемое от рулевого колеса к рулевой сошке. Рулевые механизмы бывают шестеренные, червячные, винтовые, реечные и комбинированные. Наиболее распространены червячные рулевые механизмы, обладающие малыми габаритами и большими передаточными числами ($i = 15-40$). Червячные пары выполняют в виде червяка и червячного колеса или сектора, а также в виде глобоидального червяка и двух-, трех-гребневого ролика.

Рулевой привод служит для передачи усилия от рулевого механизма к колесам и для обеспечения правильного взаимного расположения колес при повороте. Рулевой привод может быть механическим и гидравлическим. Гидравлический привод применяется на тракторах, поворот которого осуществляется за счет перемещения полурам (мостов), требующего приложения больших усилий. Механический рулевой привод представляет собой систему тяг и рычагов, образующих шарнирный четырехзвенный механизм, состоящий из передней оси, поперечной рулевой тяги и двух поворотных рычагов, жестко связанных с поворотными цапфами колес.

Усилитель рулевого управления устанавливается для облегчения работы водителя, сокращения времени поворота и снижения усилия на рулевом колесе. Наибольшее распространение получили гидроусилители с независимым питанием и питанием от общей гидросистемы трактора. По конструкции силового элемента гидроусилители могут быть с отдельным силовым цилиндром и с силовым цилиндром, совмещенным с рулевым механизмом.

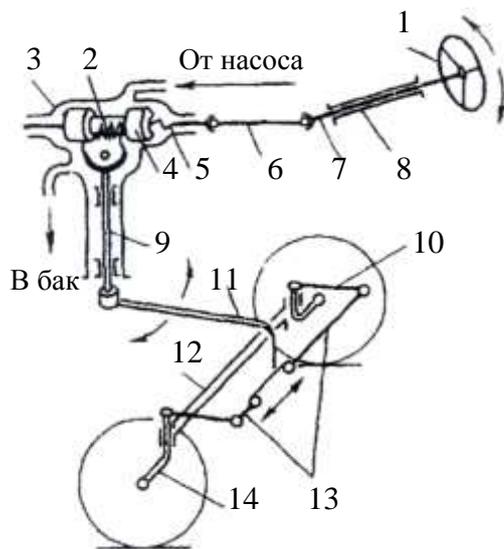
По взаимному расположению рулевого колеса и рулевого механизма различают управления с совмещенными рулевым колесом и рулевым механизмом (Т-150К, ЛТ-157, К-703) или с отдельными. В первом варианте ведущий элемент рулевого механизма установлен на нижнем конце вала рулевого колеса, а во втором – соединен с ним карданной передачей.

3.2.8.2 Устройство и принцип работы рулевого управления с гидроусилителем руля

В целях уменьшения усилия, затрачиваемого на поворот рулевого колеса, смягчения ударов, передающихся на рулевое колесо при наезде управляемых колес на неровности дороги, и повышения безопасности при разрыве шин переднего колеса в конструкцию рулевого управления многих автомобилей и тракторов вводят специальные усилители. Усилители бывают гидравлические и пневматические.

Рассмотрим более подробно устройство и работу рулевого управления с гидроусилителем руля на примере колесного трактора.

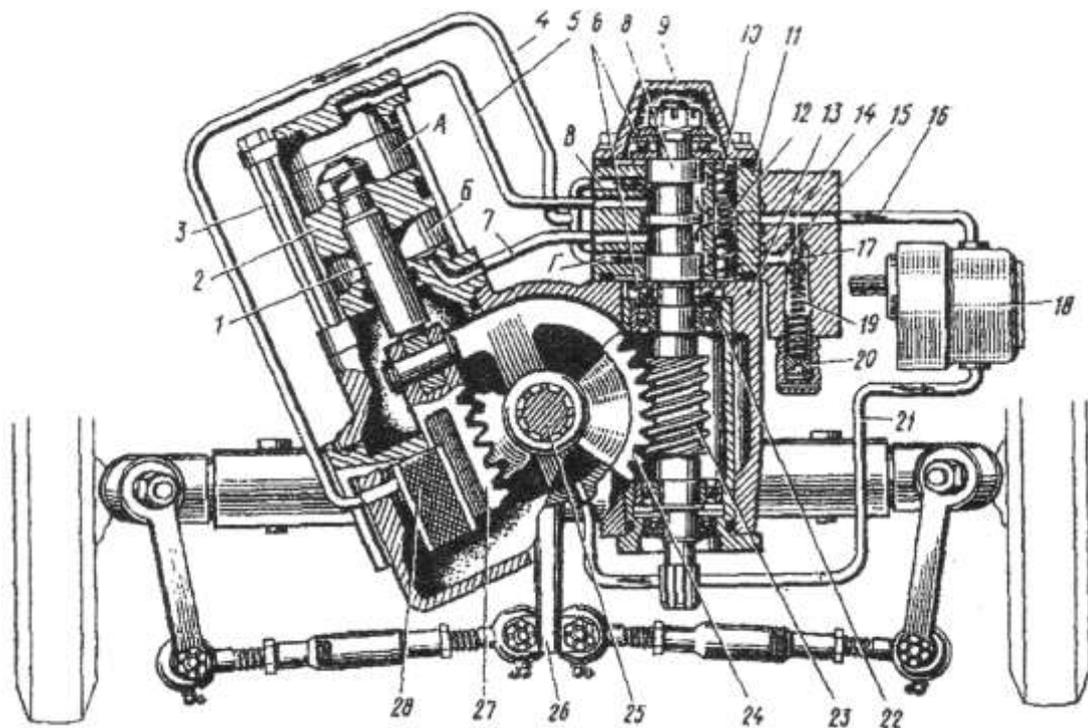
В рулевом управлении с гидроусилителем последний устанавливается, как правило, в рулевом механизме (рисунок 3.96). Движение от рулевого колеса *1* передается сошке *5* через вал *12*, расположенный в колонке *2*, карданную передачу *13*, детали гидроусилителя *10* и поворотный вал *16* сошки. Рулевое колесо и рулевой механизм раздельного типа.



- 1* – рулевое колесо, *2* – зубчатый сектор, *3* – гидроусилитель, *4* – поршень-рейка, *5* – винт гидроусилителя, *6* – карданная передача, *7* – вал рулевого колеса, *8* – рулевая колонка, *9* – поворотный вал сошки, *10* – поворотный рычаг, *11* – сошка, *12* – передняя ось, *13* – поперечная тяга, *14* – цапфа колеса

Рисунок 3.96 – Схема рулевого управления

Рулевой механизм (рисунок 3.97) представляет собой пару червяк 23 – сектор 24. Сектор одновременно находится в зацеплении с рейкой 27, соединенной со штоком 1 силового цилиндра 3 двухстороннего действия.



1 – шток, 2 – поршень, 3 – силовой цилиндр, 4 – сливной трубопровод, 5, 7, 16 – нагнетательные трубопроводы, 6, 22 – подшипники, 8 – золотник, 9 – крышка распределителя, 10 – ползун, 11 – корпус распределителя, 12, 19 – пружины, 13 – корпус гидроусилителя, 14 – нагнетательный канал, 15 – перепускной канал, 17 – предохранительный клапан, 18 – масляный насос, 20 – регулировочная пробка, 21 – всасывающий трубопровод, 23 – червяк, 24 – сектор, 25 – поворотный вал, 26 – рулевая сошка, 27 – рейка, 28 – фильтр

Рисунок 3.97 – Рулевое управление с гидроусилителем

Червяк установлен в эксцентричной втулке на радиальных подшипниках 22, обоймы которых расположены во втулке с некоторым зазором, что позволяет червяку с прикрепленным к нему золотником 8 гидроусилителя перемещаться вдоль своей оси. Во избежание совместного вращения червяка с золотником в последнем имеются упорные подшипники 6. Поворотный вал 25 рулевого механизма расположен вертикально, а на его шлицах закреплены сектор 24 и сошка 26.

Гидроусилитель состоит из насоса 18 с приводом (расположен с правой стороны двигателя), распределителя, резервуара для масла, роль которого выполняет корпус гидроусилителя 13, и силового цилиндра 3. Действием гидроусилителя управляет золотник 8, находящийся в корпусе распределителя 11. При прямолинейном движении трактора золотник занимает нейтральное положение, фиксируемое тремя парами ползунов 10, поджатых пружинами 12. Рабочая жидкость от насоса поступает к центральному пояску золотника и через зазор между пояском золотника и выточкой на корпусе 11 идет к сливным отверстиям В и Г, а затем сливается в корпус гидроусилителя.

При вращении рулевого колеса по часовой стрелке одновременно поворачивается и червяк, причем на него действует осевое усилие от сопротивления колес. При усилении, превышающем усилие пружин 12, оно заставляет червяк перемещаться вместе с золотником к крышке 9. Двигаясь, золотник средним буртом закрывает проход жидкости от насоса в сливное отверстие В, а крайним буртом – ее выход из полости В силового цилиндра в нижнее сливное отверстие Г. При этом противоположный крайний бурт золотника увеличивает сечение для слива жидкости из полости А. Жидкость из средней выточки по сверлению в корпусе и маслопроводе идет в полость В, и под ее давлением поршень 2 перемещается вперед, передавая движение через шток 1 и рейку 27 сектору 24. Сектор вращает вал 25 и сошку 26 влево по ходу трактора, а сошка через рулевую трапецию поворачивает колеса вправо.

При повороте рулевого колеса против часовой стрелки червяк вместе с золотником перемещается назад, и бурты золотника занимают такое положение, при котором жидкость от насоса, пройдя распределитель, поступает в полость А. Поршень 2 вытесняет жидкость из полости В и жидкость сливается в бак. При этом рейка, воздействуя на сектор и сошку, через рулевую трапецию поворачивает трактор влево.

Поворот колес продолжается только до тех пор, пока вращается рулевое колесо. Когда вращение прекращается, золотник под действием пружин ползунов занимает нейтральное положение.

3.2.8.3 Назначение и классификация тормозных систем

Тормоза служат для снижения скорости и быстрой остановки движущегося транспорта, а также для удержания его на месте.

Наличие надежных тормозов позволяет увеличить среднюю скорость движения, а следовательно, и эффективность эксплуатации автомобиля.

К тормозной системе автомобилей предъявляют высокие требования. Она должна обеспечивать возможность быстрого снижения скорости и полной остановки автомобиля в различных условиях движения. При стоянке на дороге с продольным уклоном автомобиль должен надежно удерживаться от самопроизвольного перемещения.

Современные автомобили оборудуются *рабочей, запасной, стояночной* и *вспомогательной* автономными тормозными системами.

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

Запасная тормозная система предназначена для плавного снижения скорости движения или остановки автомобиля в случае полного или частичного выхода из строя рабочей тормозной системы.

Стояночная тормозная система служит для удержания неподвижного автомобиля на горизонтальном участке или уклоне дороги. Эффективность стояночной тормозной системы должна обеспечивать удержание автомобиля на уклоне такой крутизны, которую он может преодолеть на низшей передаче.

Вспомогательная тормозная система предназначена для поддержания постоянной скорости автомобиля при движении его на затяжных спусках горных дорог и регулирования ее самостоятельно или одновременно с рабочей тормозной системой с целью разгрузки тормозных механизмов.

Каждая тормозная система состоит из *тормозных механизмов*, которые обеспечивают затормаживание колес, или вала трансмиссии и *тормозного привода*, приводящего в действие тормозной механизм. По расположению тормозные механизмы подразделяются на колесные и трансмиссионные, по форме вращающихся деталей – на барабанные и дисковые, по форме трущихся поверхностей – на колодочные и ленточные.

На всех автомобилях применяют две независимо действующие тормозные системы: одна управляется педалью (ножной тормоз), а другая – рычагом (ручной тормоз). Ножная педаль автомобиля действует на тормозные механизмы, расположенные на всех колесах, а ручной рычаг дополнительно на тормоза задних колес или на нейтральный трансмиссионный тормоз. Ножной тормоз используется как основной для торможения при движении, а ручной – для затормаживания на стоянке.

Приводы от педали тормоза к тормозным механизмам бывают двух типов – *гидравлический* и *пневматический*, а привод от рычага – *механический*.

Гидравлический привод отличается простотой конструкции и высокой надежностью. Однако для остановки автомобиля с гидравлическим приводом тормозов водитель должен приложить большое усилие. Поэтому гидравлический привод применяют на легковых автомобилях или на грузовых автомобилях и автобусах, полная масса которых не превышает 5–6 т.

На грузовых автомобилях и автобусах с полной массой более 8 т устанавливают *пневматический привод* тормозов, который сложнее и дороже гидравлического, но лишен указанного недостатка. На некоторых моделях автомобилей применяется разновидность пневматического привода пневмогидравлический привод.

Классификация тракторных тормозов производится: по форме трущихся поверхностей – колодочные, ленточные и дисковые; по роду трения – сухие и работающие в масле; по месту их расположения – в трансмиссии или непосредственно в колесах; по типу привода – с механическим, гидравлическим и пневматическим приводом.

Колодочные тормоза надежны и безотказны в работе, обеспечивают достаточную стабильность между тормозным моментом и приводным усилием, позволяют иметь компактный приводной механизм с большим передаточным числом.

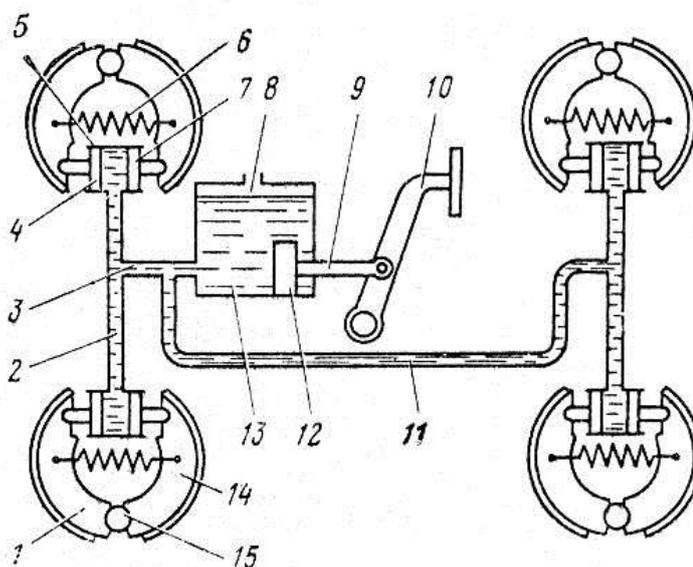
Дисковые тормоза компактны, герметичны, величина их тормозного эффекта не зависит от направления вращения диска.

Ленточные тормоза вследствие простоты конструкции, компактности, обеспечения высокой эффективности действия и простоты обслуживания получили широкое распространение на тракторах. По конструкции и принципу действия ленточные тормоза бывают простого действия, двойного действия и плавающие.

3.2.8.4 Тормозные системы с гидравлическим, пневматическим и механическим приводами

Ножной тормоз с **гидравлическим приводом** (рисунок 3.98) состоит из главного тормозного цилиндра 13, создающего давление жидкости в гидравлической системе привода и сообщаемого с резервуаром 8 для тормозной жидкости; колесных (рабочих) тормозных цилиндров 5, передающих давление тормозной жидкости на тормозные

колодки; соединительных трубопроводов и шлангов. При нажатии на педаль 10 шток 9 перемещает поршень 12, который вытесняет жидкость по трубопроводам 3, 2, 11 к рабочим тормозным цилиндрам 5. Под давлением жидкости поршни 4 и 7 раздвигаются и через опорные стержни передают тормозные усилия колодкам 1 и 14, которые фрикционными накладками прижимаются к тормозному барабану, вызывая торможение колес. При отпуске педали колодки, находящиеся на неподвижной оси 15, под действием стяжных пружин 6 отходят от барабана и возвращают поршни в исходное положение, вытесняя жидкость по трубопроводу обратно в главный тормозной цилиндр. При этом давление в трубопроводах остается избыточным, благодаря чему устраняется возможность проникновения воздуха в систему.



1, 14 – тормозные колодки, 2, 3, 11 – трубопроводы, 4, 7 – колесные поршни, 5 – колесный тормозной цилиндр, 6 – стяжная пружина, 8 – резервуар, 9 – шток, 10 – педаль, 12 – поршень, 13 – главный тормозной цилиндр, 15 – неподвижная ось

Рисунок 3.98 – Схема тормозов с гидравлическим приводом

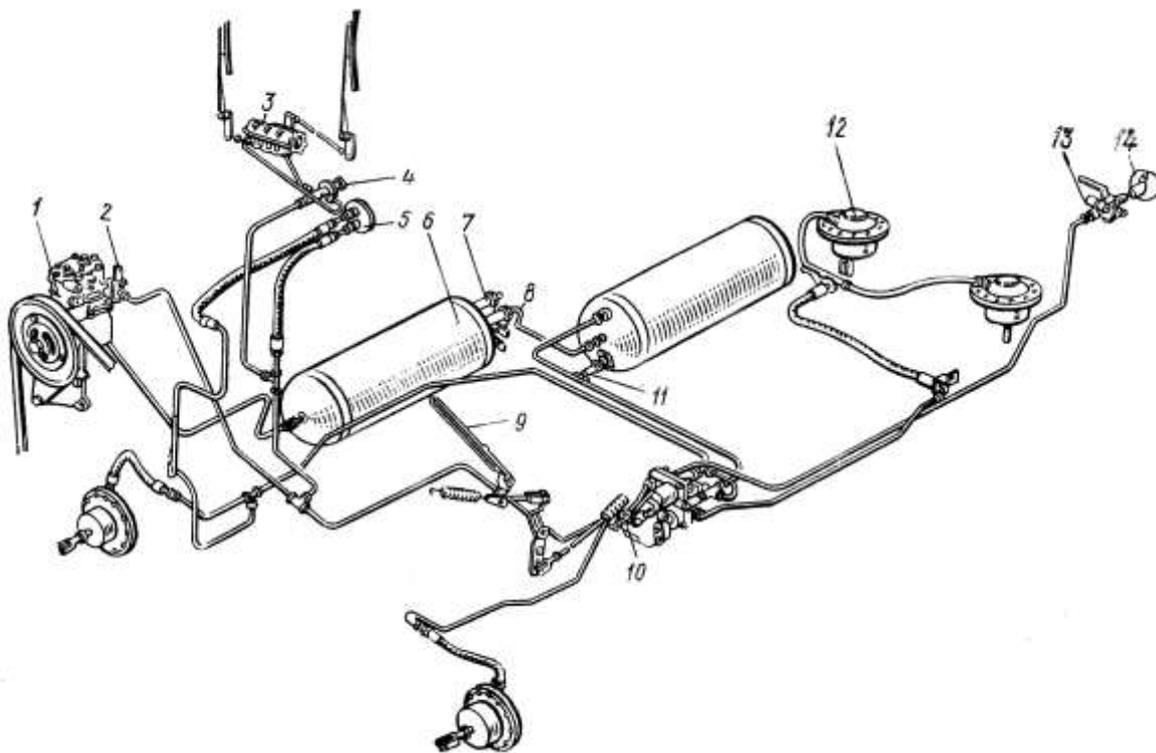
Главный тормозной цилиндр служит для преобразования механического усилия на педали в давление жидкости.

Колесный тормозной цилиндр служит для преобразования давления жидкости в механическое усилие на колодках. Колесные цилиндры бывают двух- и однопоршневые.

Для облегчения торможения автомобиля, оборудованного гидравлическим тормозным приводом, применяют усилители. Усилители бывают вакуумные, гидровакуумные, пневматические, пневмогидравлические и электрические.

Пневматический тормозной привод применяется на автомобилях большой грузоподъемности, автобусах большой вместимости и колесных тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами. Схемы пневматического тормозного привода различаются между собой по числу трубопроводов (одно- или двухпроводные), связывающих автомобиль-тягач с прицепом. В остальном между ними много общего.

В пневматический привод тормозов входят компрессор *1* (рисунок 3.99), баллоны *6*, манометр *5*, тормозной кран *10*, колесные тормозные камеры *12*, педаль *9* тормозов, регулятор давления *2*, предохранительный клапан *7*, кран *8* отбора воздуха, сливной кран *11*, разобщительный кран *13* и соединительная головка *14*.



1 – компрессор, *2* – регулятор давления, *3* – стеклоочиститель,
4 – головка крана управления, *5* – манометр, *6* – баллон,
7 – предохранительный клапан, *8* – кран отбора воздуха, *9* – педаль,
10 – тормозной кран, *11* – сливной кран, *12* – колесные тормозные ка-
 меры, *13* – разобщительный кран, *14* – соединительная головка

Рисунок 3.99 – Схема тормозов с пневматическим приводом

Компрессор *1* нагнетает воздух в баллоны и обеспечивает систему сжатым воздухом. Давление воздуха в системе контролируется по манометру *5*. При нажатии на педаль *9* тормозной кран *10* открывает доступ сжатого воздуха из баллонов *6* в тормозные камеры *12* передних

и задних колес, механизмы которых раздвигают тормозные колодки. Растормаживание производится с помощью стяжных пружин колодок. От воздушной системы тормозов с помощью головки 4 крана управления приводится в действие механизм 3 стеклоочистителя.

Регулятор давления автоматически поддерживает необходимое давление сжатого воздуха в системе путем впуска или выпуска воздуха в разгрузочное устройство компрессора. При достижении давления 0,7–0,74 МПа регулятор отключает подачу воздуха, а при давлении 0,56–0,6 МПа снова включает ее.

Предохранительный клапан служит для предохранения пневматической системы от чрезмерного повышения давления в случае неисправности автоматического регулятора давления.

Воздушные баллоны служат для хранения запаса сжатого воздуха, поступающего из компрессора. В них имеются краны для слива конденсата воды и масла и предохранительный клапан. Для накачки сжатым воздухом шин используется кран отбора воздуха.

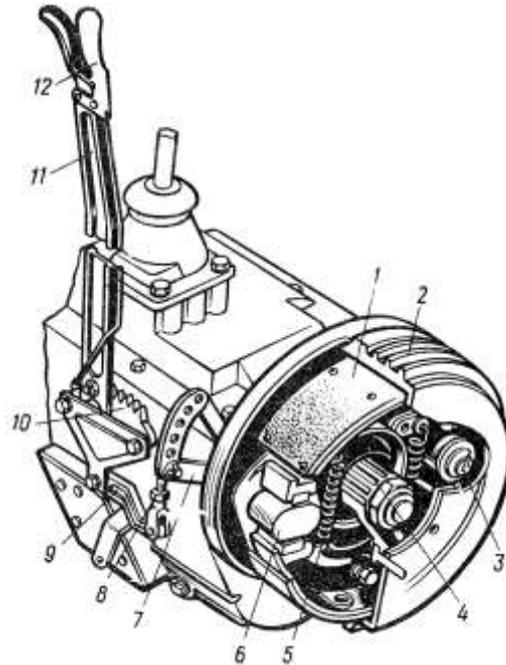
Тормозной кран служит для управления тормозами автомобиля путем регулировки подачи сжатого воздуха из баллонов к тормозным камерам. Тормозной кран также обеспечивает постоянное тормозное усилие при неизменном положении тормозной педали и быстрое растормаживание при прекращении нажатия на педаль.

Механический привод тормозов представляет собой систему тяг и рычагов, соединяющую ножную педаль или ручной рычаг с тормозными механизмами. На современных автомобилях этот вид привода используется только для ручных тормозов. Ручной тормоз может иметь колодочный или ленточный тормозной механизм.

На автомобилях может быть установлен центральный ручной тормоз барабанного типа или ручной тормоз, который действует на те же тормозные колодки задних колес, что и ножной.

Рассмотрим устройство и работу ручного тормоза с механическим приводом на примере автомобиля ЗИЛ-130. Ручной тормоз – барабанно-колодочного типа, установлен на коробке передач. Чугунный тормозной барабан 2 (рисунок 3.100) закреплен на заднем конце вторичного вала 4 коробки передач. Внутри барабана расположены две колодки 1 с фрикционными накладками. Ось 3 колодок закреплена в опорном кронштейне тормоза. Колодки постоянно стягиваются двумя пружинами 5 и раздвигаются при торможении разжимным кулаком 6. Вал кулака установлен в опорном кронштейне. Рычаг 7 вала кулака тягой 8 соединен с рычагом 9 ручного привода. Ручной рычаг 11 снабжен стопорной защелкой, перемещающейся по сектору 10 и

управляемой от рукоятки *12*, что позволяет закрепить рычаг в заторможенном состоянии. Регулировка ручного тормоза осуществляется изменением длины тяги *8* или перестановкой пальца соединительной тяги *8* в отверстиях рычага *7* вала кулака.



1 – колодка, *2* – тормозной барабан, *3* – ось колодки, *4* – вторичный вал коробки передач, *5* – стяжная пружина, *6* – разжимной кулак, *7* – рычаг вала кулака, *8* – тяга, *9* – рычаг ручного привода, *10* – сектор, *11* – ручной рычаг, *12* – рукоятка

Рисунок 3.100 – Ручной трансмиссионный тормоз автомобиля ЗИЛ-130

При перемещении рычага *11* назад механический привод осуществляет поворот разжимного кулака *6*, прижимающего колодки *1* к барабану *2*. При растормаживании стяжные пружины *5* оттягивают колодки от барабана.

В приводе ручного тормоза имеется ушко для присоединения тяги к комбинированному тормозному крану управления системой пневматического привода колесных тормозов.

Подобная конструкция ручного центрального тормоза применяется и на других автомобилях.

4 Тематика практических занятий по теоретической механике

Практическое занятие 1

Связи и их реакции

Основные понятия

В системе тел движение рассматриваемого тела может быть ограничено другими телами. Тела, которые ограничивают движение, называются *связями*.

Между телом и связями возникают **силы**, называемые *реакциями связей*. Реакция связи всегда противоположна тому направлению, по которому связь препятствует движению тела. Рассмотрим некоторые виды связей.

Гибкая нерастяжимая нить. Действие нити заменяем силой натяжения нити \bar{T} , которая направлена вдоль нити (рисунок 4.1): $|\bar{T}| = |\bar{P}|$.

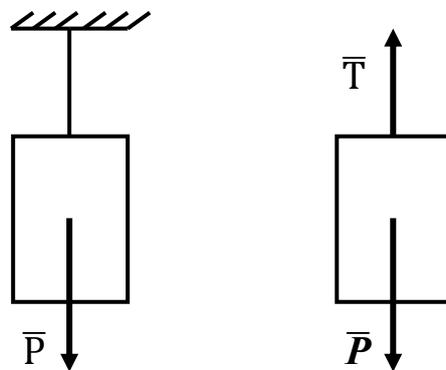


Рисунок 4.1 – Реакция связи в гибкой нерастяжимой нити

Абсолютно гладкая (без трения) поверхность. *Гладкой* называется поверхность, трением тела о которую можно пренебречь. Реакция \bar{N} гладкой поверхности направлена по нормали к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рисунок 4.2). *Нормалью* к поверхности называется перпендикуляр к касательной плоскости, проведенной через точку касания.

Гладкий угол. В точке A реакция \bar{R}_A перпендикулярна поверхности тела. В точке B две реакции \bar{X}_B и \bar{Y}_B , перпендикулярные поверхностям, на которые опирается тело (рисунок 4.3).

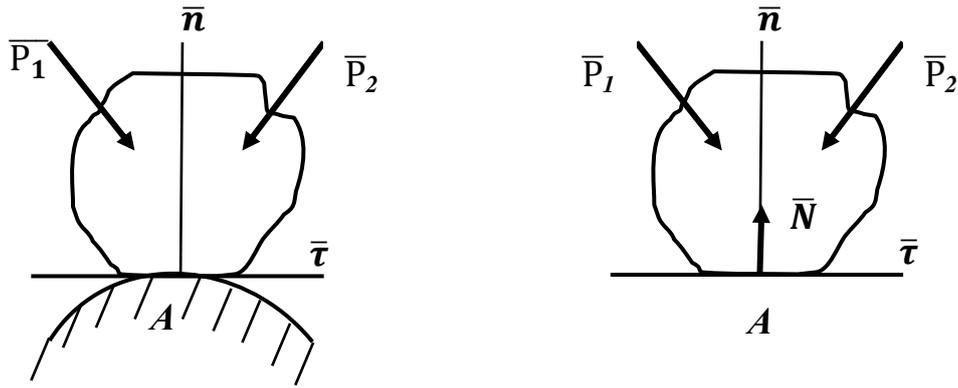


Рисунок 4.2 – Реакция связи на абсолютно гладкой поверхности

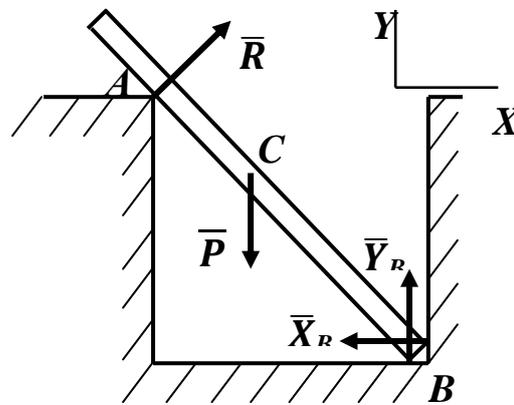


Рисунок 4.3 – Реакция связей в гладких углах

Невесомый стержень с двумя шарнирами. Реакции стержней направлены по линиям шарниров от данного тела в предположении, что эти стержни растягиваются или сжимаются под действием приложенных сил (рисунок 4.4, AA' , BB' , CC' – стержни).

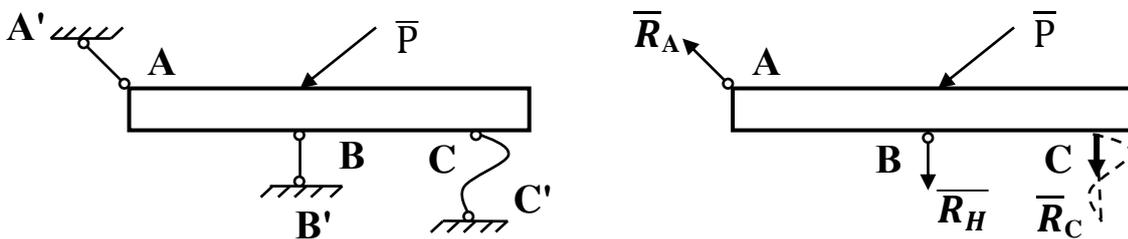


Рисунок 4.4 – Реакции стержней с шарнирами

Цилиндрическая шарнирно-подвижная опора. Реакция шарнирно-подвижной опоры проходит через ось опоры и направлена перпендикулярно к опорной поверхности. На рисунке 4.5 показан пример опоры на катках, свободно перемещающейся по опорной поверхности.

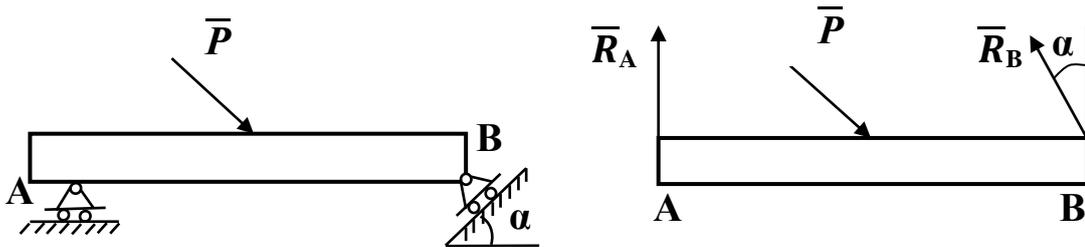


Рисунок 4.5 – Реакции шарнирно-подвижной опоры

Цилиндрическая шарнирно-неподвижная опора. Реакция такой опоры неизвестна, но лежит в плоскости, перпендикулярной к ее оси, и имеет радиальное направление.

Направление реакции \bar{R}_A шарнирно-неподвижной опоры неизвестно, но она приложена в точке A . По аксиоме параллелограмма сил разложим реакцию \bar{R}_A на две составляющие по выбранным осям координат (рисунок 4.6).

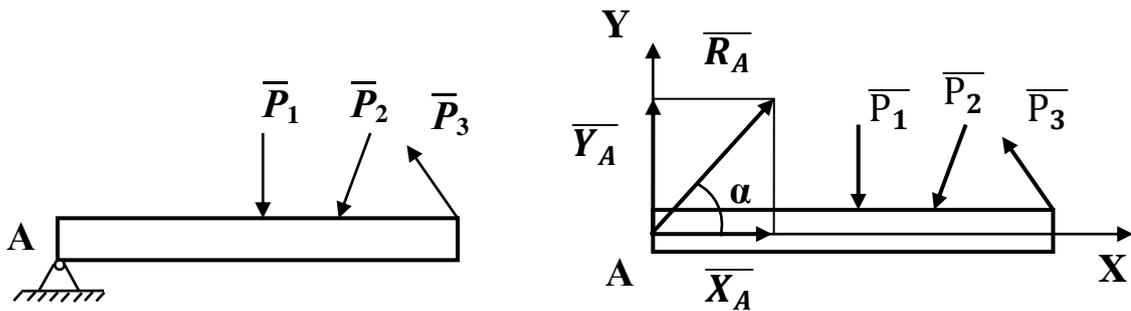


Рисунок 4.6 – Реакции шарнирно-неподвижной опоры

$$\bar{R}_A = \bar{X}_A + \bar{Y}_A.$$

$$\text{Модуль реакции } R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}, \quad \cos \alpha = \frac{X_A}{R_A}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_A}{X_A}.$$

Примером данного вида связи могут служить: два тела, соединенные болтом через отверстия в этих телах; палец внутри жестко закрепленной втулки; дверные петли; оконные завесы.

Сферический шарнир. неподвижным остается только геометрический центр A шарнира. Через него проходит линия действия силы реакции, которая может иметь любое направление в пространстве. Направление реакции \bar{R}_A сферического шарнира может быть любое в зависимости от активных сил. Реакцию \bar{R}_A раскладываем по трем выбранным взаимно перпендикулярным осям X, Y, Z (рисунок 4.7).

$$\bar{R}_A = \bar{X}_A + \bar{Y}_A + \bar{Z}_A.$$

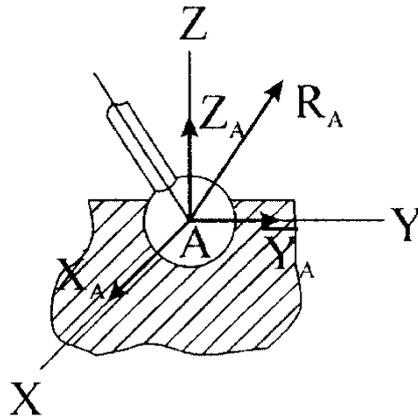


Рисунок 4.7 – Реакции опоры сферического шарнира

Модуль реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

Углы с осями координат $\cos(\widehat{x, \overline{R_A}}) = \frac{X_A}{R_A}$, $\cos(\widehat{y, \overline{R_A}}) = \frac{Y_A}{R_A}$,
 $\cos(\widehat{z, \overline{R_A}}) = \frac{Z_A}{R_A}$.

Примером данного вида связи может служить рычаг переключения коробки передач.

Подпятник. Подпятник представляет собой соединение цилиндрического шарнира с опорной плоскостью. Такая связь позволяет вращаться валу (цилиндру) вокруг его оси и перемещаться вдоль нее, но только в одном направлении. Реакция подпятника складывается из реакции цилиндрического подшипника, лежащей в плоскости, перпендикулярной к его оси (в общем случае она может быть разложена на составляющие $\overline{X_A}$ и $\overline{Y_A}$ и нормальной реакции $\overline{Z_A}$ опорной плоскости (рисунок 4.8).

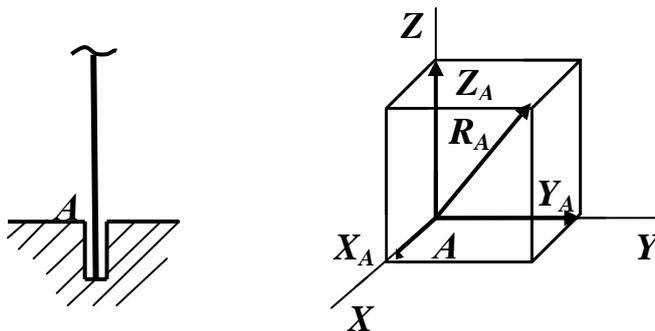


Рисунок 4.8 – Реакции подпятника

Реакция $\overline{R_A}$ проходит через точку A в любом направлении в зависимости от активных сил. Реакцию $\overline{R_A}$ раскладываем по трем взаимно перпендикулярным осям.

$$\bar{R}_A = \bar{X}_A + \bar{Y}_A + \bar{Z}_A.$$

Модуль реакции и углы с осями: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$,

$$\cos(\widehat{x, \bar{R}_A}) = \frac{X_A}{R_A}, \cos(\widehat{y, \bar{R}_A}) = \frac{Y_A}{R_A}, \cos(\widehat{z, \bar{R}_A}) = \frac{Z_A}{R_A}.$$

Глухая заделка или защемление. Так называется связь, ограничивающая любые перемещения тела. В жесткой заделке в точке A появляется целая система сил реакций, которую обычно представляют в виде одной силы \bar{R}_A (сила реакции жесткой заделки) и одной пары сил с моментом M_A (реактивный момент), направление которых неизвестно.

Тело не может свободно перемещаться в направлении этих сил и не может поворачиваться вокруг точки A .

Силу реакции жесткой заделки \bar{R}_A раскладываем по выбранным осям на составляющие \bar{Y}_A и \bar{X}_A , а направление момента M_A выбираем против хода часовой стрелки (рисунок 4.9).

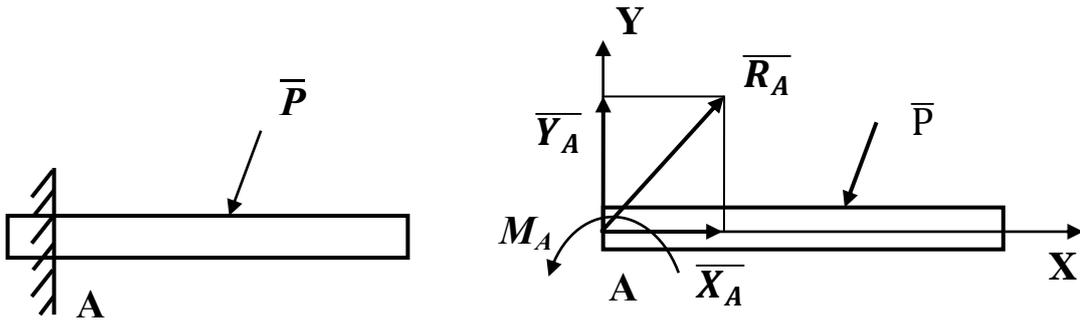


Рисунок 4.9 – Реакции глухой заделки или защемления

$$\bar{R}_A = \bar{X}_A + \bar{Y}_A .$$

Модуль реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

Угол реакции с осью X : $\cos(\widehat{x, \bar{R}_A}) = \frac{X_A}{R_A}, \operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_A}{X_A}$.

Пример – Гвоздь, забитый в стену; трамплин для прыжков в воду.

Если направление реакций точно неизвестно, то направляем их в сторону положительного направления осей. Если при решении задачи соответствующая реакция получится со знаком минус, то это означает, что она направлена в действительности противоположно принятому первоначально направлению.

Задача

4.1 На середину балки AB действует сила P (рисунок 4.10). В точке A балка имеет шарнирно-неподвижную опору, а в точке B – шарнирно-подвижную.

Определить линию действия реакции в точке A .

Пример решения задачи:

Реакция \bar{R}_B шарнирно-неподвижной опоры перпендикулярна опорной поверхности и пересекается с линией действия силы P в точке C . По теореме о трех непараллельных силах* реакция опоры A должна пройти через эту точку:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{CD}{AD}, \quad CD = l \cdot \operatorname{tg} 30^\circ, \quad AD = l, \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{l \cdot \operatorname{tg} 30^\circ}{l} = \operatorname{tg} 30^\circ, \quad \alpha = 30^\circ. \end{aligned}$$

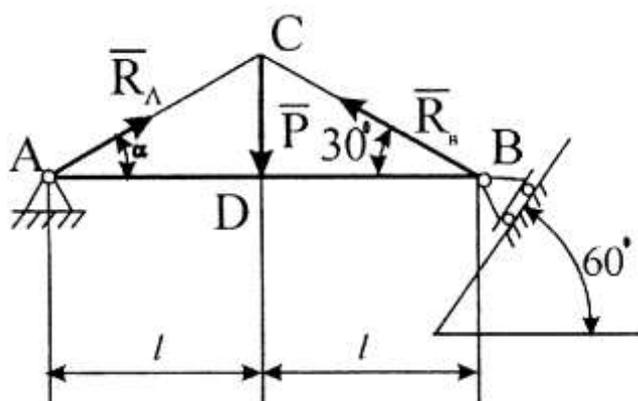


Рисунок 4.10 – Схема расстановки сил к задаче 4.1

Ответ: Реакция \bar{R}_A образует угол 30° с осью балки AB .

* *Теорема о трех непараллельных силах.* Если твердое тело под действием трех непараллельных сил, две из которых пересекаются, находится в равновесии, то линии их действия пересекаются в одной точке.

Литература

1 Тульев, В. Д. Теоретическая механика : Статика. Кинематика : учеб. пособие / В. Д. Тульев. – Мн. : Книжный Дом, 2004. – С. 7—10.

2 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 9—10.

Практическое занятие 2

Определение реакций в шарнирах навески лесохозяйственных орудий

Основные понятия

Уравнения равновесия произвольной плоской системы сил могут быть представлены в трех формах. Первая, основная форма этих уравнений, приведена ниже:

$$\begin{cases} \sum P_{ix} = 0; \\ \sum P_{iy} = 0; \\ \sum M_0 = 0. \end{cases}$$

Два из этих уравнений представляют собой равенство нулю алгебраической суммы проекций всех сил системы на две произвольные координатные оси, а последнее уравнение выражает равенство нулю суммы моментов всех сил относительно выбранной точки.

Для решения задач можно пользоваться и другими формами. Так как при равновесии твердого тела сумма моментов всех приложенных к нему сил относительно любой точки равна нулю, то можно, выбрав три произвольные точки A , B , C и приравняв к нулю сумму моментов относительно каждой из них, получить три следующих уравнения равновесия:

$$\begin{cases} \sum M_A = 0; \\ \sum M_B = 0; \\ \sum M_C = 0. \end{cases}$$

Это вторая форма уравнений равновесия. Три точки A , B , C нужно выбирать так, чтобы они не лежали на одной прямой. Если это условие не будет выполнено, то одно из трех уравнений равновесия окажется следствием двух остальных и мы получим только два независимых уравнения.

Третья форма уравнений равновесия записывается в виде равенства нулю суммы моментов относительно двух произвольных точек A и B и суммы проекций на некоторую ось:

$$\begin{cases} \sum M_A = 0; \\ \sum M_B = 0; \\ \sum P_{ix} = 0. \end{cases}$$

В этом случае необходимо, чтобы ось x не была перпендикулярной к линии, соединяющей точки A и B , иначе система сил может иметь равнодействующую, не равную нулю, которая, действуя по направлению AB , спроектируется на ось x в точку.

Задачи

4.2 Имеется равновесная плоская система сходящихся сил по схеме (рисунок 4.11, а) под действием внешних сил – сил веса грузов P_1 и P_2 и реакций связей. $P_1 = 70$ кН; $P_2 = 100$ кН.

Определить реакции стержней AC и BC , удерживающих грузы. Массой стержней (в данном случае лучше говорить о силе их собственного веса) пренебречь.

Решение задачи

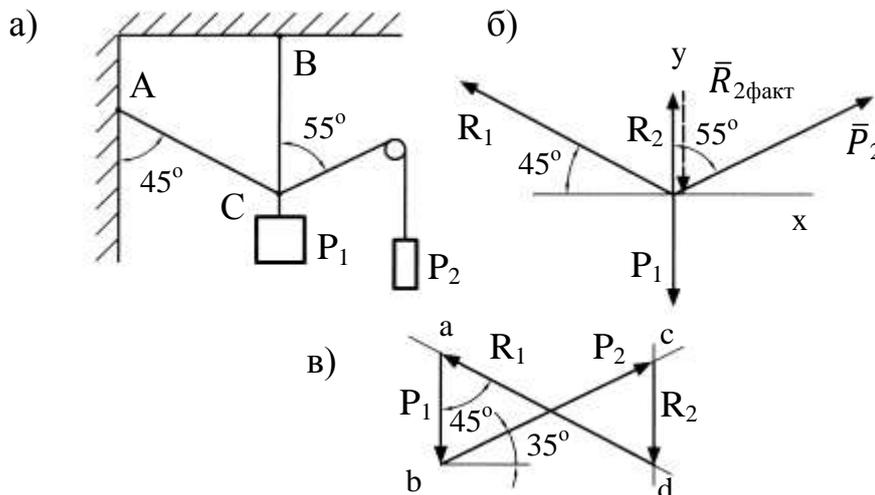


Рисунок 4.11 – Схема уравновешенной плоской системы

В подобных схемах стержни принято считать растянутыми, поэтому реакции стержней в точке C следует направить от шарнира (т. е. от т. C) (рисунок 4.11, б). Для составления уравнений равновесия предварительно освобождаем шарнир C от связей и изображаем действующие на него активные силы P_1 и P_2 и реакции связей R_1 и R_2 .

Выбираем систему координат X и Y и составляем уравнение равновесия для системы сил, действующих на шарнир C .

В качестве уравнений равновесия приравняем к нулю суммы проекций всех сил соответственно на ось X и Y .

$$\sum P_x = 0; \quad \sum P_x = -R_{1x} + P_{2x} = 0;$$

$$\Sigma P_X = -R_1 \cdot \cos 45^\circ + P_2 \cdot \cos (90^\circ - 55^\circ) = 0; \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_Y &= 0; & \Sigma P_Y &= R_{1Y} + R_2 + P_{2Y} - P_1 = 0; \\ \Sigma P_Y &= R_1 \cdot \cos 45^\circ + R_2 + P_2 \cdot \cos 55^\circ - P_1 = 0. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Из уравнения (4.1) находим R_1 :

$$R_1 = \frac{P_2 \cdot \cos 35^\circ}{\cos 45^\circ}, \text{ кН} \quad (4.3)$$

$$R_1 = \frac{100 \cdot 0,819}{0,707} = 115,84 \text{ кН.}$$

Подставляем найденное значение R_1 в уравнение (4.2):

$$\begin{aligned} R_2 &= P_1 - P_2 \cdot \cos 55^\circ - R_1 \cdot \cos 45^\circ, \text{ кН} \\ R_2 &= 70 - 100 \cdot 0,574 - 115,84 \cdot 0,707 = -69,3 \text{ кН.} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Знак «−» перед значением R_2 указывает на то, что первоначально выбранное направление реакции неверное – следует направить реакцию R_2 в противоположную сторону, т. е. к шарниру C (см. пунктир на рисунке 4.11, б).

Эту же задачу можно решить графически путем построения силового многоугольника (рисунок 4.11, в).

Принимаем масштаб построения $\mu_{сил} = 4 \text{ кН/мм}$ и откладываем известные силы P_1 и P_2 параллельно заданным направлениям их действия путем последовательного построения: $ab = 70 : 4 = 17,5 \text{ мм}$ и $bc = 100 : 4 = 25 \text{ мм}$.

Система рассматриваемых сил находится в равновесии, следовательно, силовой многоугольник получается замкнутым.

Измеряем размеры сторон и умножаем на масштаб. Тогда

$$R_1 = da \quad \mu_{сил} = 29 - 4 = 116 \text{ кН,}$$

$$R_2 = cd \quad \mu_{сил} = 17,5 - 4 = 70 \text{ кН.}$$

С учетом точности построения получаем результат, близкий к значениям сил, вычисленным аналитически.

Аналитический и графический методы дополняют друг друга и могут служить для проверки правильности решения.

4.3 Прицепным культиватором весом $G = 0,5 \text{ кН}$ производится обработка почвы (рисунок 4.12). Расстояние от поверхности почвы до точки пересечения реакции почвы ($S = 1 \text{ кН}$) с грудью стрелчатой

лапы $a = 0,1$ м. Угол наклона реакции почвы к горизонту $\beta = 30^\circ$. Копирование рельефа и ограничение глубины культивации обеспечивается опорным колесом. Коэффициент сопротивления перекачиванию колеса $f = 0,2$. Расстояние между осью опорного колеса и осью шарнира крепления культиватора к трактору $c = 1,2$ м. Для решения задачи необходимо знать расстояния l , h , b , которые соответственно равны $1,4$; $0,5$; $0,5$ м.

Определить: реакцию в шарнире A (её величину, направление и угол наклона); нормальную реакцию почвы на опорное колесо; сопротивление опорного колеса перекачиванию.

Пример решения задачи:

Рассмотрим равновесие культиватора под действием приложенных сил и реакций связей.

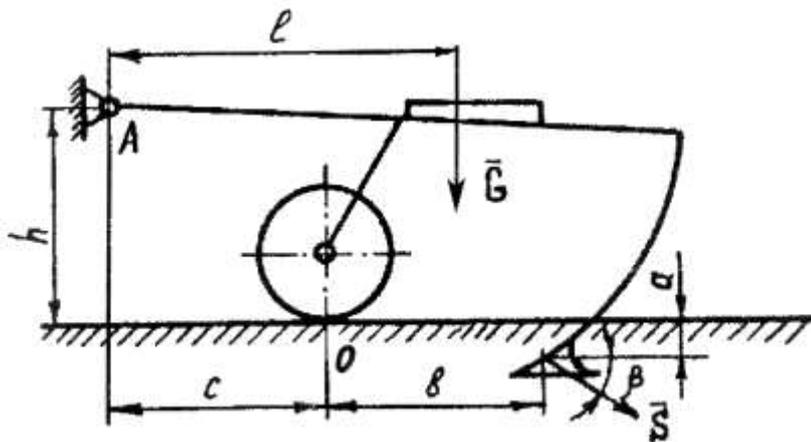


Рисунок 4.12 – Схема прицепа культиватора

Воспользуемся пятой аксиомой статики, которая гласит, что не изменяя равновесия (или движения) тела или системы тел, каждую связь, наложенную на систему, можно отбросить, заменив ее действием сил, совпадающих с реакциями отброшенной связи. Заменим связи их реакциями (рисунок 4.13).

Из рисунка 4.13 видно, что мы имеем систему сил, произвольно расположенных в плоскости, поэтому для решения задачи необходимо применить все три уравнения равновесия.

Выбираем прямоугольную систему координатных осей с центром в точке A .

Шарнирно-неподвижная опора A допускает поворот вокруг оси шарнира, но не позволяет производить никаких линейных перемещений. В данном случае известна только точка приложения опорной реакции – центр шарнира, направление и величина опорной реакции

неизвестны. Для нахождения реакции \bar{R}_A разложим ее на две составляющие \bar{X}_A и \bar{Y}_A .

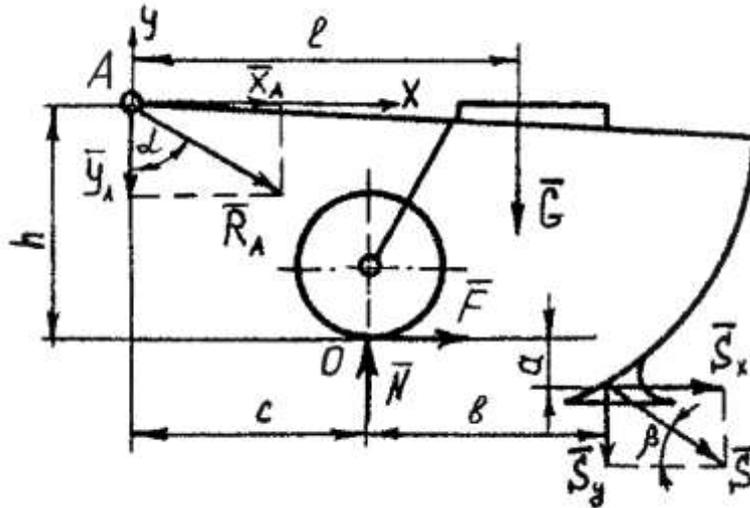


Рисунок 4.13 – Расположение приложенных сил и реакций связей

Составим уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \Sigma P_{ix} &= 0, \\ \Sigma P_{ix} &= X_A + F + S_x = 0; \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{iy} &= 0, \\ \Sigma P_{iy} &= N - Y_A - G - S_y = 0. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Целесообразно сумму моментов взять относительно точки A , так как в этом случае исключаются две неизвестные величины \bar{X}_A и \bar{Y}_A .

Реакцию почвы также можно разложить на две составляющие:

$$S_x = S \cdot \cos \beta \text{ и } S_y = S \cdot \sin \beta.$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0, \\ \Sigma M_A &= -G \cdot l + N \cdot c + S_x \cdot (a + h) - S_y \cdot (c + b) + F \cdot h = 0. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Сила сопротивления перекачиванию опорного колеса F связана с нормальной реакцией почвы N следующим соотношением:

$$F = f \cdot N. \quad (4.8)$$

Подставив зависимость (4.8) в уравнение (4.7) можно найти реакцию почвы на опорное колесо:

$$N = \frac{G \cdot l - S_x \cdot (a + h) + S_y \cdot (c + b)}{c + f \cdot h} = \frac{G \cdot l - S \cdot \cos \beta \cdot (a + h) + S \cdot \sin \beta \cdot (c + b)}{c + f \cdot h}.$$

После подстановки численных значений символов получим:

$$N = \frac{0,5 \cdot 1,4 - 1 \cdot \cos 30^\circ \cdot (0,1 + 0,5) + 1 \cdot \sin 30^\circ \cdot (1,2 + 0,5)}{1,2 + 0,2 \cdot 0,5} = \frac{1,03}{1,3} = 0,79 \text{ кН.}$$

Определив реакцию почвы из выражения (4.8) находим силу сопротивления перекачиванию опорного колеса:

$$\begin{aligned} F &= 0,2 \cdot N, \text{ кН}; \\ F &= 0,2 \cdot 0,79 = 0,16 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Из уравнения равновесия (4.6) получим вертикальную составляющую реакции в шарнире:

$$\begin{aligned} Y_A &= N - G - S_y = N - G - S \cdot \sin \beta, \text{ кН}; \\ Y_A &= 0,79 - 0,5 - 1 \cdot \sin 30^\circ = -0,21 \text{ кН}. \end{aligned}$$

А из уравнения (4.5) ее горизонтальную составляющую:

$$\begin{aligned} X_A &= -F - S_x = -F - S \cdot \cos \beta, \text{ кН}; \\ X_A &= -0,16 - 1 \cdot \cos 30^\circ = -1,03 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Найденные величины составляющих реакции в шарнире A имеют отрицательные значения. Это означает, что при составлении расчетной схемы их направление было выбрано неверно (в противоположную сторону).

В заключение найдем реакцию в шарнире и угол ее наклона к вертикали.

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}, \text{ кН} \quad (4.10)$$

$$R_A = \sqrt{(-1,03)^2 + (-0,21)^2} = 1,05 \text{ кН}.$$

Угол наклона к вертикали реакции в шарнире A определяется из формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_A}{X_A} \quad (4.11)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left| \frac{Y_A}{X_A} \right|, \text{ град.} \quad (4.12)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left| \frac{-0,21}{-1,03} \right| = 11,5^\circ.$$

Проверка решения задачи

Для проверки правильности вычислений используем одно из уравнений статики, которое не было использовано при решении задачи. Например, уравнение алгебраической суммы моментов относительно точки соприкосновения опорного колеса с почвой.

$$\Sigma M_0 = 0;$$

$$\Sigma M_0 = Y_A \cdot c - X_A \cdot h - G \cdot (l - c) + S_x \cdot a - S_y \cdot b = 0;$$

$$\Sigma M_0 = (-0,21) \cdot 1,2 - (-1,03) \cdot 0,5 - 0,5 \cdot (1,4 - 1,2) + 1 \cdot 0,866 \cdot 0,1 -$$

$$- 1 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,0004 \approx 0 \text{ кН}.$$

Как следует из проверки, задача решена правильно.

Для самостоятельной работы студентов разработаны три расчетных схемы (задачи 4.4, 4.5, 4.6), каждая из которых имеет десять вариантов исходных данных.

4.4 Роторный траншейный экскаватор (рисунок 4.14) прокладывает траншею глубиной h_1 . Ротор весом G и радиусом R крепится к шарнирно-неподвижной опоре A и опирается на дно траншеи через колесо B . Коэффициент сопротивления перекачиванию колеса $f = 0,2$. Сила реакции грунта представлена в виде двух составляющих: A_k – радиальной и P_k – тангенциальной. φ – угол наклона радиальной составляющей к горизонту.

Требуется определить: реакцию в шарнире A (ее величину, направление и угол наклона к горизонту); нормальную реакцию грунта на опорное колесо; сопротивление опорного колеса перекачиванию.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.1.

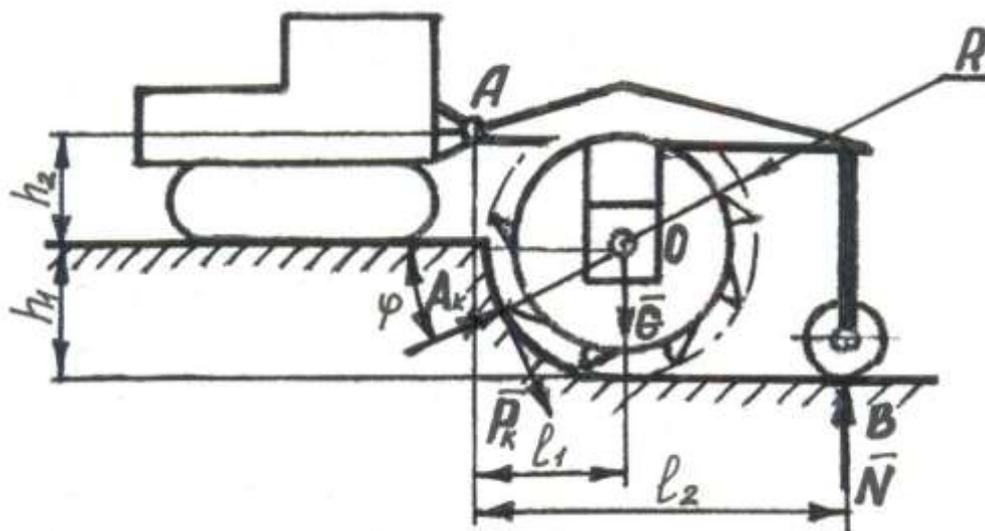


Рисунок 4.14 – Расчетная схема к задаче 4.4

Таблица 4.1 – Исходные данные для решения задачи 4.4

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $A_k, \text{кН}$ | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 0,35 | 0,45 | 0,55 |
| $P_k, \text{кН}$ | 0,55 | 0,70 | 0,90 | 0,35 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 0,50 | 0,65 |
| $G, \text{кН}$ | 15 | 17 | 19 | 20 | 22 | 24 | 26 | 16 | 18 | 21 |
| $\varphi, ^\circ$ | 33 | 47 | 52 | 38 | 42 | 55 | 35 | 45 | 57 | 50 |
| $R, \text{м}$ | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 1,5 | 1,7 | 1,9 |
| $h_1, \text{м}$ | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| $h_2, \text{м}$ | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,4 | 1,7 | 1,1 | 1,0 | 1,3 |
| $l_1, \text{м}$ | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 1,9 | 2,2 | 2,6 |
| $l_2, \text{м}$ | 5,2 | 5,8 | 6,3 | 6,7 | 7,2 | 7,7 | 8,0 | 6,1 | 6,8 | 7,5 |

4.5 Прицепным культиватором (рисунок 4.15) весом G_k производится обработка почвы на участке, имеющем угол наклона к горизонту α . Расстояние от точки пересечения реакций почвы S_1 и S_2 с рабочими поверхностями стрелчатых лап первого и второго ряда обозначено, как a . β – угол наклона реакций почвы к горизонту. Копирование рельефа и ограничение глубины культивации обеспечивается опорным колесом. Коэффициент сопротивления перекачиванию колеса $f = 0,2$.

Требуется определить: реакцию в шарнире A (ее величину, направление и угол наклона к горизонту); нормальную реакцию грунта на опорное колесо; сопротивление опорного колеса перекачиванию.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.2.

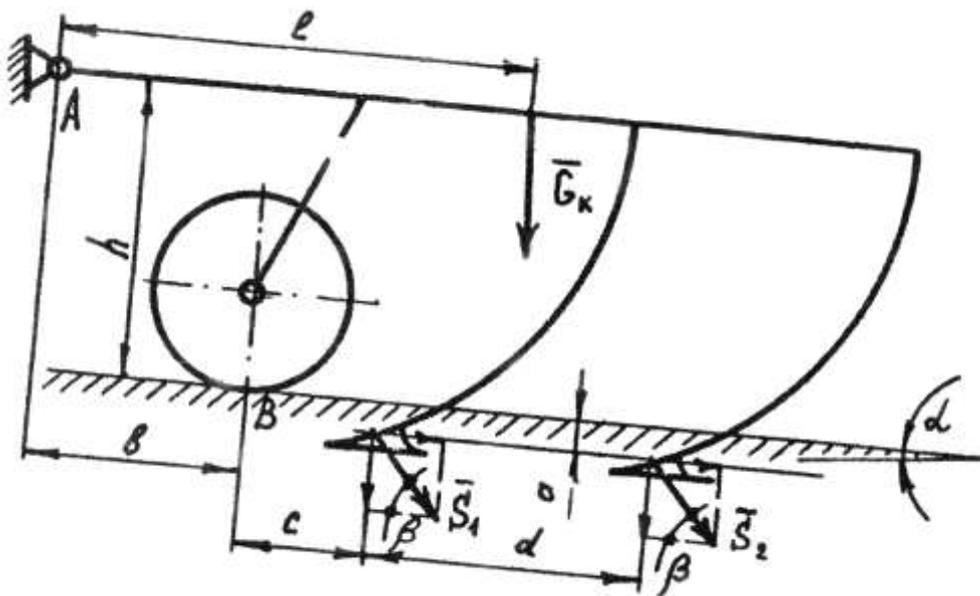


Рисунок 4.15 – Расчетная схема к задаче 4.5

Таблица 4.2 – Исходные данные для решения задачи 4.5

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_k , кН | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 4,0 | 8,0 | 10,0 | 5,5 | 7,5 |
| S_1 , кН | 3 | 5 | 7 | 10 | 25 | 15 | 21 | 19 | 8 | 6 |
| S_2 , кН | 6 | 4 | 9 | 18 | 19 | 12 | 15 | 13 | 7 | 5 |
| α , ° | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 3 | 4 | 5 |
| β , ° | 15 | 20 | 25 | 30 | 17 | 23 | 27 | 32 | 38 | 16 |
| h , м | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 0,75 | 0,60 | 0,65 | 0,85 | 0,95 | 1,00 | 0,73 |
| b , м | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,0 | 1,3 |
| c , м | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| d , м | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,42 | 0,53 | 0,62 | 0,47 |
| a , м | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 |
| l , м | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,1 |

4.6 Прицепным культиватором (рисунок 4.16) весом G_k производится обработка почвы на участке, имеющем угол наклона к горизонту α . Расстояние от поверхности почвы до точек пересечения реакций почвы S_1 и S_2 с рабочими поверхностями стрелчатых лап первого и второго ряда равно a . Угол наклона реакций почвы S_1 и S_2 к горизонту равен β . Копирование рельефа и ограничение глубины культивации обеспечивается наличием опорной пяты C и балластного ящика, вес которого $G_{бал}$ препятствует выглублению стрелчатых лап из почвы. Коэффициент сопротивления перемещения опорной пяты $f = 0,35$.

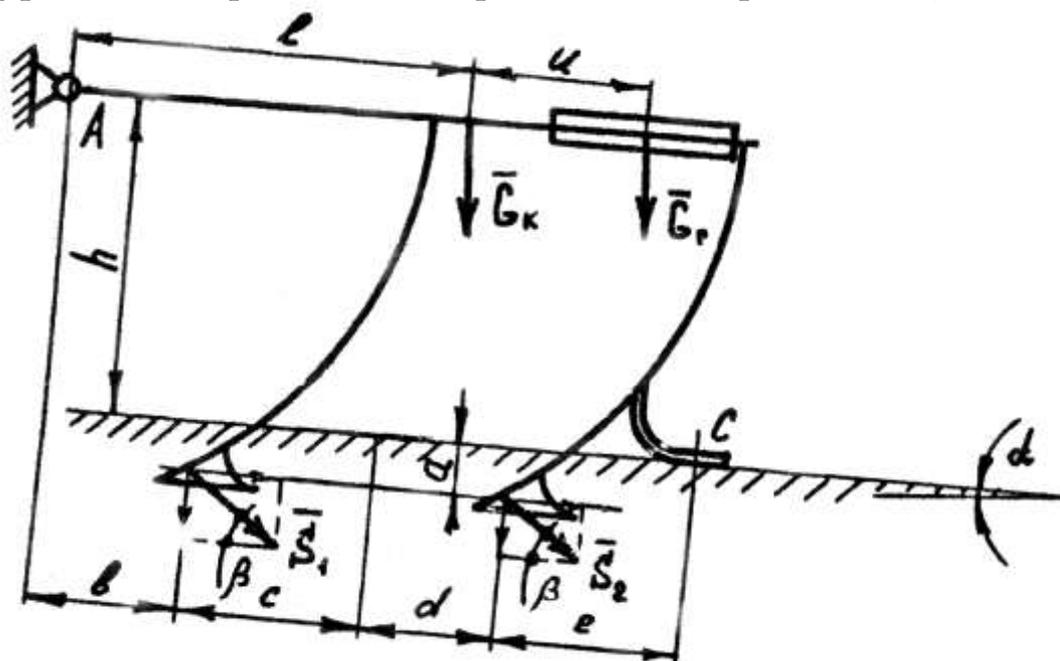


Рисунок 4.16 – Расчетная схема к задаче 4.6

Требуется определить: реакцию в шарнире A (ее величину, направление и угол наклона к горизонту); нормальную реакцию почвы на опорную пятю; сопротивление опорной пятю перекачиванию.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные для решения задачи 4.6

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_k , кН | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 8 | 11 | 12 |
| G_r , кН | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| S_1 , кН | 8 | 10 | 18 | 20 | 25 | 16 | 15 | 11 | 22 | 13 |
| S_2 , кН | 5 | 7 | 13 | 15 | 19 | 18 | 8 | 7 | 17 | 16 |
| α , ° | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 5 | 11 | 3 | 4 |
| β , ° | 28 | 26 | 10 | 14 | 15 | 32 | 18 | 25 | 22 | 18 |
| h , м | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 |
| b , м | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 0,9 | 0,8 |
| c , м | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| d , м | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,45 | 0,55 | 0,80 | 0,85 |
| e , м | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,30 | 0,35 |
| l , м | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,6 | 2,0 | 2,1 | 1,0 |
| u , м | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| a , м | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,09 | 0,11 |

Литература

1 Тульев, В. Д. Теоретическая механика : Статика. Кинематика : учеб. пособие / В. Д. Тульев. – Мн. : Книжный Дом, 2004. – С. 7—10.

2 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 9—10.

3 Чайка, О. Р. Механизация лесохозяйственных работ с основами технической механики : метод. указания к практ. занятиям / О. Р. Чайка. – Брянск : БТИ, 1988. – С. 4—18.

4 Варывдин, В. В. Основы технической механики : лекции для студентов-заочников / В. В. Варывдин, А. Н. Заикин, А. А. Тюрева. – Брянск : БГИТА, 1998. – С. 12—14.

Практическое занятие 3

Расчет устойчивости лесохозяйственных машин

Основные понятия

Устойчивость – один из важнейших критериев оценки совершенства компоновки машин. Она обеспечивает безопасную работу агрегатов и оказывает существенное влияние на их надежность и долговечность.

Для лесохозяйственных машин расчет устойчивости особенно важен, так как они предназначены для работы на объектах с большими микронеровностями, а также на овражно-балочных и горных склонах.

Способность тела сопротивляться всякому, хотя бы малому нарушению его равновесия называется *статической устойчивостью тела*.

Произведение веса тела на его плечо относительно возможной оси вращения тела, называется *моментом устойчивости тела* $M_{уст}$.

Произведение модуля опрокидывающей силы на ее плечо относительно возможной оси вращения тела, называется *опрокидывающим моментом* $M_{опр}$.

Для статической устойчивости тела необходимо, чтобы момент устойчивости тела был больше опрокидывающего момента $M_{уст} > M_{опр}$. Отношение момента устойчивости к опрокидывающему моменту называется коэффициентом устойчивости $k_{уст}$. Устойчивость машин или сооружений обеспечивается, если коэффициент больше единицы. Обычно значение коэффициента устойчивости $k_{уст}$ заключается в интервале от 1,5 до 2.

Задачи

4.7 Колесный трактор весом $G_T = 28$ кН перемещает однокорпусной плуг в транспортном положении (рисунок 4.17). Веса рамы и корпуса плуга составляют соответственно $G_P = 2$ кН и $G_K = 3$ кН. Площадка, на которой находится трактор, имеет угол наклона к горизонту равный $\alpha = 6^\circ$. Расстояния от опорной поверхности до центров тяжести трактора, рамы и корпуса плуга соответственно равны $h_T = 1,5$ м, $h_P = 1,3$ м, $h_K = 1,8$ м. Расстояния между возможной осью опрокидывания трактора и центрами тяжести трактора и рамы плуга равны $a_T = 1,2$ м и $a_P = 1,8$ м. Расстояние между центрами тяжести рамы и корпуса равно $b = 1$ м. Минимально допустимое значение коэффициента устойчивости $k = 2,0$.

Определить: коэффициент устойчивости; сделать вывод о возможности агрегатирования орудия с трактором.

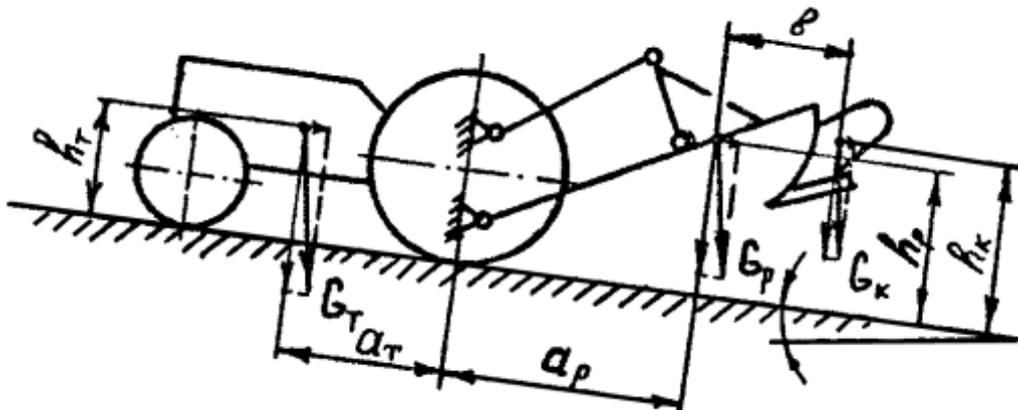


Рисунок 4.17 – Расчетная схема колесного трактора, агрегатированного с плугом

Пример решения задачи:

Момент устойчивости трактора равен сумме моментов относительно точки соприкосновения заднего колеса трактора с опорной поверхностью вертикальной и горизонтальной составляющих веса трактора.

$$M_{уст} = -G_{mx} \cdot h_m + G_{my} \cdot a_m = -G_m \cdot \sin \alpha \cdot h_m + G_m \cdot \cos \alpha \cdot a_m = G_m \cdot (-h_m \cdot \sin \alpha + a_m \cdot \cos \alpha).$$

Веса рамы и корпуса плуга стремятся опрокинуть агрегат вправо, вращая его относительно точки соприкосновения заднего колеса трактора с опорной поверхностью.

$$M_{опр} = -G_{px} \cdot h_p - G_{py} \cdot a_p - G_{Kx} \cdot h_K - G_{Ky} \cdot (a_p + b) = -G_p \cdot \sin \alpha \cdot h_p - G_p \cdot \cos \alpha \cdot a_p - G_K \cdot \sin \alpha \cdot h_K - G_K \cdot \cos \alpha \cdot (a_p + b) = -G_p \cdot (h_p \cdot \sin \alpha + a_p \cdot \cos \alpha) - G_K \cdot (h_K \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot (a_p + b)).$$

Коэффициент устойчивости трактора с плугом в транспортном положении равен отношению момента устойчивости к опрокидывающему моменту.

$$k = \left| \frac{M_{уст}}{M_{опр}} \right|, \quad (4.13)$$

$$k = \frac{G_T \cdot (-h_T \cdot \sin \alpha + a_T \cdot \cos \alpha)}{-G_p \cdot (h_p \cdot \sin \alpha + a_p \cdot \cos \alpha) - G_K \cdot (h_K \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot (a_p + b))};$$

$$k = \frac{28 \cdot (-1,5 \cdot 0,105 + 1,2 \cdot 0,995)}{-2 \cdot (1,3 \cdot 0,105 + 1,8 \cdot 0,995) - 3 \cdot (1,8 \cdot 0,105 + 0,995 \cdot (1,8 + 1))} = 2,27.$$

Вывод:

Коэффициент устойчивости больше минимально допустимого. При соответствии реальных условий исходным данным агрегат будет устойчив.

Для самостоятельной работы студентов разработаны три расчетные схемы (задачи 4.8, 4.9, 4.10), каждая из которых имеет десять вариантов исходных данных.

4.8 Валочно-пакетирующая машина МВП-20 (рисунок 4.18) предназначена для проведения рубок ухода в молодняках. Назначенные в рубку дерева зажимаются рычагами захватно-срезающего устройства, срезаются плоским ножом и выносятся из насаждения в вертикальном положении. Одним из наиболее опасных случаев нагружения является сочетание весов металлоконструкции и гидроцилиндров с ветровой нагрузкой $P_в$, приложенной к кроне дерева на расстоянии h_9 от опорной поверхности, которая имеет угол наклона к горизонту α . Вес базовой машины с поворотной платформой – G_m . Веса гидроцилиндров привода стрелы, стрелы, рукояти манипулятора, стойки захватно-срезающего устройства и т. д. приведены в исходных данных. Расстояния от опорной поверхности до центров тяжести элементов технологического оборудования, базовой машины и дерева заданы как $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$ и h_8 . Расстояния между центрами тяжести обозначены a, b, c, d, e, l, u, s .

Требуется определить максимально допустимый вес переносимого дерева. Коэффициент устойчивости должен равняться 1,6.

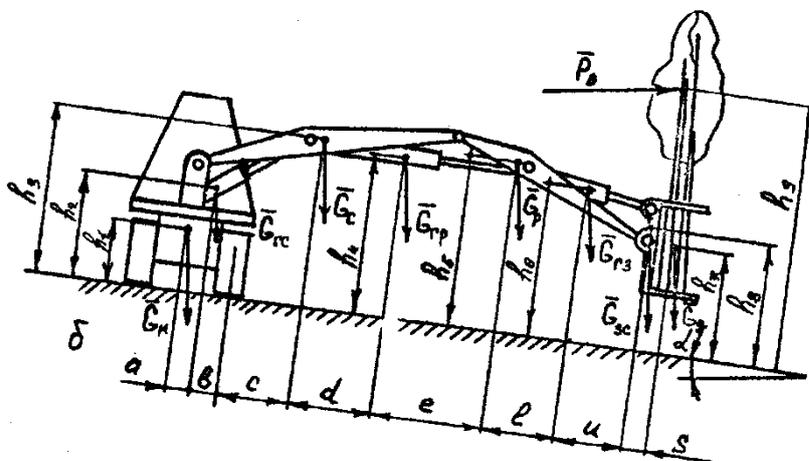


Рисунок 4.18 – Расчетная схема к задаче 4.8

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Исходные данные для решения задачи 4.8

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|---------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_M , кН | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 55 |
| $G_{Гс}$, кН | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,40 |
| G_c , кН | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,75 | 0,55 |
| $G_{Гр}$, кН | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,30 |
| G_p , кН | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 |
| $G_{Гз}$, кН | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
| $G_{зс}$, кН | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,14 |
| P_B , кН | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,15 | 0,25 | 0,12 | 0,17 | 0,22 | 0,27 | 0,11 |
| α , ° | 4 | 6 | 8 | 5 | 7 | 9 | 11 | 5 | 6 | 7 |
| a , м | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
| b , м | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,49 | 0,48 | 0,47 |
| c , м | 1,45 | 1,46 | 1,47 | 1,48 | 1,49 | 1,50 | 1,51 | 1,52 | 1,53 | 1,54 |
| d , м | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,57 |
| e , м | 2,30 | 2,35 | 2,40 | 2,45 | 2,50 | 2,55 | 2,37 | 2,42 | 2,47 | 2,52 |
| l , м | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,80 |
| u , м | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,42 | 0,47 | 0,52 | 0,53 | 0,48 | 0,43 |
| s , м | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| h_1 , м | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 |
| h_2 , м | 1,45 | 1,50 | 1,55 | 1,46 | 1,51 | 1,49 | 1,47 | 1,52 | 1,48 | 1,53 |
| h_3 , м | 2,10 | 2,15 | 2,20 | 2,00 | 2,10 | 2,15 | 2,20 | 2,10 | 2,25 | 2,30 |
| h_4 , м | 2,20 | 2,30 | 2,40 | 2,15 | 2,25 | 2,30 | 2,40 | 2,15 | 2,30 | 2,40 |
| h_5 , м | 2,00 | 2,05 | 2,10 | 2,20 | 2,00 | 2,20 | 2,30 | 2,30 | 2,00 | 2,25 |
| h_6 , м | 1,90 | 1,95 | 2,00 | 1,90 | 1,95 | 2,00 | 1,90 | 1,95 | 2,10 | 2,00 |
| h_7 , м | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,70 | 0,75 |
| h_8 , м | 0,90 | 0,95 | 1,20 | 1,40 | 0,85 | 1,10 | 1,30 | 1,35 | 1,05 | 0,80 |
| h_9 , м | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

4.9 Валочно-пакетирующая машина типа МВП-20 (рисунок 4.19) предназначена для проведения рубок ухода в молодняках. Назначенные в рубку деревья зажимаются рычагами захватно-срезающего устройства и выносятся из насаждения в вертикальном положении. Вес базовой машины – \bar{G}_M . Веса стрелы и рукояти гидроманипулятора приложены к их середине. Ветровая нагрузка $P_B = 0,3$ кН приложена к дереву на высоте $h_B = 5$ м. Вес захватно-срезающего устройства $\bar{G}_3 = 0,5$ кН. Машина находится на площадке, наклоненной к горизонту под углом α . Расстояния от опорной поверхности до центра тяжести базовой машины, оси шарнира,

соединяющего поворотную колонну со стрелой, и оси шарнира, соединяющего рукоять с захватно-срезающим устройством, заданы как h_1 , h_2 , h_3 , которые соответственно равны: 2,0, 1,3 и 1,3 м. Расстояния от оси поворотной колонны до возможной оси опрокидывания $b = 0,75$ м. Длины стрелы и рукояти связаны с вылетом манипулятора следующим соотношением: $l_c = l_p = 0,65R$.

Требуется определить максимально допустимый вес переносимого дерева (на максимальном вылете стрелы). Коэффициент устойчивости должен равняться 1,5.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.5.

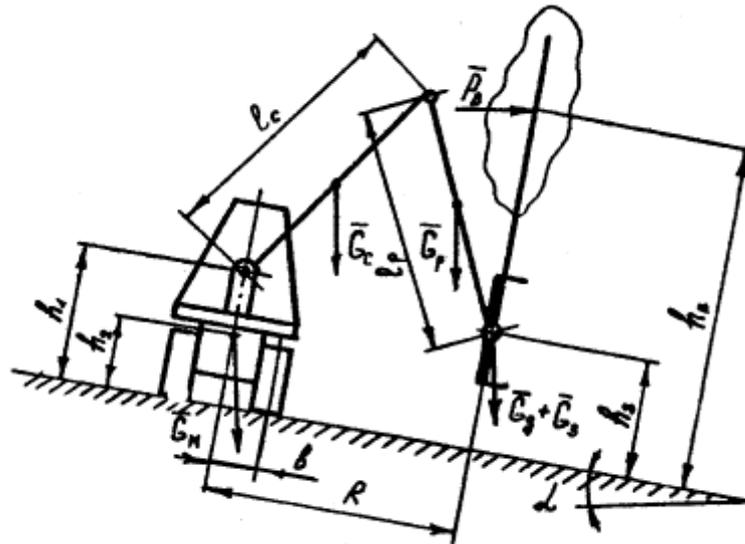


Рисунок 4.19 – Расчетная схема к задаче 4.9

Таблица 4.5 – Исходные данные для решения задачи 4.9

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_M , кН | 70 | 75 | 60 | 65 | 50 | 55 | 40 | 45 | 30 | 25 |
| G_c , кН | 0,90 | 0,70 | 0,50 | 1,00 | 1,20 | 0,60 | 1,10 | 0,80 | 0,65 | 0,75 |
| G_p , кН | 0,65 | 0,50 | 0,95 | 0,60 | 0,85 | 0,75 | 0,80 | 1,00 | 0,55 | 0,85 |
| α , ° | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| R , м | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 |

4.10 Колесный трелевочный трактор (рисунок 4.20) весом \bar{G}_T оборудован трелевочной лебедкой весом \bar{G}_L и гидруправляемым погрузочным щитом. Трактор находится на площадке, имеющей угол наклона к горизонту α . Передние колеса трактора находятся на микронеровности высотой $h_4 = 0,3$ м. Расстояния от линии, проходящей через точки соприкосновения колес трактора с почвой, до центров тяжести трактора,

лебедки и радиус барабана лебедки обозначены как h_1 , h_2 , h_3 и соответственно равны 1,8, 1,5 и 0,3 м. Длина продольной базы трактора $d = 3,0$ м. Расстояния, необходимые для расчета моментов сил относительно возможной оси опрокидывания (места соприкосновения погрузочного щита с опорной поверхностью), обозначены как a , b и c , которые соответственно равны 1,0, 3,5 и 8,0 м. Угол наклона собирающего каната к опорной поверхности при подтаскивании пачки деревьев, спиленных при проведении рубок ухода, необходимо определить аналитически.

Требуется определить максимально допустимое усилие подтаскивания пачки деревьев. Коэффициент устойчивости должен равняться 1,7.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.6.

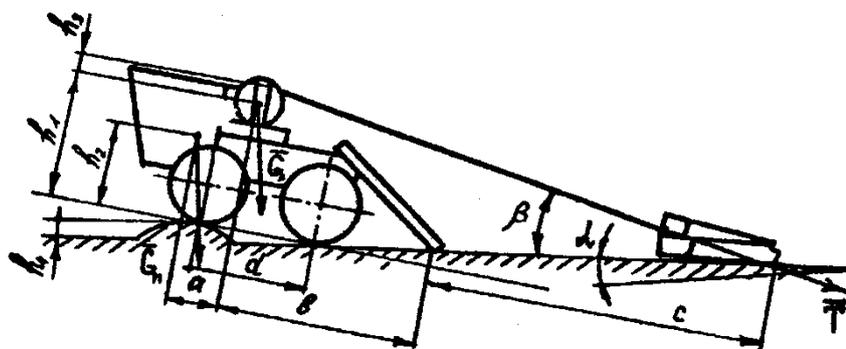


Рисунок 4.20 – Расчетная схема к задаче 4.10

Таблица 4.6 – Исходные данные для решения задачи 4.10

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_T , кН | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 65 | 70 |
| G_L , кН | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 |
| α , ° | 5 | 8 | 10 | 6 | 9 | 12 | 7 | 15 | 3 | 11 |

Литература

1 Тульев, В. Д. Теоретическая механика : Статика. Кинематика : учеб. пособие / В. Д. Тульев. – Мн. : Книжный Дом, 2004. – С. 7—10.

2 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 9—10.

3 Чайка, О. Р. Механизация лесохозяйственных работ с основами технической механики : метод. указания к практ. занятиям / О. Р. Чайка. – Брянск : БТИ, 1988. – С. 19—26.

Практическое занятие 4

Расчет скоростей движения рабочих органов лесохозяйственных машин

Основные понятия

Скоростью точки называется вектор, определяющий в каждый данный момент быстроту и направление движения точки.

Наиболее просто определяется скорость точки для случая ее равномерного прямолинейного движения.

Постоянное для данного равномерного движения отношение пути, пройденного точкой за некоторый промежуток времени, к величине этого промежутка представляет собой модуль скорости точки при ее равномерном движении.

В случае прямолинейного движения точки вектор ее скорости направлен по траектории в сторону движения.

Вращательным движением называется такое движение твердого тела, при котором все его точки, лежащие на некоторой прямой, называемой осью вращения, остаются неподвижными.

Вращающееся тело может и не иметь своих точек на геометрической оси вращения, то есть не иметь неподвижных точек. Например, колесо, надетое на материальную ось, или человек, сидящий на карусели. Но если точки, расположенные на геометрической оси вращения, неизменно присоединить к вращающемуся телу, то они будут оставаться неподвижными при вращении тела.

Средняя *угловая скорость* равна отношению угла поворота тела за некоторый промежуток времени к величине этого промежутка.

Всякое движение тела или точки есть *движение относительное*, то есть его можно наблюдать и изучать лишь по отношению к другим физическим телам и связанным с ним системам отсчета. В технической практике за так называемую «неподвижную» систему отсчета принимают обычную систему отсчета, жестко связанную с Землей.

Движение точки по отношению к системе отсчета, принимаемой за неподвижную, называется *абсолютным движением*.

В ряде случаев движение точки по отношению к неподвижной системе отсчета бывает удобно рассматривать как движение сложное, состоящее из двух одновременных движений: движения точки по отношению к некоторой подвижной системе отсчета и движения точки вместе с подвижной системой отсчета по отношению к неподвижной.

Движение точки по отношению к подвижной системе отсчета называется *относительным движением*.

Движение подвижной системы отсчета и всех неизменно связанных с ней точек по отношению к неподвижной системе отсчета называется *переносным движением*.

Чтобы определить переносное движение какой-либо точки в данный момент времени, надо мысленно прекратить относительное движение данной точки и определить ее движение вместе с подвижной системой отсчета по отношению к неподвижной системе отсчета.

Аналогичным приемом бывает иногда удобно пользоваться и для выяснения относительного движения точки. Чтобы его определить, надо мысленно прекратить переносное движение точки.

Абсолютной скоростью данной точки называются ее скорость по отношению к неподвижной системе отсчета.

Относительной скоростью данной точки называется ее скорость по отношению к подвижной системе отсчета.

Переносной скоростью какой-либо точки называется абсолютная скорость той неизменно связанной с подвижной системой точки, с которой совпадает в этот момент данная точка.

Абсолютная скорость точки равна геометрической сумме ее переносной и относительной скоростей.

Так как при геометрическом сложении двух скоростей точки ее результирующая скорость изображается диагональю параллелограмма, построенного на составляющих скоростях как на сторонах, то модуль абсолютной скорости находится на основании теоремы косинусов:

$$v = \sqrt{v_{\text{пер}}^2 + v_{\text{отн}}^2 + 2 \cdot v_{\text{пер}} \cdot v_{\text{отн}} \cdot \cos \alpha}, \quad (4.14)$$

где $v_{\text{пер}}$ – переносная скорость точки;

$v_{\text{отн}}$ – относительная скорость точки;

α – угол между векторами переносной и относительной скоростей точки.

Задачи

4.11 Лесопосадочная машина с цепным посадочным аппаратом осуществляет посадку сеянцев сосны (рисунок 4.21). Машина агрегатирована с трактором ЛХТ-55, который перемещает ее со скоростью $v_m = 2,0$ км/час. Радиус делительной окружности ведущей звездочки посадочного аппарата $R = 0,04$ м, расстояние между направляющими звездочками $l = 0,6$ м. Угол $\alpha = 45^\circ$.

Определить: угловую скорость и число оборотов ведущей звездочки посадочного аппарата w исходя из условия равенства нулю абсолютной скорости движения сеянца в зоне посадки (точка 3); время, которое сеянец неподвижен относительно Земли, и абсолютные скорости движения захватов в точках 1, 2 и 3.

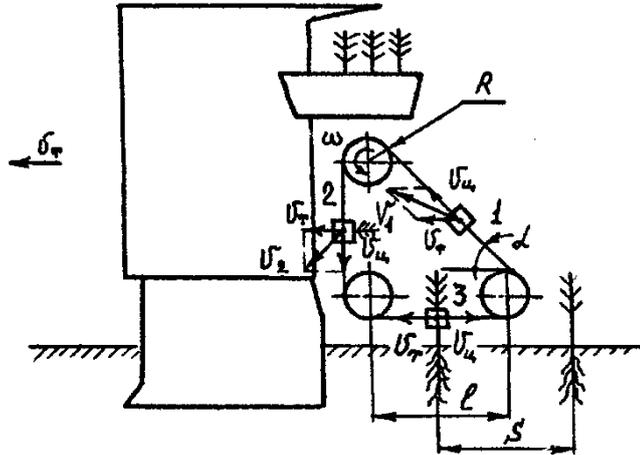


Рисунок 4.21 – Расчетная схема лесопосадочной машины

Пример решения задачи

Угловая скорость ведущей звездочки связана со скоростью движения цепи посадочного аппарата соотношением:

$$w = \frac{v}{R}, \text{ рад/с.} \quad (4.15)$$

Так как для обеспечения нормальной посадки сеянцев линейная скорость движения цепи должна быть равна скорости перемещения лесопосадочной машины и направлена в противоположную сторону, то

$$w = \frac{v_T}{R}, \text{ рад/с.} \quad (4.16)$$

$$w = \frac{2 \cdot 1000}{3600 \cdot 0,04} = 13,89 \text{ рад/сек.}$$

Число оборотов ведущей звездочки определяется из соотношения:

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (4.17)$$

где n – частота вращения ведущей звездочки, об/мин.

$$n = \frac{30 \cdot w}{\pi}, \text{ об/мин.} \quad (4.18)$$

$$n = \frac{30 \cdot 13,89}{3,14} = 132,71 \text{ об/мин.}$$

Время, в течение которого абсолютная скорость движения сеянца равна нулю, определяется по формуле:

$$t = \frac{l}{v_{ц}}, \text{ с} \quad (4.19)$$

$$t = \frac{0,6 \cdot 3600}{2 \cdot 1000} = 1,08 \text{ с.}$$

Абсолютные скорости точек 1, 2 и 3 рассчитываются на основании теоремы косинусов (4.14):

$$v = \sqrt{v_T^2 + v_{ц}^2 + 2 \cdot v_T \cdot v_{ц} \cdot \cos \beta},$$

$$v_1 = \sqrt{2^2 + 2^2 + 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \cos 45^\circ} = \sqrt{4 + 4 + 8 \cdot 0,707} = 3,7 \text{ км/час};$$

$$v_2 = \sqrt{2^2 + 2^2 + 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \cos 90^\circ} = \sqrt{4 + 4 + 8 \cdot 0} = 2,8 \text{ км/час};$$

$$v_3 = \sqrt{2^2 + 2^2 + 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \cos 180^\circ} = \sqrt{4 + 4 + 8 \cdot (-1)} = 0 \text{ км/час.}$$

Для самостоятельной работы студентов разработаны три расчетные схемы (задачи 4.12, 4.13, 4.14), каждая из которых имеет десять вариантов исходных данных.

4.12 Колесный трактор (рисунок 4.22), перемещаясь со скоростью v_m , переводит плуг из транспортного положения в рабочее, поворачивая раму на угол α . Угловая скорость поворота рамы плуга ω .

Требуется определить: абсолютные скорости точек плуга А, В, С в начальный момент и при расположении рамы плуга параллельно поверхности почвы; время перевода плуга из транспортного положения в рабочее; путь, проходимый трактором за время приведения плуга в рабочее положение.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.7.

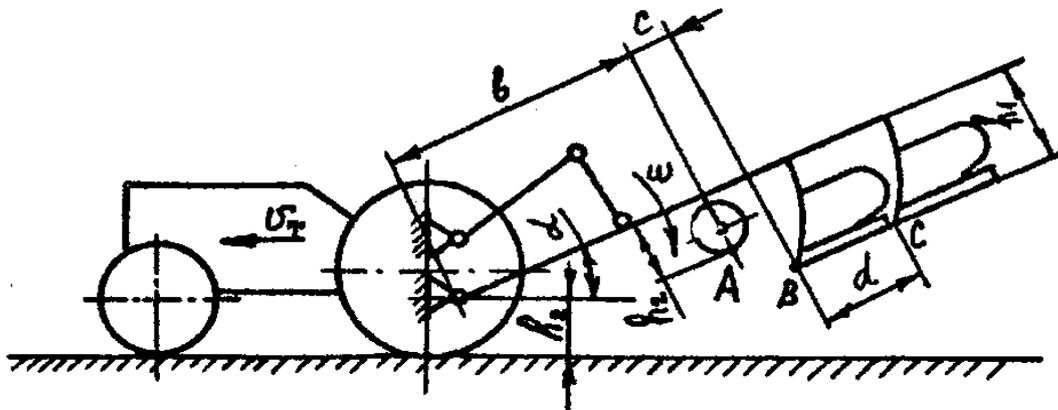


Рисунок 4.22 – Расчетная схема к задаче 4.12

Таблица 4.7 – Исходные данные для решения задачи 4.12

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| v_T , км/ч | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 4,0 | 4,3 |
| α , ° | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 | 21 | 23 | 26 | 29 | 27 |
| ω , рад/с | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,10 | 0,20 |
| b , м | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 |
| c , м | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 |
| d , м | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 |
| h_1 , м | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,15 |
| h_2 , м | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 |

4.13 Лесопосадочная машина с ротационным посадочным аппаратом (рисунок 4.23) осуществляет посадку сеянцев сосны высотой b с корневой системой длиной a . Машина агрегатирована с трактором ЛХТ-55, который перемещает ее со скоростью v_m . Радиус окружности, касающейся поверхности почвы с центром на оси посадочного аппарата R .

Требуется рассчитать: угловую скорость вращения; число оборотов в минуту посадочного аппарата, исходя из условия равенства нулю абсолютной скорости сеянца на уровне почвы (в точке 4); абсолютные скорости лучей посадочного аппарата в точках 1, 2 и 3; абсолютные скорости вершинки и корней сеянца в точке 4; шаг посадки S .

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.8.

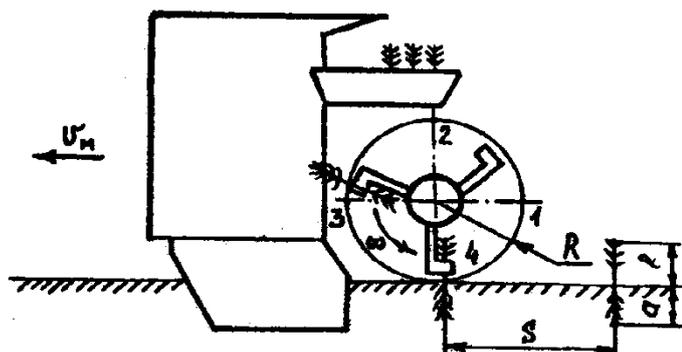


Рисунок 4.23 – Расчетная схема к задаче 4.13

Таблица 4.8 – Исходные данные для решения задачи 4.13

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| b , м | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |
| a , м | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| v_m , км/ч | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 2,1 | 2,5 |
| R , м | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 |

4.14 Колесный лесохозяйственный трактор типа Т-80Л агрегатирован с однокорпусным плугом (рисунок 4.24). Трактор перемещается со скоростью v_m , глубина вспашки $a = 0,3$ м. На расстоянии b от заднего колеса трактора находится препятствие (пень или валун) высотой h_1 . Длины отрезков b и c соответственно равны 1,5 м и 1,8 м.

Требуется рассчитать: угловую скорость поворота плуга при переводе его из рабочего положения в транспортное, достаточную для того, чтобы носок лемеха не задел за препятствие; абсолютные скорости точки А (носок лемеха) в начале и в конце подъема плуга на высоту h_1 .

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4.9.

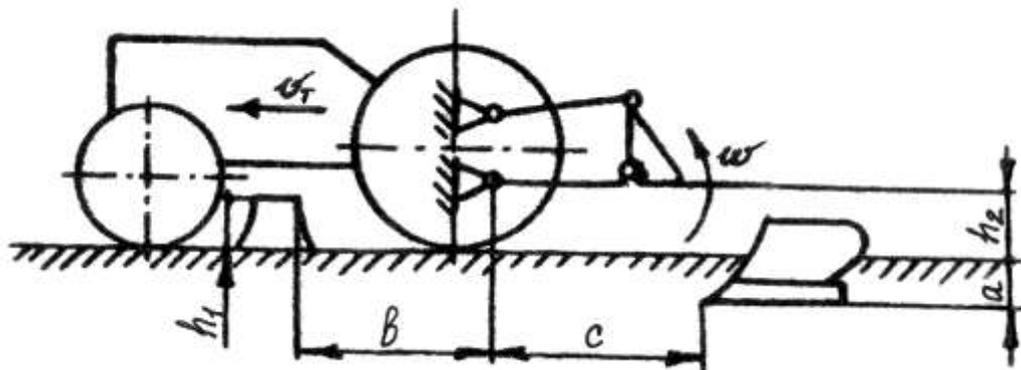


Рисунок 4.24 – Расчетная схема к задаче 4.14

Таблица 4.9 – Исходные данные для решения задачи 4.14

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| v_T , км/ч | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 2,2 | 2,4 |
| h_1 , м | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,20 | 0,16 | 0,18 |
| h_2 , м | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 |

Литература

1 Тульев, В. Д. Теоретическая механика : Статика. Кинематика : учеб. пособие / В. Д. Тульев. – Мн. : Книжный Дом, 2004. – С. 7—10.

2 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 9—10.

3 Чайка, О. Р. Механизация лесохозяйственных работ с основами технической механики : метод. указания к практ. занятиям / О. Р. Чайка. – Брянск : БТИ, 1988. – С. 26—37.

5 Тематика лабораторных занятий по устройству тракторов и автомобилей

Лабораторная работа 1

Устройство кривошипно-шатунного механизма

Цель: Изучение назначения, строения и конструкционных особенностей деталей кривошипно-шатунного механизма.

Материалы и оборудование: блок цилиндров, головка блока цилиндров, картер двигателя, поршни с кольцами и пальцами, шатуны, коленчатый вал, маховик, учебные плакаты. Для проведения замеров применяются измерительный инструмент (линейка, транспортир, штангенциркуль), комплект гаечных ключей и инструментов.

Основные понятия по теме

Назначение и общее устройство кривошипно-шатунного механизма

Кривошипно-шатунный механизм служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршней, воспринимающих силу давления газов, во вращательное движение коленчатого вала.

В состав механизма входят две группы деталей: неподвижных и подвижных.

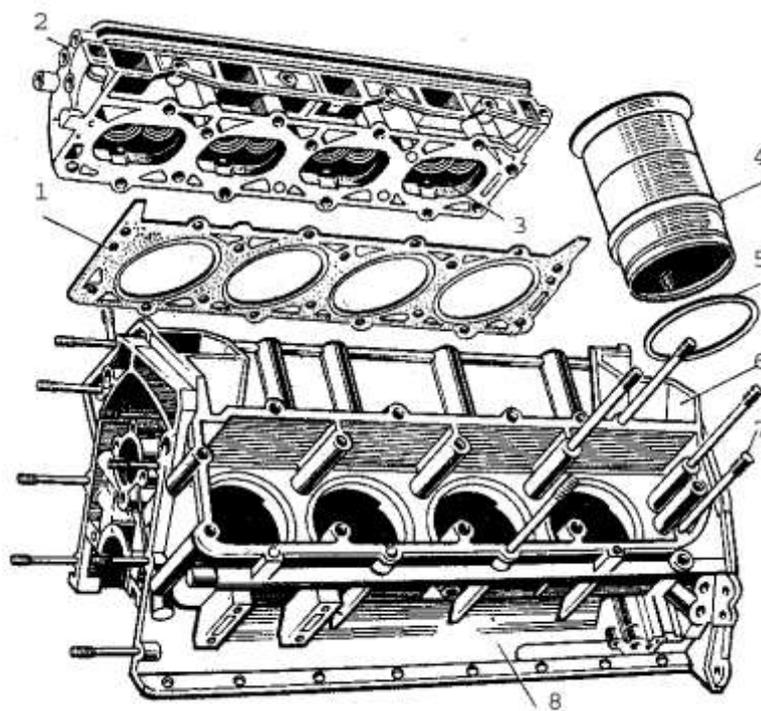
К неподвижным деталям относятся блок цилиндров, головка блока цилиндров, картер двигателя; к подвижным – поршни с кольцами и пальцами, шатуны, коленчатый вал и маховик.

Картер 8 служит остовом, на котором крепятся и в котором устанавливаются отдельные детали и механизмы двигателя (рисунок 5.1).

Группа цилиндров, выполненная в общей отливке, называется *блоком цилиндров*. В блоке цилиндров 6 V-образного двигателя имеются гнезда, в которые запрессовываются сменные гильзы 4.

Картер может быть выполнен за одно целое с блоком цилиндров. В этом случае, общая отливка блока цилиндров 6 с картером 8 называется *блок-картером*. К нижней части блок-картера крепится болтами штампованный из стали или реже литой *поддон картера*, который является резервуаром для масла. Для уплотнения между ними устанавливается прокладка. В нижней части поддона имеется отверстие с

пробкой для слива масла. Пробка современных двигателей снабжается магнитом для улавливания металлических частиц, попавших в масло в результате износа деталей. В поддоне картера имеются перегородки, предотвращающие быстрое стекание масла в одну сторону при движении по пересеченной местности.



1 – прокладка; 2 – головка блока цилиндра; 3 – камера сгорания; 4 – гильзы; 5 – кольца; 6 – блок цилиндров; 7 – шпильки; 8 – картер

Рисунок 5.1 – Неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма V-образного двигателя

В передней, задней и в средней стенках нижней части блок-картера размещаются коренные подшипники коленчатого вала. Параллельно оси коренных подшипников коленчатого вала в отверстиях блок-картера расположены подшипники распределительного вала. В картере сделаны каналы, через которые осуществляется подвод смазки. Плоскость разъема картера у некоторых карбюраторных двигателей (ЗИЛ-130, ГАЗ-53А) и, как правило, в дизельных двигателях располагают ниже оси коленчатого вала, что повышает жесткость картера. К передней части блока цилиндров крепится крышка распределительных шестерен. К задней части блока присоединен картер маховика. На верхней фрезерованной части блока б шпильками 7 и гайками укрепляют головку блока цилиндров 2. С целью уплотнения от прорыва газов между головкой и блоком ставится сталеасбестовая прокладка 1.

Цилиндр соединяется с головкой 2, в которой размещается камера сгорания 3. Вокруг цилиндра имеется охлаждающее устройство (рубашка охлаждения или охлаждающие ребра).

Цилиндры современных двигателей с жидкостным охлаждением обычно отливаются в общем блоке вместе с верхней частью картера из легированного чугуна или из алюминиевого сплава. Внутренняя рабочая поверхность цилиндров тщательно обрабатывается. Цилиндры двигателей имеют двойные стенки для создания пространства, образующего рубашку охлаждения.

Для повышения износостойкости стенок цилиндров и упрощения отливки, а также ремонта и сборки в некоторых двигателях в цилиндры запрессовывают вставные *сменные гильзы* 4 из легированного чугуна.

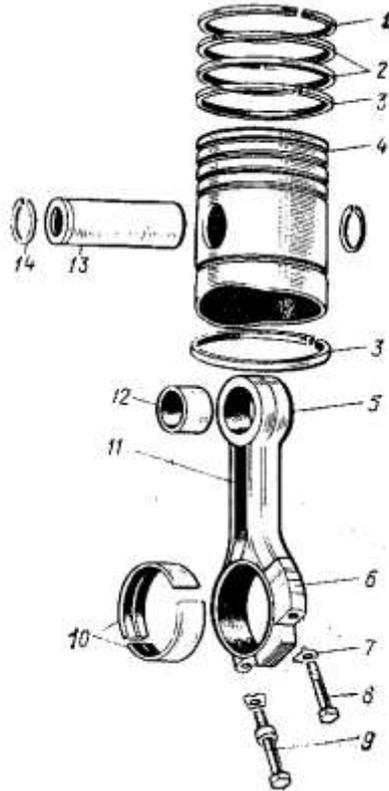
Головка блока цилиндров 2 изготавливается в большинстве случаев из алюминиевого сплава или легированного чугуна высокой прочности. Головка из алюминиевого сплава улучшает отвод тепла и позволяет повысить степень сжатия на 0,2–0,3 ед. Она имеет рубашку охлаждения у двигателей с жидкостным охлаждением и ребренную поверхность у двигателей воздушного охлаждения. В головке над цилиндрами выполнены углубления, образующие камеры сгорания. При верхнем расположении клапанов в головке расположены гнезда клапанов и отлиты впускные и выпускные каналы. В головке имеется отверстие для ввертывания свечи зажигания или форсунки.

Поршень 4 (рисунок 5.2) служит для восприятия давления газов при такте расширения и передачи его через поршневой палец 13 и шатун 11 на коленчатый вал, а также обеспечивает выполнение вспомогательных тактов цикла – впуска, сжатия и выпуска.

Поршень работает в весьма тяжелых условиях. На него действуют силы от давления газов и инерционные силы, он подвергается также действию высоких температур. В соответствии с условиями работы материал поршня должен обладать прочностью и износостойкостью, быть легким, хорошо отводить тепло. Этим требованиям удовлетворяют алюминиевые сплавы.

Преимуществами поршней, изготовленных из алюминиевого сплава, по сравнению с чугунными, являются меньшая масса (примерно в 2,5 раза), более высокая (в 3–4 раза) теплопроводность, малая (на 30 % меньше) теплопередача от газов к поршню. В связи с этим их температура ниже, чем поршней, выполненных из чугуна.

Поршень 4 состоит из головки с днищем и канавок для поршневых колец, направляющей части и бобышек.



1, 2 – компрессионные кольца; 3 – маслосъемные кольца;
 4 – поршень; 5 – верхняя головка шатуна; 6 – нижняя головка
 шатуна; 7 – стопорная шайба; 8, 9 – шатунные болты;
 10 – вкладыши; 11 – стержень шатуна; 12 – втулка;
 13 – поршневой палец; 14 – стопорное кольцо

Рисунок 5.2 – Поршень и шатун

Головка поршня имеет утолщенные боковые стенки для размещения канавок поршневых колец. Верхние канавки служат для установки компрессионных колец, нижние – для маслосъемных. В поясе канавок для маслосъемных колец сверлят ряд сквозных отверстий для отвода масла, снимаемого со стенок цилиндра. Количество поршневых колец зависит от давления газов в цилиндре двигателя и частоты вращения коленчатого вала. Обычно на поршнях карбюраторных двигателей устанавливают 2–4 кольца, а на поршнях дизельных двигателей 3–5 колец.

Поршневые кольца бывают двух типов: компрессионные 1,2 и маслосъемные 3.

Компрессионные кольца 1,2 служат для предотвращения прорыва газов из цилиндра в картер двигателя и проникновения масла в камеру сгорания, а также для отвода тепла.

Маслосъемные кольца 3 предназначены для снятия излишнего масла со стенок цилиндра.

Основное требование, предъявляемое к кольцам, – плотное прилегание к стенкам цилиндра и к стенкам канавок в поршне.

Поршневой палец 13 служит для шарнирного соединения поршня с шатуном и передачи усилий, возникающих между ними. Палец должен быть прочным, жестким, износоустойчивым и легким.

Шатун 4 служит для соединении поршня с коленчатым валом и передает коленчатому валу усилия, действующие на поршень при расширении газов.

Шатун состоит из стержня *11* и двух головок – верхней *5*, соединяемой с поршневым пальцем *13* и нижней *6*, соединяемой с коленчатым валом.

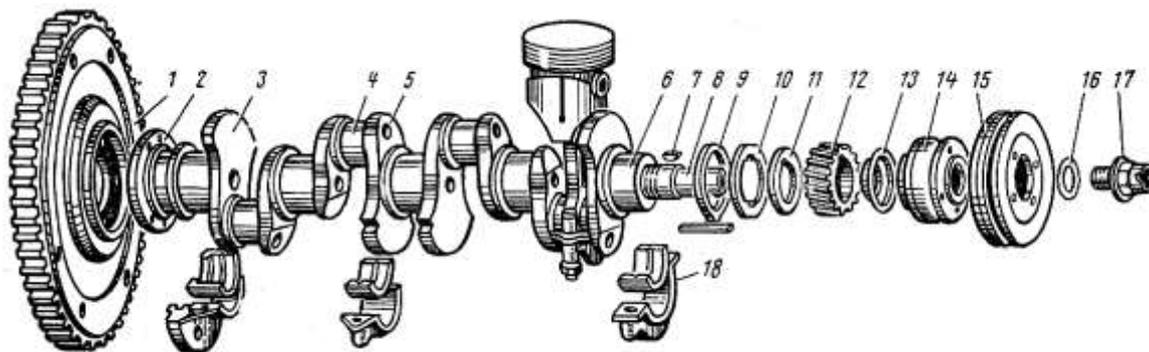
Нижняя головка *6* шатуна для удобства соединения с шейкой коленчатого вала делается разъемной и соединяется болтами *8* и *9*.

В нижней головке шатуна расположен подшипник скольжения, представляющий собой тонкостенные вкладыши *10*, изготовленные из стальной ленты толщиной 1–3 мм, внутренняя поверхность которой для уменьшения трения и износа шеек коленчатого вала покрыта тонким (0,15–0,5 мм) слоем антифрикционного сплава – баббитом, свинцовой бронзой и др.

Назначение и устройство коленчатого вала и маховика

Коленчатый вал воспринимает усилия, передаваемые от поршней шатунами, и преобразует их в крутящий момент, который затем передается на трансмиссию. Кроме того, коленчатый вал приводит в движение различные механизмы, агрегаты и приборы двигателя.

Коленчатый вал автотракторных двигателей (рисунок 5.3) состоит из коренных *6* и шатунных *4* шеек; щек *5* с противовесами *3*, соединяющих коренные и шатунные шейки; передней части вала *8*, называемой носком, на которой посредством шпонки *7* крепится шестерня *12* привода распределительного вала, маслоотражатель *13*, шкив привода вентилятора *15* со ступицей *14* и храповик *17* с шайбой *16*; задней части вала *2*, обычно имеющей форму фланца, на котором установлен маховик *1*. На коленчатом валу предусмотрены сверления в шейках для подвода и очистки масла, шпоночные канавки на носке вала и расточка со стороны фланца для установки подшипника первичного вала коробки передач.



1 – маховик; 2 – задняя часть вала; 3 – противовесы; 4 – шатунные шейки; 5 – щеки; 6 – коренные шейки; 7 – шпонка; 8 – передняя часть вала; 9, 10 – сталебаббитовые кольца; 11 – упорная шайба; 12 – шестерня привода распределительного вала; 13 – маслоотражатель; 14 – ступица; 15 – шкив привода вентилятора; 16 – шайба; 17 – храповик; 18 – съемная крышка

Рисунок 5.3 – Коленчатый вал и маховик

Противовесы 3 разгружают коренные подшипники от действия центробежных сил и выполняются либо за одно целое со щеками вала, либо крепятся к ним болтами. Для снятия возможных напряжений переход от каждой шейки к щекам вала выполняется плавно.

Число опор (коренных шеек) коленчатого вала различно в разных конструкциях. Вал называется полноопорным, если число коренных шеек на единицу больше числа шатунных.

Форма коленчатого вала зависит от числа и расположения цилиндров двигателя, принятой равномерности чередования вспышек и желаемой уравновешенности двигателя, числа коренных шеек.

Передний и задний концы коленчатого вала в месте их выхода из картера должны быть надежно уплотнены от вытекания смазки. Для этого применяются маслосгонная резьба и специальные сальники.

Маховик 1 служит для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала, вывода деталей кривошипного механизма из мертвых 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.

Ход работы

1 Изучить назначение и общее устройство кривошипно-шатунного механизма и произвести измерения его основных параметров.

2 Выполнить измерения и расчеты основных параметров кривошипно-шатунного механизма. Полученные результаты занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Основные параметры двигателя

| Наименование параметров | Обозначение | Единицы измерения | Измерение или формула расчета | Полученный результат |
|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------------------|----------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

3 Изучить назначение и устройство неподвижных деталей кривошипно-шатунного механизма.

4 Зарисовать блок цилиндров и картер двигателя.

5 Изучить назначение и устройство деталей шатунно-поршневой группы.

6 Зарисовать поршень с кольцами и пальцами, шатун.

7 Изучить назначение и устройство коленчатого вала и маховика.

8 Зарисовать коленчатый вал и маховик.

Вопросы для самоконтроля

1 Перечислите подвижные и неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма.

2 Каково назначение и устройство блока цилиндров и головки блока цилиндров?

3 Каково назначение и устройство деталей шатунно-поршневой группы?

4 Каково назначение и устройство коленчатого вала и маховика?

Литература

1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 216—232.

2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 24—34.

Лабораторная работа 2

Устройство газораспределительного механизма

Цель: Изучение назначения, строения и конструктивных особенностей деталей газораспределительного механизма.

Материалы и оборудование: головка блока цилиндров, впускные и выпускные клапана, коромысло, распределительный вал, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Классификация механизмов газораспределения

Механизм газораспределения служит для обеспечения своевременного впуска в цилиндры двигателя горючей смеси или воздуха и выпуска из цилиндров отработавших газов. Газораспределительные механизмы бывают оконные (бесклапанные), клапанные, золотниковые и смешанные.

Наибольшее распространение в четырехтактных двигателях получил клапанный механизм (рисунок 5.4) как наиболее простой, надежный, долговечный и обеспечивающий достаточно хорошее наполнение и очистку цилиндров. Впускные и выпускные отверстия цилиндров открываются и закрываются клапанами, управляемыми специальным механизмом.

В зависимости от расположения клапанов относительно цилиндра различают верхнеклапанные механизмы с расположением клапанов в головке цилиндров, нижнеклапанные с расположением клапанов в блоке цилиндров и комбинированные с расположением впускных клапанов в головке, а выпускных – в блоке цилиндров.

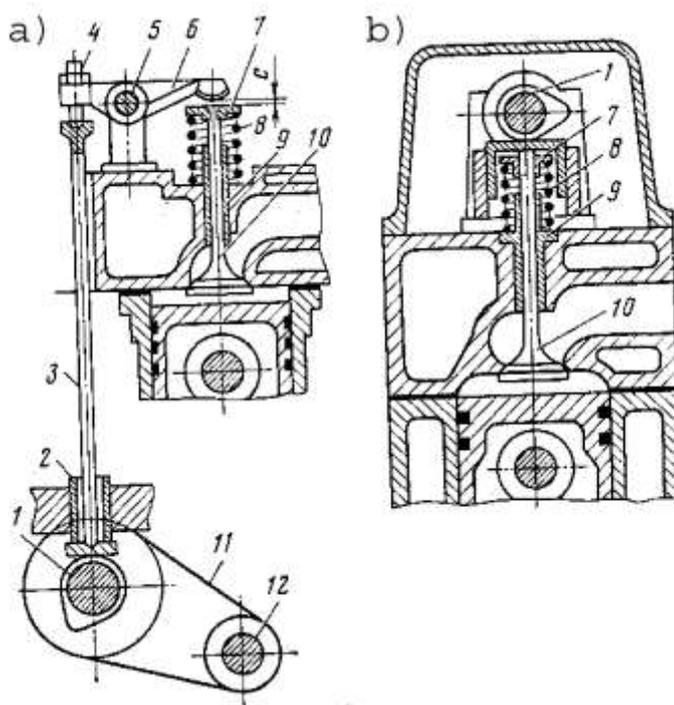
подавляющее большинство современных двигателей имеет верхнеклапанные механизмы газораспределения, которые обеспечивают лучшее наполнение и очистку цилиндров, допускают более высокую степень сжатия (так как камера сгорания имеет наиболее рациональную форму), уменьшают потери тепла и повышают экономичность двигателя.

Детали клапанного механизма газораспределения

Клапаны служат для периодического открытия и закрытия отверстий, сообщающих впускной или выпускной трубопровод с цилиндром (рисунок 5.4).

Клапан *10* состоит из головки и стержня. Плавный переход от головки к стержню увеличивает прочность клапана, улучшает отвод тепла и уменьшает сопротивление потоку газа.

Форма головки клапана может быть плоской, выпуклой и тюльпанообразной. При этом головке необходимо обеспечить хорошую сопротивляемость деформации, так как температура выпускных клапанов достигает 600–850 °С, а впускных – 300–400 °С. Головка имеет уплотняющую конусную поверхность (фаску), которая обеспечивает центровку клапана при его посадке в седло. Фаска клапана выполняется под углом 30° или 45°.



- 1 – распределительный вал; 2 – толкатель; 3 – штанга;
 4 – регулировочный болт; 5 – ось; 6 – коромысло; 7 – шайба;
 8 – пружина; 9 – направляющая втулка; 10 – клапан;
 11 – шестеренчатая или цепная передача; 12 – коленчатый вал

Рисунок 5.4 – Схемы механизмов газораспределения

Седло клапана у большинства двигателей выполнено непосредственно в головке цилиндров.

Направляющие втулки клапанов 9 обеспечивают точную посадку клапанов в седла. Они запрессовываются в головку цилиндров.

Клапанные пружины 8 служат для закрытия клапанов и плотной посадки их в седла, а также воспринимают инерционные усилия, возникающие при работе механизма газораспределения.

Пружина клапана закрепляется на конце стержня клапана чаще

всего посредством двух конических сухариков, для которых на стержне сделана выточка.

Для устранения подсоса масла в цилиндр двигателя через зазор между стержнем клапана и втулкой на стержне клапана помещают колпачок из маслостойкой резины.

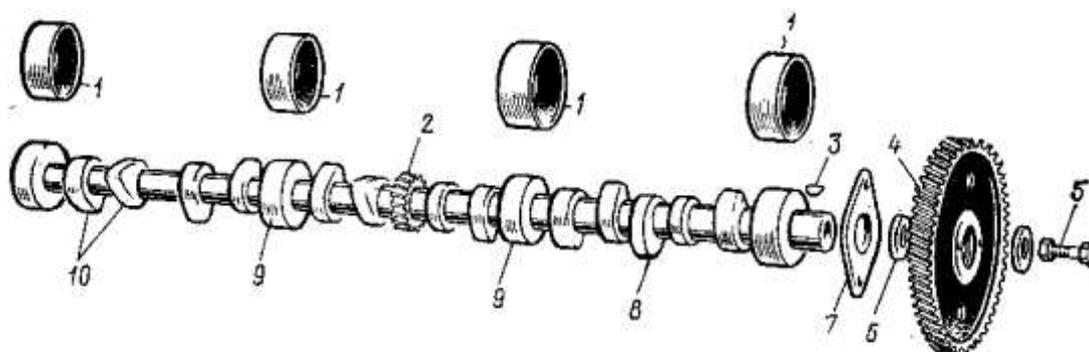
Толкатели 2 служат для передачи усилия от кулачков распределительного вала к стержням клапанов.

Направляющими толкателей чаще всего служат отверстия, расточенные непосредственно в блоке цилиндров.

Штанги 3 служат для передачи усилия от толкателей к коромыслам при верхнем расположении клапанов.

Коромысло 6 служит для передачи усилия от штанги к клапану. Коромысло – это стальной двуплечий рычаг. На коротком его плече имеется отверстие с резьбой, в которое ввертывают винт 4 фиксируемый гайкой. На конце длинного плеча коромысла имеется утолщение (боек), контактирующее с клапаном.

Распределительный вал служит для своевременного открытия и закрытия клапанов. Вал имеет опорные шейки 9 (рисунок 5.5), впускные и выпускные кулачки 10, эксцентрик 8 для привода топливного насоса и шестерню 2 привода масляного насоса и распределителя зажигания. Спереди с помощью шпонки 3 и болта 5 на валу укреплен шестерня 4 привода распределительного вала. Распределительный вал вращается в подшипниках 1.



1 – подшипник; 2 – шестерня для привода масляного насоса;
3 – шпонка; 4 – шестерня привода распределительного вала; 5 – болт;
6 – распорное кольцо; 7 – упорный фланец; 8 – эксцентрик привода
топливного насоса; 9 – опорные шейки; 10 – впускные и выпускные
кулачки

Рисунок 5.5 – Распределительный вал

Количество кулачков на распределительном валу соответствует удвоенному числу цилиндров двигателя. Кулачки расположены на нем в определенном порядке под разными углами в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Распределительный вал приводится во вращение от коленчатого вала посредством *шестерен, зубчатых ремней* или *бесшумной цепи*.

Работа клапанного механизма

При верхнем расположении клапаны *10* (рисунок 5.4, а) с пружинами *8* и шайбами *7* установлены в направляющих втулках *9* в головке цилиндров, в которой также отлиты впускные и выпускные каналы. В этом механизме для передачи усилия от толкателя *2* к клапану *10* имеются штанга *3* и коромысло *6*, установленное на оси *5*. При работе механизма коленчатый вал *12* с помощью шестеренчатой, ременной или цепной передачи *11* приводит во вращение распределительный вал *1*. При повороте распределительного вала его кулачки поднимают толкатели *2* и штанги *3*, которые упираются верхним концом в регулировочные болты *4* коромысел *6*. Коромысла, установленные на осях *5*, поворачиваются и, сжимая пружины *8*, открывают отверстия каналов в головке цилиндров. Когда кулачок отойдет от толкателя *2*, пружина *8* плотно посадит клапан *10* в седло клапана.

В некоторых двигателях толкатель и штанга толкателя отсутствуют, а коромысла непосредственно управляются кулачками распределительного вала. При этом распределительный вал *1* (рисунок 5.4, б) устанавливается в головке блока. Такая конструкция уменьшает число деталей механизма, упрощает его работу и повышает надежность.

В течение одного рабочего цикла четырехтактного двигателя происходит одно открытие впускного и выпускного клапанов. Для этого распределительный вал за цикл должен сделать один оборот, а коленчатый – два.

Для обеспечения плотного закрытия клапана между клапаном *10* и коромыслом *6* (рисунок 5.4, а) предусматривают зазор. Величина зазора зависит от удлинения при нагревании стержня клапана, толкателя, штанги и других деталей и находится в пределах 0,13–0,45 мм для впускных и выпускных клапанов. Длительная работа двигателя при отсутствии зазора приводит к обгоранию фасок клапана, прорыву газов, деформации стержня клапана.

Ход работы

- 1 Изучить классификацию механизмов газораспределения.
- 2 Изучить назначение и устройство деталей клапанного механизма газораспределения.
- 3 Зарисовать основные детали клапанного механизма.
- 4 Изучить работу клапанного механизма.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие бывают виды газораспределительных механизмов клапанного типа в зависимости от расположения клапанов?
- 2 Каково назначение деталей клапанного механизма?
- 3 Каково устройство клапанного механизма с верхним расположением клапанов?
- 4 Каково назначение и устройство распределительного вала?
- 5 Каков порядок работы газораспределительного механизма?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 232—239.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 34—45.

Лабораторная работа 3

Устройство системы охлаждения двигателей

Цель: Изучение конструкции узлов и деталей системы водяного охлаждения двигателей и их взаимодействие во время работы.

Материалы и оборудование: рубашка охлаждения блока и головки блока цилиндров, радиатор, соединительные патрубки, водяной центробежный насос, вентилятор, термостат, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Назначение и общее устройство системы жидкостного охлаждения

Система охлаждения предназначена для принудительного отвода тепла от деталей двигателя и поддержания нормального теплового режима его работы.

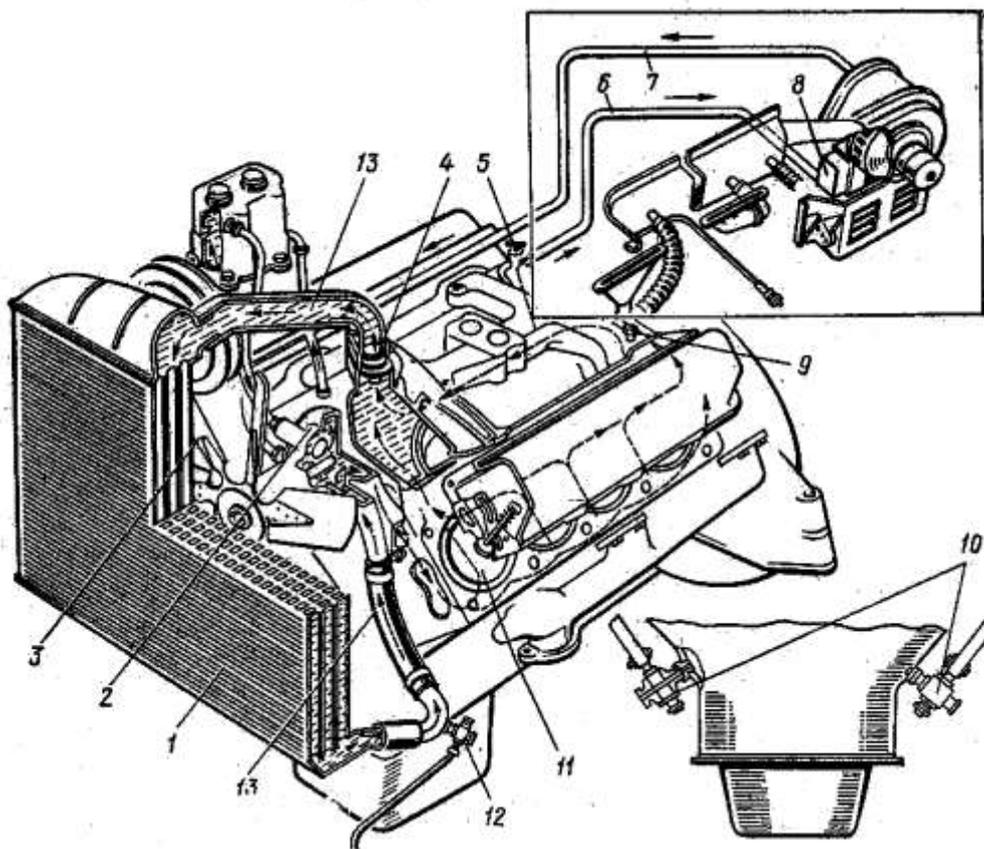
Принципиальная схема принудительных систем охлаждения современных двигателей одинакова. В качестве примера рассмотрим устройство системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130 (рисунок 5.6).

Двигатель ЗИЛ-130 имеет закрытую систему охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости. Система состоит из охлаждающей рубашки 11 блока и головки цилиндров, радиатора 1, соединительных патрубков 13, водяного центробежного насоса 2, вентилятора 3, термостата 4, сливных краников 10 рубашки блока цилиндров и сливного крана 12 радиатора. На рисунке показан включенный в систему охлаждения отопитель кабины 8 и обогреватель ветрового стекла. Подвод жидкости к отопителю производится по трубопроводу 6, отвод – по трубопроводу 7 при открытом положении крана 5.

Рубашка охлаждения 11 – пространство между двойными стенками блока и головки блока цилиндров или между стенками блока и мокрыми гильзами.

Для обеспечения равномерного охлаждения всех цилиндров жидкость в рубашку охлаждения поступает по распределительной трубе, идущей вдоль верхней части блока цилиндров. В трубе имеются отверстия для подачи жидкости, в первую очередь к наиболее нагретым частям двигателя.

Радиатор 1 служит для охлаждения жидкости, поступающей из рубашки охлаждения.



1 – радиатор; 2 – водяной насос; 3 – вентилятор; 4 – термостат;
 5 – кран; 6,7 – трубопроводы; 8 – отопитель кабины; 9 – датчик;
 10 – сливные краники рубашки охлаждения блока цилиндров;
 11 – рубашка охлаждения блока и головки цилиндров; 12 – сливной
 кран радиатора; 13 – соединительные патрубки

Рисунок 5.6 – Система охлаждения двигателя

Водяной насос 2 служит для осуществления принудительной циркуляции охлаждающей жидкости. На двигателях с принудительным охлаждением устанавливаются центробежные насосы большой производительности, создающие давление на линии нагнетания от 0,05 до 0,2 МПа. У большинства моделей двигателей водяной насос установлен на одном валу с вентилятором и приводится в действие от коленчатого вала клиноременной передачей.

Вентилятор 3 служит для создания воздушного потока, который охлаждает жидкость в радиаторе и поверхность двигателя. Вентиляторы выполняются совместно с водяным насосом или отдельно от него.

Термостат 4 служит для автоматического регулирования температуры жидкости в системе охлаждения путем изменения интенсивности ее циркуляции через радиатор и ускорения прогрева двигателя после пуска.

При температуре охлаждающей жидкости ниже 70° С она по перепускному каналу поступает обратно к водяному насосу, минуя радиатор, благодаря чему достигается быстрый прогрев двигателя.

При повышении температуры жидкости свыше 70° С термостат «открывается» и охлаждающая жидкость циркулирует через радиатор.

Слив жидкости из системы охлаждения производится при снятой пробке радиатора через *сливные краники* на радиаторе и на блоке. Элементы жидкостной системы охлаждения соединяются при помощи *стальных труб, чугунных патрубков и прорезиненных гибких шлангов* с хомутиками. Такое соединение допускает относительное смещение двигателя и радиатора.

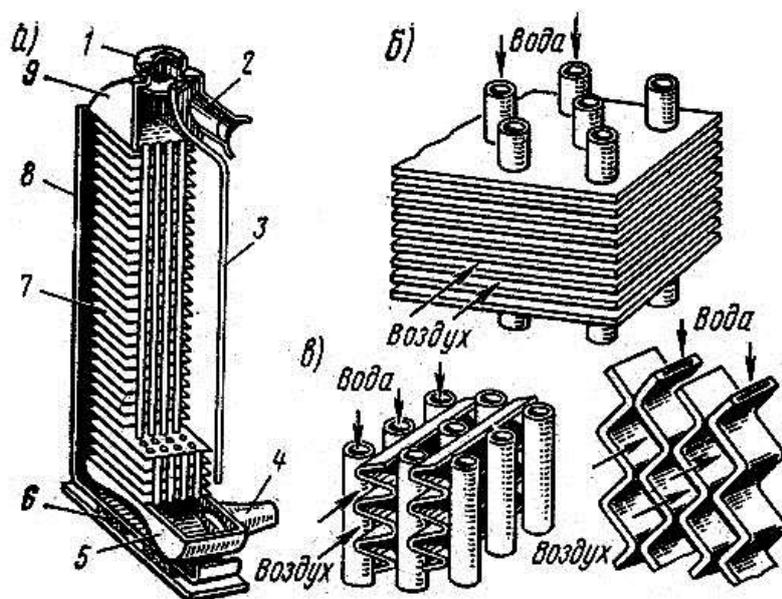
Конденсационный (расширительный) бачок компенсирует изменение объема жидкости при ее нагревании, способствует удалению из охлаждающей жидкости воздуха и конденсации пара, поступающего в него из системы охлаждения.

Расширительный бачок соединяется перепускной трубкой с верхним бачком радиатора. При кипении охлаждающей жидкости пар по трубке поступает в расширительный бачок и конденсируется при перемешивании с жидкостью, находящейся в бачке. С понижением температуры в бачке создается разрежение. При этом открывается впускной клапан пробки и воздух поступает внутрь бачка, а охлаждающая жидкость из расширительного бачка пополняет систему. Благодаря наличию бачка в радиаторе поддерживается необходимый уровень жидкости.

Контроль за температурой в системе охлаждения осуществляют по показаниям *электрических указателей температуры воды*, а также *аварийными сигнализаторами*.

Устройство радиатора

Радиатор состоит из верхнего 9 и нижнего 5 резервуаров (бачков) и сердцевины 7, в которой и происходит охлаждение жидкости (рисунок 5.7, а). В бачках имеются патрубки 4 и 2, соединяемые с патрубками двигателя. В верхнем бачке 9 имеется горловина 1 (через которую заливается жидкость), закрываемая пробкой. Внутри бачка или в горловину впаяна пароотводная трубка 3, которая отводит пар из системы в случае закипания жидкости, предотвращая увеличение давления в системе. В нижнем бачке 5 или в патрубке 4 монтируется краник для слива жидкости из радиатора.



1 – горловина; 2,4 – патрубки; 3 – пароотводная трубка;
 5 – нижний резервуар; 6 – резиновые подушки; 7 – сердцевина;
 8 – рамка; 9 – верхний резервуар

Рисунок 5.7 – Радиатор системы охлаждения

Сердцевины радиаторов бывают трубчато-пластинчатые, трубчато-ленточные и пластинчатые (рисунок 5.7, б, в, г). Для придания радиатору большей прочности с обеих сторон сердцевины припаяны жесткие боковины. Радиатор вмонтирован в рамку 8 (рисунок 5.7, а), которая крепится к поперечным рамам на резиновых подушках или на пружинах, которые обеспечивают мягкость и эластичность крепления.

Патрубки бачков радиатора соединены с патрубками двигателя гибкими шлангами, которые закреплены на патрубках стяжными хомутами.

Заливная горловина 1 радиатора закрывается специальной пробкой, имеющей паровой и воздушный клапаны. Пароотводная трубка 3 впаяна сбоку в горловину над клапанами пробки. В случае возникновения разрежения, равного 0,002—0,01 МПа, воздушный клапан открывается и впускает в верхний бачок 9 воздух из атмосферы. Паровой клапан открывается и выпускает пар из верхнего бачка в атмосферу через пароотводную трубку при повышении избыточного давления в нем до 0,03 МПа. Пробка с паровоздушным клапаном унифицирована для большинства грузовых автомобилей и тракторов.

Для регулирования интенсивности обдува радиатора встречным потоком воздуха служат жалюзи или шторки радиатора. Они состоят из отдельных пластин-створок, укрепленных шарнирно впереди радиатора. С помощью тяги и системы рычагов пластины поворачиваются вокруг своей оси на угол до 90°.

Работа жидкостной системы охлаждения

При работе двигателя водяной насос 2 (рисунок 5.6) создает циркуляцию жидкости через охлаждающую рубашку 11, патрубки 13 и радиатор 1. Проходя по рубашке блока и головки цилиндров, охлаждающая жидкость омывает стенки цилиндров, камеры сгорания и другие детали. Нагретая жидкость по патрубку 13 поступает в верхнюю часть радиатора 1 и далее по большому количеству трубок из верхней части радиатора в нижнюю, отдавая при этом тепло потоку воздуха. Охлажденная жидкость из нижнего бачка радиатора вновь поступает в рубашку двигателя. Систему рассчитывают так, чтобы при прохождении через радиатор 1 температура жидкости снизилась на 6—10 °С. Термостат 4, установленный в верхнем водяном патрубке, автоматически меняет интенсивность циркуляции жидкости через радиатор, поддерживая ее оптимальную температуру. Поступление воздуха к радиатору можно регулировать с помощью жалюзи – шторок перед радиатором, открываемых в зависимости от теплового режима двигателя вручную или автоматически.

Вместимость системы охлаждения автотракторных двигателей определяется типом двигателя и находится в пределах 7,5–50 л.

Ход работы

1 Изучить назначение и общее устройство системы жидкостного охлаждения.

2 Изучить назначение узлов и деталей системы водяного охлаждения.

3 Зарисовать основные детали системы водяного охлаждения.

4 Изучить устройство радиатора.

5 Зарисовать устройство радиатора.

6 Ознакомиться с работой жидкостной системы охлаждения.

Вопросы для самоконтроля

1 Каково назначение деталей и узлов системы охлаждения?

2 Каково назначение и устройство радиатора?

3 Что охватывает в себя работа системы охлаждения?

Литература

1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 275—285.

2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 45—52.

Лабораторная работа 4

Устройство системы смазки двигателей

Цель: Изучение конструкции узлов и деталей системы смазки двигателя и их взаимодействие во время работы. Изучение путей циркуляции масла в системе смазки.

Материалы и оборудование: фильтры грубой и тонкой очистки, масляной насос, масляной радиатор, учебные плакаты, набор гаечных ключей.

Основные понятия по теме

Назначение узлов и деталей системы смазки

Система смазки двигателя служит для подачи масла к трущимся поверхностям с целью уменьшения трения, удаления продуктов износа и охлаждения трущихся деталей, повышения их износостойкости.

В зависимости от способа подвода масла к трущимся поверхностям различают три системы смазки – *разбрызгиванием, под давлением и комбинированную*. В настоящее время на большинстве автотракторных двигателей применяется комбинированная система смазки, при которой часть деталей смазывается маслом под давлением, а часть – разбрызгиваемым маслом и самотеком.

Масляный насос служит для подачи масла под давлением к трущимся деталям, приборам очистки и охлаждения масла.

Масляные фильтры служат для очистки циркулирующего в системе смазки масла от примесей (частиц износа, смол, абразивных частиц и пр.), ускоряющих износ деталей двигателей. В зависимости от требуемого качества очистки масла различают следующие типы фильтров.

Сетчатые фильтры маслоприемников устанавливаются перед входом масла в насос. Эти фильтры не пропускают в масляный насос крупные механические примеси, что предохраняет насос от повышенного износа или поломок. Часто металлические частицы (продукты износа) улавливают при помощи магнита, устанавливаемого в сливной пробке поддона картера.

Фильтры грубой очистки служат для очистки масла, поступающего в магистраль, задерживая при этом частицы размером до 0,1 мм. Эти фильтры обладают сравнительно малым сопротивлением и включаются

в масляную систему последовательно, т. е. через них проходит все масло, подаваемое насосом. Грубую очистку масла обычно производят с помощью пластинчато-щелевых или ленточно-щелевых фильтров.

В качестве *фильтров тонкой очистки* широко применяются центробежные фильтры или центрифуги, ротор которых вращается с частотой 6000–7000 об/мин. Преимуществами центробежного фильтра являются повышенная фильтрующая способность и отсутствие сменных фильтрующих элементов.

Для поддержания температуры масла в рекомендуемых пределах его необходимо охлаждать, что достигается автоматически благодаря обдуву поддона картера двигателя воздухом. Когда этого недостаточно, в схеме смазки предусматривают специальные **радиаторы**, которые обычно устанавливают перед радиатором системы охлаждения двигателя. Включение его в систему смазки производят краном при температуре окружающего воздуха выше 20 °С, а также при работе с большой нагрузкой и при малых скоростях движения.

Контроль уровня, давления и температуры масла осуществляется соответственно *маслоизмерительным стержнем (щупом)*, *манометром* и *дистанционным термометром*. Масло в картер двигателя необходимо наливать до определенного уровня через маслозаливную горловину. На маслоизмерительном стержне нанесены риски, соответствующие допустимым максимальному и минимальному уровням масла.

Устройство масляного насоса

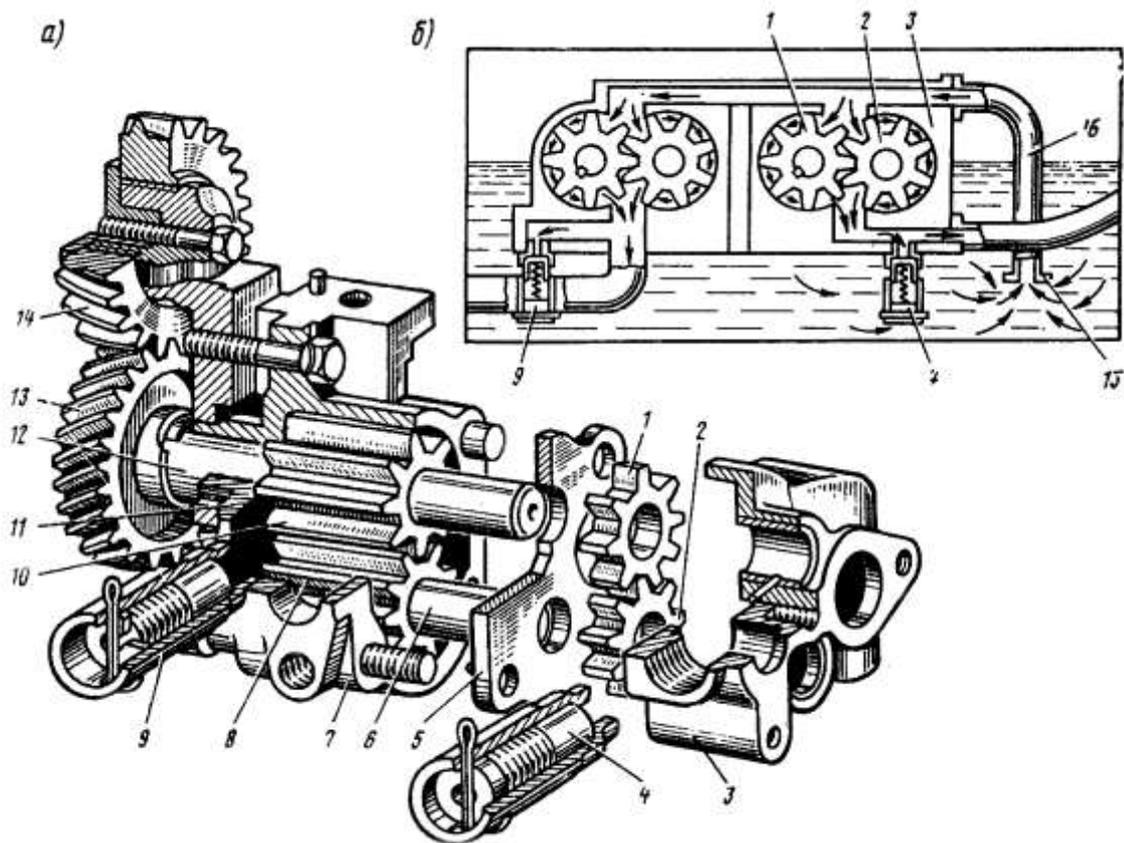
На автотракторных двигателях применяются шестеренчатые одно- и многосекционные насосы с шестернями внешнего зацепления.

На рисунке 5.8 представлены схема и конструкция двухсекционного масляного насоса. Устройство и действие каждой его секции ничем не отличаются от устройства и действия односекционного насоса.

Двухсекционный масляный насос состоит из корпуса основной секции 7, разделительной пластины 5 и корпуса дополнительной 3 (радиаторной) секции. Каждая секция имеет ведущие 1, 10 и ведомые 2, 8 шестерни. Ведущие шестерни 1, 10 приводятся во вращение от ведущего вала 12, установленного во втулке 11. В корпусе основной секции 7 насоса установлен редукционный клапан 9 насоса, а в корпусе 3 предохранительный клапан 4.

При работе насоса масло под действием разрежения, создаваемого при вращении шестерен, поступает в насос через маслозаборник 15 и всасывающую трубку 16, заполняет впадины между зубьями шестерен

и переносится ими в нагнетательный канал насоса. Из насоса масло поступает под давлением к масляным фильтрам и трущимся деталям.



1, 10 – ведущие шестерни; 2, 8 – ведомые шестерни; 3 – корпус дополнительной секции; 4 – предохранительный клапан; 5 – разделительная пластина; 6 – ось; 7 – корпус основной секции; 9 – редукционный клапан; 11 – втулка; 12 – ведущий вал; 13, 14 – промежуточные шестерни; 15 – маслозаборник; 16 – всасывающая трубка

Рисунок 5.8 – Двухсекционный масляный насос

Основная (верхняя) секция насоса подает масло в систему смазки, а дополнительная (нижняя) – в масляный радиатор или в фильтр центробежной очистки масла. Масляный насос устанавливается внутри или снаружи картера.

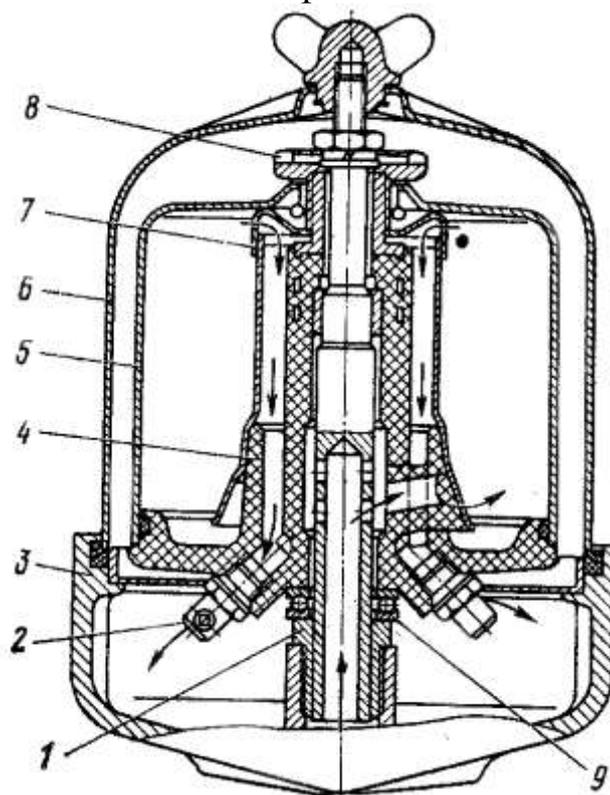
Подача масляных насосов значительно выше, чем это необходимо для надежной смазки деталей двигателя. Это сделано для обеспечения необходимого давления масла на всех режимах работы двигателя. Для отвода излишка масла, подаваемого насосом, и ограничения давления в системе смазки служит *редукционный клапан*, через который этот

излишек сливается в поддон картера или перепускается снова на линию всасывания. По мере износа подшипников двигателя увеличивается и расход масла, подаваемого к трущимся поверхностям. В этом случае давление масла не снизится, но через редукционный клапан будет перепускаться меньшее его количество.

Редукционный клапан может быть выполнен в виде *плунжера* или *шарика*, нагруженного пружиной.

Устройство центробежного масляного фильтра

Центробежный фильтр состоит из корпуса 3 (рисунок 5.9), закрытого кожухом 6. В корпусе закреплена пустотелая ось 1, на которой установлен ротор 4, вращающийся на упорном подшипнике 9. К ротору 4 при помощи гайки 8 крепится колпак 5. Внутри ротора имеются две вертикальные трубки с сетчатыми фильтрами 7 в верхней части. Под трубками в основании ротора проходят два горизонтальных канала с завернутыми в них жиклерами 2.



1 – ось; 2 – жиклеры; 3 – корпус; 4 – ротор; 5 – колпак;
6 – закрытый кожух; 7 – вертикальные трубки с сетчатыми
фильтрами; 8 – гайка; 9 – упорный подшипник

Рисунок 5.9 – Центробежный масляный фильтр

Масло в центробежный фильтр поступает под давлением из системы смазки двигателя через пустотелую ось 1 ротора 4 и вытекает из жиклеров двумя струями, направленными в разные стороны, что создает реактивную пару сил, вращающую ротор. При этом тяжелые частицы грязи и осадков, подлежащие отделению, отбрасываются к внутренней поверхности стенок колпака 5 и оседают на них в виде плотного слоя, который удаляется при техническом обслуживании.

Центробежный масляный фильтр включается в систему смазки параллельно при наличии фильтра грубой очистки и последовательно при его отсутствии. На автотракторных двигателях последних выпусков применяется полнопоточная масляная центрифуга. Особенность ее состоит в том, что все масло очищается в роторе реактивной центрифуги.

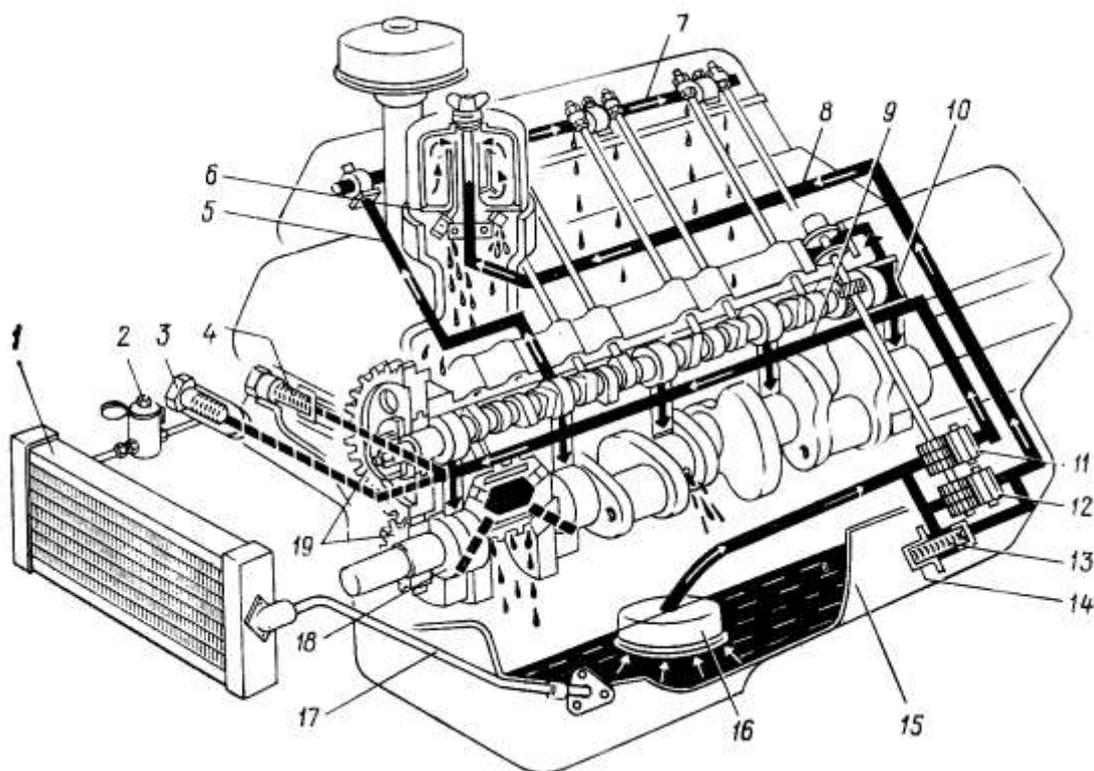
Работа системы смазки

Работу системы смазки рассмотрим на примере двигателя автомобиля ГАЗ-53А (рисунок 5.10), который имеет комбинированную систему смазки, типичную для двигателей с верхним расположением клапанов.

При работе двигателя приводится в действие от распределительного вала шестеренный масляный насос 14, который через маслоприемник 16 забирает масло из поддона картера 15. Нижняя секция 12 масляного насоса нагнетает масло по каналу 8 в центрифугу 6, после которой масло сливается в поддон картера. Верхняя секция 11 масляного насоса нагнетает масло в главную масляную магистраль 9 блока цилиндров. Из главной магистрали масло по каналам 10 в блоке подводится к коренным подшипникам коленчатого и распределительного валов. От коренных шеек коленчатого вала по каналам 18, просверленным в валу, масло поступает к шатунным подшипникам.

Из второй и четвертой втулок распределительного вала масло пульсирующим потоком подается по каналу 5 в полые оси 7 коромысел. Смазка распределительных шестерен 19 осуществляется маслом, сливаемым из центрифуги.

Из полости, расположенной между пятой шейкой распределительного вала и заглушкой блока цилиндров, масло подается к приводу прерывателя-распределителя зажигания.



1 – радиатор; 2 – кран; 3 – предохранительный клапан;
 4, 13 – редукционные клапаны; 5, 8, 10, 18 – каналы; 6 – центрифуга;
 7 – полые оси коромысел; 9 – главная масляная магистраль;
 11 – верхняя секция масляного насоса; 12 – нижняя секция масляного насоса;
 14 – шестеренный масляный насос; 15 – поддон картера;
 16 – маслоприемник; 17 – трубопровод; 19 – распределительные шестерни

Рисунок 5.10 – Система смазки двигателя

Для охлаждения масла при работе двигателя с большой нагрузкой или при температуре выше $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ краном 2 включается радиатор 1, подключенный параллельно главной масляной магистрали. Масло в радиатор поступает через предохранительный клапан 3, который открывается при давлении $0,1\text{ МПа}$ и отводится по трубопроводу 17. Клапан 3 даже при открытом кране 2 автоматически закрывается и не пропускает масло в радиатор.

В системе смазки имеются два автоматически работающих редукционных клапана 4 и 13. Редукционный клапан 13 расположен в корпусе нижней секции насоса и предназначен для поддержания давления масла, подаваемого к центрифуге не выше $0,45\text{ МПа}$. Лишнее

масло при избыточном давлении поступает во всасывающую полость насоса. Клапан 4 главной масляной магистрали отрегулирован на давление 0,4 МПа. При более высоком давлении клапан открывается и часть масла сливается в поддон 15 картера.

Для контроля минимального давления масла в системе смазки служит сигнальная лампа на щитке приборов, включающаяся, когда давление падает до 0,04 МПа.

Вместимость системы смазки определяется типом двигателя и колеблется в пределах 4—30 л.

Ход работы

- 1 Изучить назначение узлов и деталей системы смазки.
- 2 Изучить устройство масляного насоса.
- 3 Зарисовать схему шестеренчатого масляного насоса.
- 4 Изучить устройство центробежного масляного фильтра.
- 5 Зарисовать схему центрифуги.
- 6 Ознакомиться с работой системы смазки.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение деталей и узлов системы смазки?
- 2 Каково назначение и устройство масляного насоса?
- 3 Каково назначение и устройство центробежного масляного фильтра?
- 4 В чем заключается работа системы смазки?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 265—274.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 52—59.

Лабораторная работа 5

Устройство системы питания карбюраторных и дизельных двигателей

Цель: Ознакомление с расположением основных приборов и механизмов системы питания карбюраторных и дизельных двигателей, их устройством и работой.

Материалы и оборудование: карбюратор, фильтр тонкой очистки топлива, топливоподкачивающий насос, топливный насос высокого давления, форсунки, учебные плакаты.

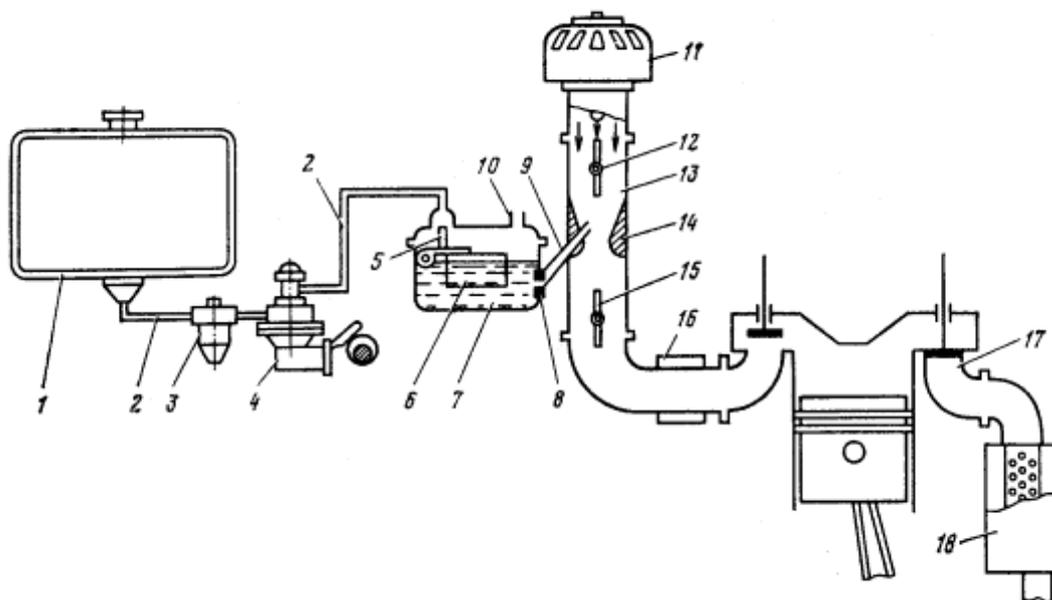
Основные понятия по теме

Назначение и общее устройство системы питания карбюраторного двигателя

Система питания карбюраторного двигателя предназначена для очистки топлива и воздуха, приготовления горючей смеси требуемого состава и качества и подачи её в необходимом количестве в цилиндры двигателя, а также для отвода из цилиндров отработавших газов.

Система питания автомобильного карбюраторного двигателя состоит из топливного бака 1 (рисунок 5.11), фильтра-отстойника 3, топливопроводов 2, насоса 4, карбюратора 7, впускного трубопровода 16, выпускного трубопровода 17, глушителя 18, воздухоочистителя 11, ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала, указателя уровня топлива и других элементов.

При работе двигателя топливо из бака 1 через фильтр 3 по топливопроводу 2 поступает в топливный насос 4, который нагнетает топливо в карбюратор 7. В карбюраторе топливо распыляется на мельчайшие частицы, смешивается с воздухом, поступившим из атмосферы через воздушный фильтр 11 и образует горючую смесь. Под действием разрежения, создаваемого поршнями при тактах впуска, горючая смесь из карбюратора 7 по впускному трубопроводу 16 подводится в цилиндры двигателя. Горючая смесь, поступившая в цилиндры двигателя и смешанная с оставшимися от предыдущего цикла продуктами сгорания, образует рабочую смесь. После сгорания рабочей смеси отработавшие газы через выпускной трубопровод 17 и глушитель шума выпуска 18 отводятся в окружающую среду.



- 1 – топливный бак; 2 – топливопроводы; 3 – фильтр-отстойник;
 4 – насос; 5 – игольчатый клапан; 6 – поплавок; 7 – карбюратор;
 8 – жиклер; 9 – распылитель; 10 – отверстие; 11 – воздухоочиститель;
 12 – воздушная заслонка; 13 – смесительная камера; 14 – диффузор;
 15 – дроссельная заслонка; 16 – впускной трубопровод;
 17 – выпускной трубопровод; 18 – глушитель

Рисунок 5.11 – Система питания карбюраторного двигателя

Приготовление горючей смеси из паров жидкого топлива и воздуха для карбюраторных двигателей начинается вне цилиндра двигателя в особом приборе, называемом *карбюратором*. В зависимости от направления потока горючей смеси различают карбюраторы с восходящим, горизонтальным и падающим потоками. На автомобильных двигателях, как правило, устанавливаются карбюраторы с падающим потоком, а на мотоциклах и пусковых двигателях тракторов – с горизонтальным потоком.

По числу смесительных камер карбюраторы подразделяются на одно-, двух- и многокамерные. Применение многокамерных карбюраторов позволяет повысить мощность двигателей вследствие лучшей дозировки и распределения горючей смеси по цилиндрам.

Простейший карбюратор (рисунок 5.11) состоит из поплавковой и смесительной камер. В поплавковой камере шарнирно закреплены поплавок 6, управляющий игольчатым клапаном 5, который поддерживает постоянный уровень топлива в поплавковой камере и распылителе 9. Полость поплавковой камеры сообщается с атмосферой через отверстие

10, а через калиброванное отверстие жиклер 8 сообщается с распылителем 9, выведенным в смесительную камеру 13, в которой установлен диффузор 14, обеспечивающий увеличение скорости воздушного потока и создающий разрежение около распылителя. Дроссельная заслонка 15 регулирует количество поступающей горючей смеси из карбюратора в цилиндры двигателя, а воздушная заслонка 12 регулирует количество поступающего воздуха и тем самым изменяет разрежение в смесительной камере.

Топливо из бака по трубопроводу поступает в поплавковую камеру и заполняет ее. Когда уровень в поплавковой камере достигает требуемого предела, поплавок 6 прижимает запорную иглу 5 к ее седлу и поступление топлива в поплавковую камеру прекращается. При понижении уровня поплавок опускается, и игла вновь открывает доступ топливу в поплавковую камеру.

Из поплавковой камеры топливо через жиклер 8 поступает в распылитель 9, выходное отверстие которого находится в горловине диффузора 14. Чтобы топливо не вытекало из распылителя при неработающем двигателе, выходное отверстие распылителя расположено на 1–2 мм выше уровня топлива в поплавковой камере.

Во время такта впуска разрежение из цилиндра передается через впускной трубопровод 16 в смесительную камеру 13 и вызывает в ней движение воздуха в направлении, указанном стрелками. Вследствие разницы между атмосферным давлением в поплавковой камере и разрежением в диффузоре топливо фонтанирует из распылителя, захватывается потоком воздуха, распыляется на более мелкие частицы и, смешиваясь с воздухом, образует горючую смесь, которая поступает в цилиндр двигателя.

С изменением разрежения в диффузоре будет меняться и количество истекающего топлива из распылителя, а следовательно, и состав горючей смеси. Это объясняется тем, что скорости истечения воздуха через диффузор и жидкости через распылитель не остаются пропорциональными при различных разрежениях.

К современному карбюратору предъявляют следующие требования: тонкое распыливание топлива, хорошее перемешивание его с воздухом и точная дозировка смеси по количеству и составу в зависимости от режима работы двигателя. Для выполнения этих требований карбюраторы имеют главное дозирующее устройство и вспомогательные устройства и системы (систему холостого хода, экономайзер, эконостат, насос-ускоритель, пусковое и другие устройства).

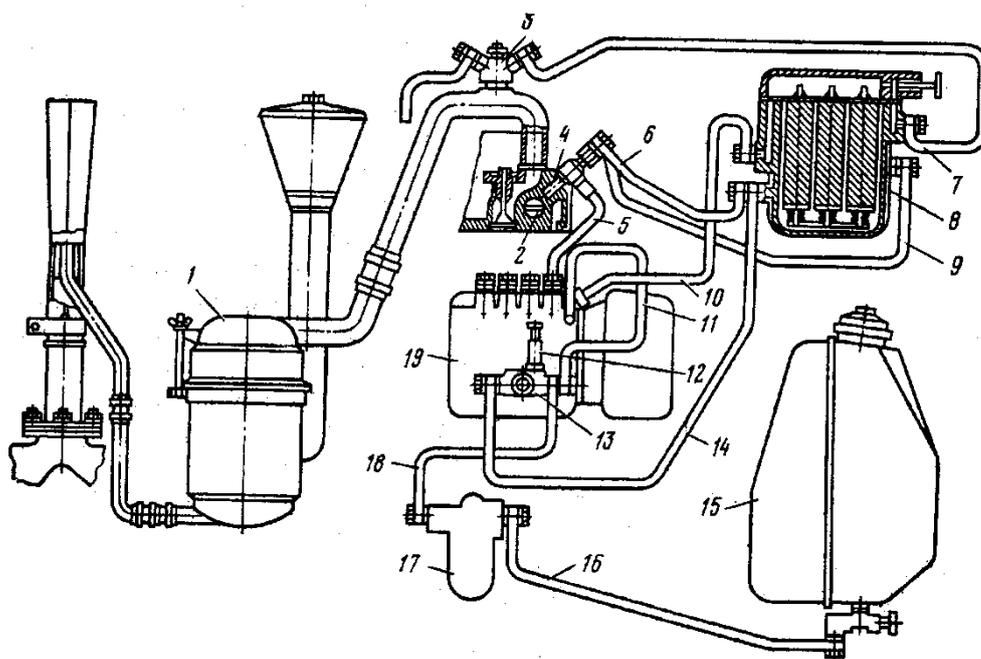
Назначение и общее устройство системы питания дизельного двигателя

Система питания дизельного двигателя должна обеспечивать точную дозировку и своевременную подачу топлива в каждый цилиндр через равные угловые интервалы, очистку воздуха, подаваемого в цилиндры, и удаление отработанных газов.

Наибольшее распространение на автомобилях и тракторах получили четырехтактные дизельные двигатели, системы питания которых мало отличаются друг от друга.

Эти двигатели имеют раздельную топливную аппаратуру, состоящую из систем низкого и высокого давления.

Система низкого давления включает в себя топливный бак 15 (рисунок 5.12), фильтр 17 предварительной очистки топлива, фильтр 8 тонкой очистки топлива, топливоподкачивающий насос 13 и топливопроводы 6, 7, 9, 10, 11, 14, 16, 18 низкого давления.



1 – воздухоочиститель; 2 – камера сгорания; 3 – пусковой подогреватель; 4 – форсунки; 5 – топливопроводы высокого давления; 6, 7, 9, 10, 11, 14, 16 – топливопроводы; 8 – фильтр тонкой очистки топлива; 12 – дополнительный ручной насос; 13 – топливоподкачивающий насос; 15 – топливный бак; 17 – фильтр предварительной очистки топлива; 18 – топливопровод низкого давления; 19 – топливный насос высокого давления

Рисунок 5.12 – Система питания дизельного двигателя

Система высокого давления состоит из топливного насоса высокого давления 19, форсунок 4 и топливопроводов высокого давления 5.

Топливо из бака 15 по трубопроводам 16 и 18 через фильтр 17 грубой очистки подкачивающим насосом 13 подается по трубке 14 к фильтру 8 тонкой очистки. Из фильтра 8 в питающую полость насоса 19 высокого давления топливо поступает по трубке 10, а затем по трубопроводу 5 высокого давления в форсунку 4, а из форсунки впрыскивается в камеру сгорания 2. Избыток топлива после фильтра тонкой очистки поступает по трубке 11 на линию всасывания подкачивающего насоса 13.

К наиболее важным элементам системы питания дизельного двигателя относятся топливный насос высокого давления и форсунка.

Топливный насос высокого давления (ТНВД) служит для подачи в каждый цилиндр двигателя через форсунку требуемого количества топлива под высоким давлением и в определенный момент.

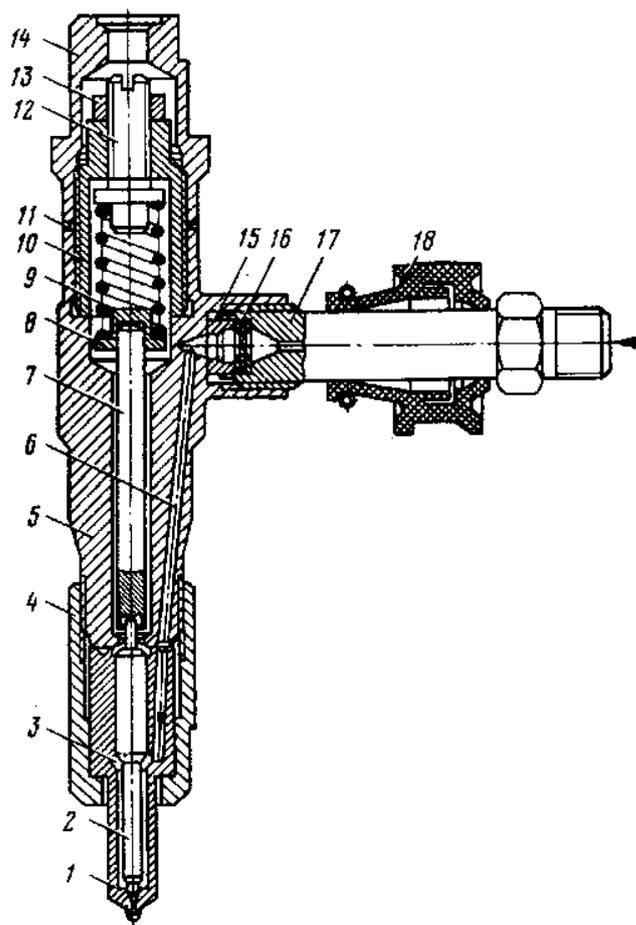
Форсунка служит для ввода топлива в тонкораспыленном виде в камеру сгорания и равномерного распределения его по всему объему. Форсунки бывают открытые и закрытые.

Устройство и работа форсунки закрытого типа

Форсунка закрытого типа с гидравлическим управлением запорной иглой состоит из корпуса 5 (рисунок 5.13), к которому при помощи гайки 4 крепится распылитель 1 с четырьмя сопловыми отверстиями. Давление пружины 9 передается через шток 7 игле 2, которая прижимается к своему седлу и перекрывает выход топлива из полости распылителя 1 к его сопловым отверстиям. Натяжение пружины 9 регулируется винтом 12 с контргайкой 13, которые сверху закрываются колпачком 14.

Из насоса высокого давления топливо по трубопроводу через штуцер 17, фильтр 16 в гнезде 15 и канал 6 поступает в кольцевую камеру 3 – распылителя. Под действием давления топлива игла 2 поднимается, преодолевая сопротивление пружины 9 и открывает доступ топлива к сопловым отверстиям.

Когда в насосе высокого давления произойдет отсечка подачи топлива и давление в трубопроводе в связи с его разгрузкой станет меньше необходимого для удержания иглы в поднятом состоянии, игла 2 пружиной 9 плотно прижмется к гнезду и поступление топлива в цилиндр двигателя прекратится.



1 – распылитель; 2 – игла; 3 – кольцевая камера; 4 – гайка распылителя; 5 – корпус; 6 – топливный канал; 7 – шток; 8 – опорная шайба; 9 – пружина; 10 – гайка; 11 – уплотнительная шайба; 12 – регулировочный винт; 13 – контргайка; 14 – колпачок; 15 – гнездо фильтра; 16 – сетчатый фильтр; 17 – штуцер; 18 – резиновый уплотнитель

Рисунок 5.13 – Форсунка закрытого типа

Ход работы

- 1 Изучить общее устройство системы питания карбюраторного двигателя.
- 2 Изучить устройство и работу простейшего карбюратора.
- 3 Зарисовать систему питания карбюраторного двигателя.
- 4 Изучить общее устройство системы питания дизельного двигателя.
- 5 Зарисовать систему питания дизельного двигателя.

6 Изучить устройство и работу форсунки закрытого типа.

7 Зарисовать форсунку закрытого типа.

Вопросы для самоконтроля

1 Каково назначение деталей и узлов системы питания карбюраторного и дизельного двигателя?

2 Каково назначение и устройство простейшего карбюратора?

3 Каково устройство и в чем заключается работа форсунки закрытого типа?

Литература

1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 240—265.

2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 59—79, 82—94.

Лабораторная работа 6

Устройство системы зажигания автомобилей

Цель: Изучение общей схемы и приспособлений системы зажигания.

Материалы и оборудование: аккумуляторная батарея, генератор с реле-регулятором, катушка зажигания, прерыватель-распределитель, свечи зажигания, провода высокого напряжения, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Общее устройство системы зажигания автомобилей

Система зажигания обеспечивает воспламенение рабочей смеси в камерах сгорания в соответствии с порядком работы цилиндров и режимом работы двигателя. В карбюраторных и газовых двигателях воспламенение рабочей смеси производится электрической искрой, проходящей между электродами свечи.

Система зажигания должна обеспечивать на электродах свечи высокое напряжение (не менее 12 000 В) на всех режимах работы двигателя. В зависимости от источника питания системы зажигания подразделяются на системы батарейного зажигания и системы зажигания от магнето.

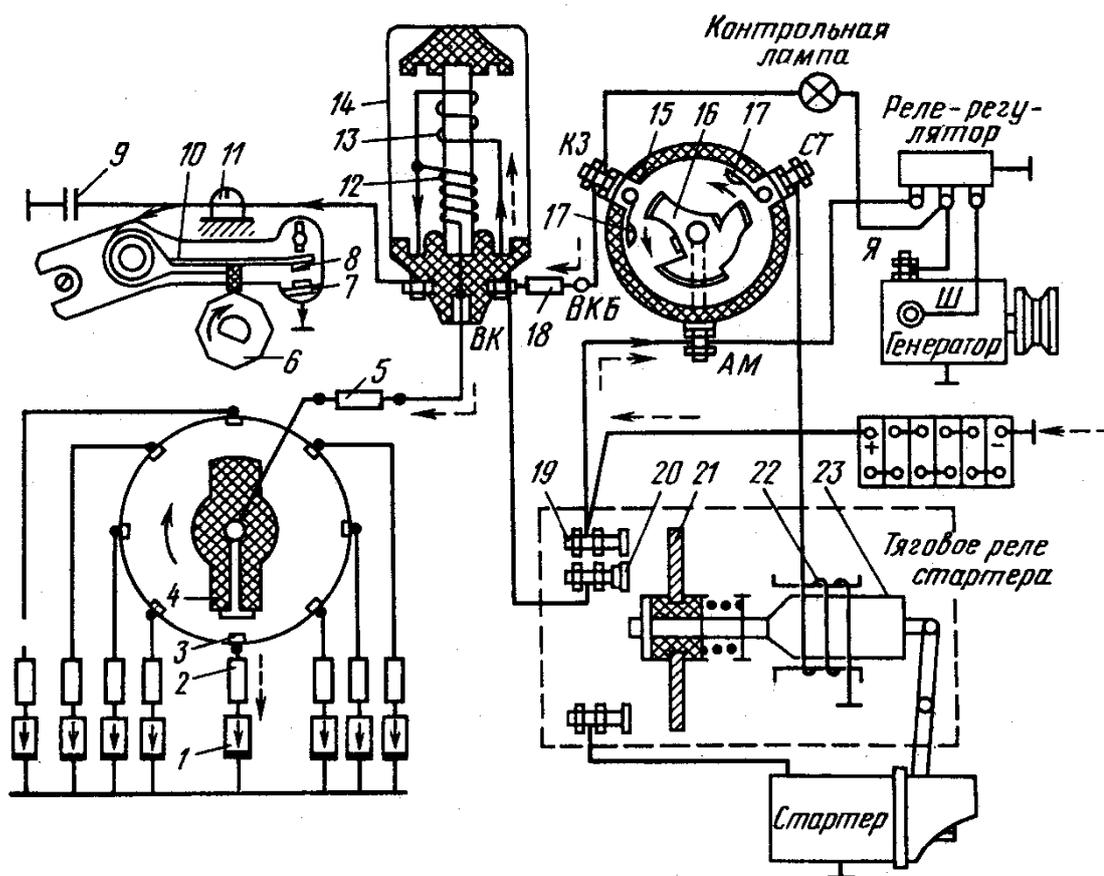
Принципиальная схема *батарейного зажигания* примерно одинакова для всех двигателей (рисунок 5.14).

В систему батарейного зажигания входят: источники тока низкого напряжения (аккумуляторная батарея и генератор с реле-регулятором), выключатель зажигания 15, катушка зажигания 14, прерыватель-распределитель, свечи зажигания 1 и провода низкого и высокого напряжения.

В схеме батарейного зажигания приборы соединены между собой проводами и образуют цепи низкого и высокого напряжения.

Цепь низкого напряжения питается от аккумуляторной батареи или генератора, в нее последовательно включены прерыватель, первичная обмотка 13 индукционной катушки с добавочным сопротивлением 18 и замок зажигания.

В цепь высокого напряжения входят вторичная обмотка 12 индукционной катушки, распределитель, провода высокого напряжения и свечи зажигания 1.



1 – свеча зажигания; 2, 5 – подавительное сопротивление;
 3 – электрод крышки; 4 – электрод ротора; 6 – кулачок прерывателя;
 7 – неподвижный контакт прерывателя; 8 – подвижный контакт
 рычажка прерывателя; 9 – конденсатор; 10 – рычажок; 11 – зажим
 прерывателя; 12 – вторичная обмотка; 13 – первичная обмотка;
 14 – катушка зажигания; 15 – корпус выключателя зажигания;
 16 – ротор выключателя; 17 – пружинящие пластины; 18 – добавочное
 сопротивление; 19 – зажим тягового реле стартера; 20 – пружинящая
 контактная пластина зажима тягового реле стартера; 21 – контактный
 диск; 22 – обмотка тягового реле; 23 – якорек тягового реле

Рисунок 5.14 – Система батарейного зажигания автомобиля

Ток высокого напряжения получается в результате совместной работы прерывателя и индукционной катушки. Кулачок прерывателя б, вращаясь, размыкает и замыкает цепь низкого напряжения, за счет чего в первичной обмотке 13 индукционной катушки 14 получается прерывистый ток. Этот ток создает меняющееся магнитное поле. При размыкании контактов 7 и 8 ток в первичной цепи и созданное им

магнитное поле быстро исчезают. При исчезновении магнитное поле пересекает витки первичной и вторичной обмоток. Во вторичной обмотке индуцируется ток высокого напряжения (12 000–24 000 В).

Напряжение во вторичной обмотке зависит от величины тока в первичной обмотке и быстроты его исчезновения. Чем быстрее исчезнет ток в первичной обмотке при размыкании, тем выше напряжение во вторичной обмотке. Искрение в контактах при размыкании уменьшает быстроту исчезновения тока и резко снижает вторичное напряжение. Для уменьшения искрения параллельно контактам прерывателя включается конденсатор 9.

При включенном зажигании и замкнутых контактах прерывателя под действием электродвижущей силы аккумуляторной батареи (или генератора) в первичной цепи течет ток (показан стрелками на проводниках) низкого напряжения. Возникший во вторичной обмотке ток высокого напряжения подводится к распределителю, а от распределителя – к свечам зажигания. Появившаяся между электродами свечи искра воспламеняет рабочую смесь в цилиндре. Путь тока высокого напряжения указан пунктирными стрелками.

Назначение приспособлений системы зажигания

Катушка зажигания преобразует ток низкого напряжения в ток высокого напряжения. В настоящее время промышленность выпускает индукционные катушки для обычных и контактно-транзисторных систем зажигания.

Прерыватель-распределитель прерывает в нужный момент цепь тока низкого напряжения и распределяет ток высокого напряжения по свечам в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Он состоит из прерывателя тока низкого напряжения, распределителя тока высокого напряжения, центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания, октан-корректора и корпуса. Параллельно контактам прерывателя присоединен конденсатор.

Центробежный регулятор опережения зажигания изменяет угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала.

Вакуумный регулятор опережения зажигания изменяет угол опережения зажигания в зависимости от нагрузки двигателя.

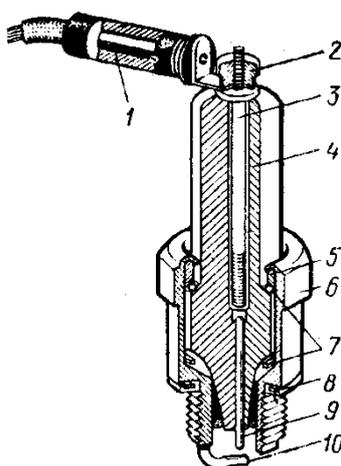
При переводе двигателя на топливо с большим или меньшим октановым числом угол опережения зажигания регулируют *октан-корректором*. Для работы двигателя на топливе с меньшим октановым числом угол

опережения зажигания уменьшают, а для работы на топливе с большим октановым числом увеличивают.

Выключатель зажигания предназначен для включения и выключения приборов зажигания и соединения с источниками тока контрольно-измерительных приборов, электродвигателей стеклоочистителя и вентилятора обдува ветрового стекла, радиоприемника и реле включения стартера (в момент пуска двигателя).

Устройство свечи зажигания

Свечи зажигания (рисунок 5.15) состоят из стального корпуса *б* с резьбой и боковым электродом *10*. В корпусе завальцован изолятор *4* с центральным электродом *9*. Изолятор изготовляют из уралита, боркорунда и других материалов. Эти керамические изоляторы обладают высокой механической и изоляционной стойкостью при высоких температурах. Электроды свечи и центральный стержень *3* выполнены из никелевомарганцовой или хромоникелевой стали. Зазор между электродами составляет 0,6—0,8 мм. Между корпусом и изолятором установлены уплотнительные медные и латунные шайбы *7* и промежуточная керамическая втулка *5*. Герметичное крепление свечи в головке блока обеспечивает металлоасбестовая прокладка *8*. Провод высокого напряжения с вмонтированным сопротивлением *1* крепится к стержню центрального электрода гайкой *2*.



- 1* – сопротивление; *2* – гайка; *3* – центральный стержень;
4 – изолятор; *5* – промежуточная втулка; *6* – стальной корпус;
7 – шайба; *8* – прокладка; *9* – центральный электрод;
10 – боковой электрод

Рисунок 5.15 – Свеча зажигания

По длине нижней части изолятора можно судить о тепловой характеристике свечи, по которой подбирают свечи к двигателю. Чем короче выступающая часть изолятора, тем лучше отвод тепла на корпус и тем «холоднее» свеча. И наоборот, чем длиннее нижняя часть изолятора, тем свеча «горячее», так как тепло у таких свечей отводится по более длинному пути.

«Горячие» свечи с длинной юбкой предназначаются для двигателей с небольшой степенью сжатия и умеренным тепловым режимом. Более «холодные» свечи с укороченной юбкой устанавливаются на двигателях с повышенной степенью сжатия и напряженным тепловым режимом.

Ход работы

- 1 Изучить общее устройство системы зажигания автомобилей.
- 2 Зарисовать систему батарейного зажигания.
- 3 Изучить назначение приспособлений системы зажигания.
- 4 Изучить устройство свечи зажигания.
- 5 Зарисовать свечу зажигания.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение и общее устройство системы зажигания автомобиля?
- 2 Каково назначение приспособлений системы зажигания?
- 3 Каково назначение и устройство свечи зажигания?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М.: МГУЛ, 2003. – С. 286—302.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 186—196.

Лабораторная работа 7

Устройство системы пуска двигателей

Цель: Изучение конструкции пусковых устройств двигателей.

Материалы и оборудование: стартер, комплект гаечных ключей и инструментов, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Назначение системы пуска двигателя

Для проворачивания коленчатого вала двигателя в период пуска применяется стартер, питаемый от аккумуляторной батареи. *Стартер* представляет собой электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения с механизмом привода и включающим устройством.

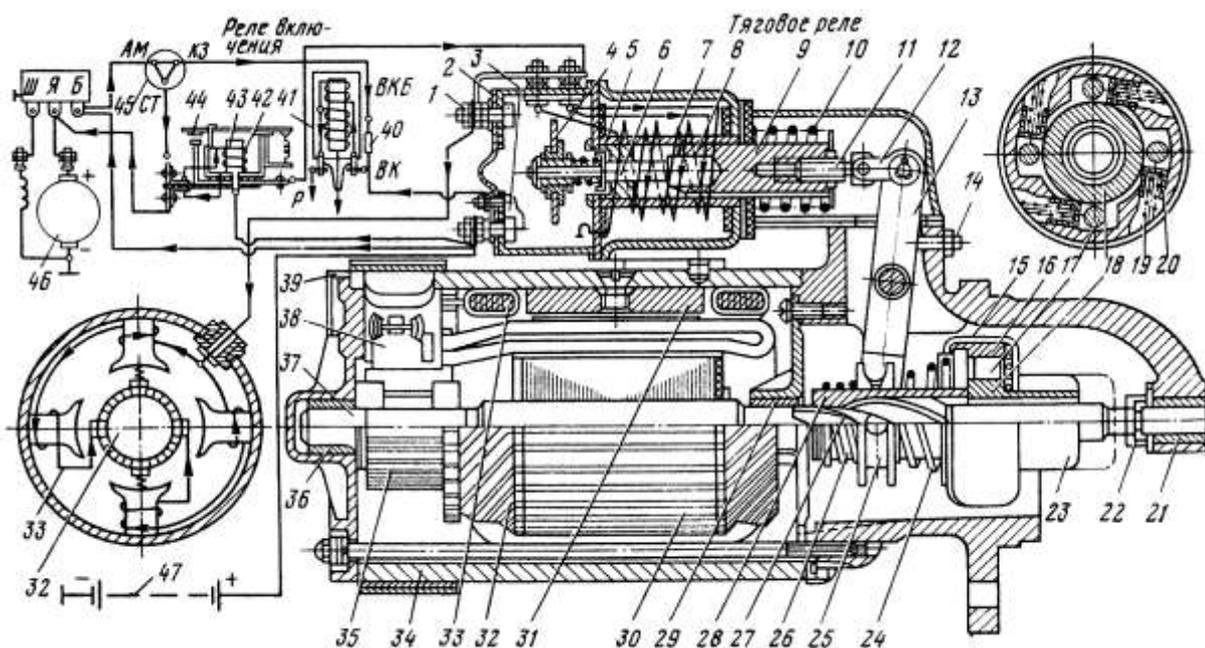
Включающее устройство предназначается для включения электрической цепи стартера при пуске двигателя и выключения ее после пуска.

Включающие устройства могут быть с непосредственным (механическим) и дистанционным (электромагнитным) управлением. При непосредственном управлении замыкание электрической цепи стартера осуществляется включателем – электроконтактным устройством, действующим при нажатии на педаль стартера. Такое управление применяется при близком расположении стартера и аккумуляторной батареи к месту водителя (на тракторах, самоходных шасси и др.). При дистанционном управлении электрическая цепь стартера замыкается при помощи специального реле. Это позволяет избежать сложной системы привода при удаленном расположении места водителя от двигателя. Дистанционное управление применяется на большинстве автомобилей.

Механизм привода служит для сцепления и расцепления приводной шестерни стартера с венцом маховика двигателя. Механизм привода может быть механическим и электромагнитным. В механическом приводе шестерня стартера вводится в зацепление с венцом маховика рычажным устройством, которое водитель включает ногой. В электромагнитном приводе сцепление приводной шестерни с венцом маховика осуществляется специальным электромагнитом. Такой привод исключает возможность ошибочного включения стартера при работающем двигателе.

Устройство и работа стартера

Основными частями *стартера* являются: стальной цилиндрический корпус 34 (рисунок 5.16) с четырьмя полюсными сердечниками 31 и обмоткой возбуждения 33, якорь 32, в пазах которого уложена обмотка 30, коллектор 35 и щетки 38, укрепленные на передней крышке 39. Обмотка возбуждения стартера включена последовательно с обмоткой якоря.



1, 3 – контакты; 2 – крышка; 4 – кольцо; 5, 21, 28, 29, 36 – втулки; 6 – шток; 7 – втягивающая обмотка тягового реле; 8 – удерживающая обмотка тягового реле; 9, 32 – якорь; 10 – возвратная пружина; 11, 14 – винты; 12 – серьга; 13 – рычаг включения; 15 – муфта свободного хода; 16 – наружная обойма; 17 – ролики; 18 – внутренняя обойма; 19 – пружина; 20 – толкатель; 22 – упорное кольцо; 23 – шестерня; 24 – буферная пружина; 25 – муфта включения; 26 – пружина; 27 – винтообразная нарезка вала якоря; 30 – обмотка; 31 – сердечники; 33 – обмотка возбуждения; 34 – корпус; 35 – коллектор; 37 – вал якоря стартера; 38 – щетки; 39 – передняя крышка; 40 – вариатор; 41 – катушка зажигания; 42 – обмотка реле включения; 43 – сердечник реле; 44 – контакты; 45 – замок выключателя зажигания; 46 – якорь генератора; 47 – аккумуляторная батарея

Рисунок 5.16 – Стартер и его электрическая схема

Стартер имеет четыре щетки, изготовленные из материала, содержащего 90 % меди, 4 % графита и 6 % свинца. Вал 37 якоря стартера вращается во втулках 21, 29 и 36 из пористой графитовой бронзы. С валом якоря связана шестерня 23, вводимая в зацепление с зубчатым венцом маховика во время пуска двигателя.

Привод стартера должен вводить шестерню в зацепление с венцом маховика на период пуска двигателя и автоматически разъединять вал стартера, когда двигатель начнет работать.

На всех современных автомобилях устанавливают стартеры, имеющие привод с принудительным включением шестерни. В момент включения стартера шестерня вводится в зацепление принудительно рычагом включения 13.

Разобщение якоря с коленчатым валом после пуска двигателя производится роликовой муфтой свободного хода или специальным сцепляющим механизмом.

После поворота ключа в замке выключателя зажигания 45 по часовой стрелке до отказа ток от аккумуляторной батареи 47 поступит в обмотку 42 реле включения. Сердечник 43 реле намагнитится и замкнет контакты 44, включив тем самым втягивающую 7 и удерживающую 8 обмотки тягового реле. При прохождении тока по втягивающей и удерживающей обмоткам якорь 9 втягивается внутрь втулки 5. При этом связанный с якорем 9 рычаг 13 включения через муфту 25 включения и буферную пружину 24 введет шестерню 23 в зацепление с венцом маховика.

После пуска двигателя якорь стартера разобщается с венцом маховика муфтой свободного хода 15. Ее основными частями являются наружная обойма 16 с втулкой 28 и внутренняя обойма 18 с шестерней 23.

После того как двигатель запущен, частота вращения внутренней обоймы превысит частоту вращения наружной. При этом сила трения, преодолев сопротивление пружины, отведет ролики в широкую часть пазов. Обоймы муфты окажутся разобщенными, и якорь стартера будет предохранен от разноса.

Муфта свободного хода не рассчитана на продолжительную работу, поэтому во избежание повреждений стартер надо выключать сразу же после пуска двигателя.

После выключения стартера якорь тягового реле, а вместе с ним и все детали привода возвращаются в исходное положение возвратной пружиной 10. Пружина 26 смягчает удар втулки 28 о крышку корпуса стартера.

Если, запустив двигатель, не выключить стартер вовремя, то выключение произойдет автоматически благодаря тому, что обмотка 42 реле включения соединена с массой через якорь генератора 46, и генератор сразу после пуска двигателя пошлет в обмотку реле ток, идущий навстречу току от аккумуляторной батареи. Сердечник реле размагнитится, его контакты разомкнутся, и цепь обмотки тягового реле будет разомкнута.

Ход работы

- 1 Изучить назначение системы пуска двигателя.
- 2 Изучить устройство и работу стартера.
- 3 Зарисовать устройство стартера.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение системы пуска двигателя?
- 2 Каково назначение и устройство стартера?
- 3 Для чего служит втягивающее реле?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 303—313.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 196—199.

Лабораторная работа 8

Устройство трансмиссии автомобилей

Цель: Изучение устройства трансмиссии автомобилей и тракторов.

Материалы и оборудование: сцепление, ступенчатая коробка передач, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Общие сведения о трансмиссии

Трансмиссия служит для передачи крутящего момента двигателя к ведущим колесам и позволяет изменять величину и направление этого момента в соответствии с условиями движения автомобиля.

Трансмиссия автомобиля характеризуется колесной формулой. Типы трансмиссий обозначают 4×2, 4×4, 6×4, 6×6. Первая цифра показывает общее количество колес, вторая – число ведущих колес.

Наиболее распространенная схема механической трансмиссии типа 4×2 состоит из сцепления, коробки передач, карданной передачи, главной передачи с дифференциалом и полуосей со ступицами ведущих колес.

Общее устройство однодискового сцепления

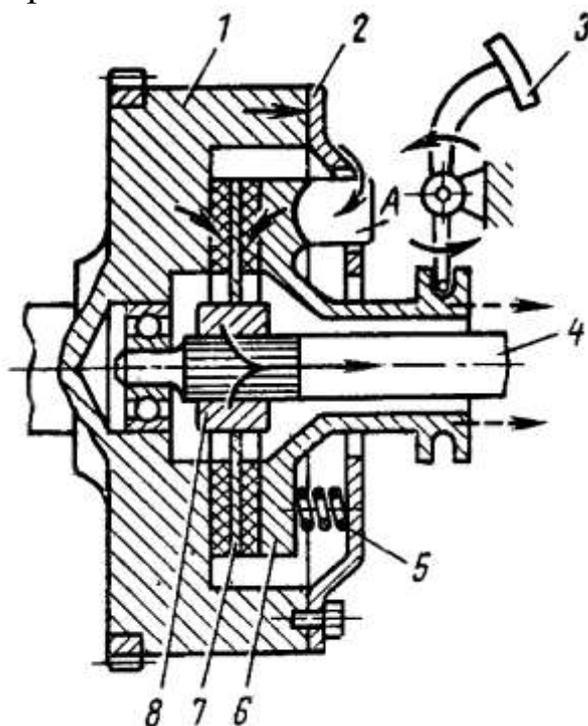
Сцепление предназначено для кратковременного разобщения двигателя от трансмиссии при пуске двигателя, переключении передач и торможении, а также для плавного соединения двигателя с трансмиссией при трогании с места и после переключения передач. Кроме того, сцепление предохраняет трансмиссию от перегрузок, возникающих при неравномерном движении автомобиля по неровностям дороги.

Сцепление состоит из ведущих и ведомых деталей и привода. Детали, воспринимающие крутящий момент от маховика, относятся к ведущим частям сцепления, а детали, передающие момент на первичный вал коробки передач, – к ведомым.

Принцип действия сцепления основан на использовании сил трения между ведущими и ведомыми дисками. Если эти диски разобщены и между ними образуется зазор, то при вращении ведущего диска

крутящий момент к ведомому диску передаваться не будет. Если ведущий диск плотно прижат к ведомому, то вследствие возникающих между ними сил трения крутящий момент от коленчатого вала двигателя будет передаваться на первичный вал коробки передач.

Схема однодискового сцепления с пружинами, расположенными по окружности ведущего диска, показана на рисунке 5.17. К маховику 1 двигателя болтами прикреплен кожух 2 сцепления, имеющий несколько прямоугольных прорезей. В прорези входят выступы А ведущего диска 6, воспринимающие крутящий момент от кожуха сцепления. Между кожухом и ведущим диском по окружности установлено несколько пружин 5, зажимающих ведомый диск 7 между ведущим диском 6 и маховиком 1. Ступица 8 ведомого диска соединена с первичным валом 4 коробки передач при помощи шлицов, благодаря чему диск 7 может перемещаться вдоль вала.



1 – маховик; 2 – кожух сцепления; 3 – педаль привода сцепления;
4 – первичный вал; 5 – пружины; 6 – ведущий диск;
7 – ведомый диск; 8 – ступица

Рисунок 5.17 – Однодисковое сцепление

Для того чтобы выключить сцепление, необходимо нажать на педаль 3 привода сцепления, вследствие чего ведущий диск 6 отойдет назад (показано штриховыми стрелками) и пружины 5 сожмутся;

в результате этого между ведомыми и ведущими деталями сцепления образуются зазоры. В этом случае ведомый диск 7 не соприкасается ни с маховиком, ни с ведущим диском и крутящий момент двигателя не передается на первичный вал коробки передач.

Для того чтобы включить сцепление, необходимо плавно отпустить педаль 3 и пружины 5 разжимаются, перемещая ведущий диск 6 вперед. На поверхности ведомого диска 7, соприкасающегося с маховиком и ведущим диском, возникают силы трения, и крутящий момент передается на ведомый диск (показано сплошными стрелками). При слабом нажатии пружины ведомый диск вращается медленнее ведущего и сцепление пробуксовывает. В этом случае на ведомый диск передается небольшой крутящий момент. Чем больше отпущена педаль, тем сильнее пружины зажимают ведомый диск и тем больший крутящий момент передается на первичный вал 4. При полностью отпущенной педали 3 сцепление передает весь крутящий момент двигателя.

Общее устройство ступенчатой коробки передач

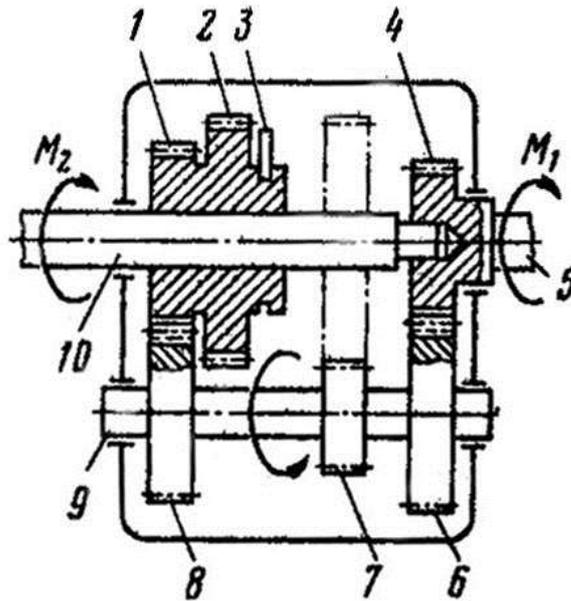
Коробка передач служит для изменения крутящего момента или тягового усилия на ведущих колесах при изменении сопротивления движению, обеспечивает возможность движения автомобиля задним ходом и длительное разъединение двигателя от трансмиссии во время стоянки и при движении по инерции.

Коробка передач состоит из набора шестерен, которые входят в зацепление друг с другом в различных сочетаниях, образуя несколько передач, или ступеней, с различными передаточными числами.

По способу изменения передаточного числа различают коробки передач *ступенчатые*, *бесступенчатые* и *комбинированные*. Ступенчатые коробки передач могут быть с передвигными каретками или с постоянным зацеплением шестерен. Коробка имеет три вала (рисунок 5.18): первичный 5 (ведущий), вторичный 10 (ведомый) и промежуточный 9.

Первичный и вторичный валы обычно находятся на одной геометрической оси, причем передняя опора вторичного вала расположена в выточке первичного вала. Шестерня 4 выполнена вместе с первичным валом 5 и находится в постоянном зацеплении с шестерней 6, которая так же, как и шестерня 8, жестко связана с промежуточным валом 9.

Для передачи вращения на карданный вал необходимо одну из шестерен вторичного вала соединить с шестерней промежуточного вала. Частота вращения вторичного вала при этом отличается от частоты вращения первичного и зависит от числа зубьев сопряженных шестерен.



1, 2, 4, 6, 7, 8 – шестерни; 3 – вилка; 5 – первичный вал;
9 – промежуточный вал; 10 – вторичный вал

Рисунок 5.18 – Схема ступенчатой коробки передач

Крутящий момент M_2 на вторичном валу равен крутящему моменту на первичном валу, умноженному на передаточное число i зубчатой передачи.

Передаточным числом называется отношение числа зубьев ведомой шестерни к числу зубьев ведущей шестерни. Для пары шестерен 4–6 передаточное число равно:

$$i_{4-6} = \frac{Z_6}{Z_4},$$

где Z_6 – число зубьев ведомой шестерни 6;

Z_4 – число зубьев ведущей шестерни 4.

Для второй пары шестерен передаточное число равно:

$$i_{8-1} = \frac{Z_1}{Z_8},$$

где Z_1 – число зубьев ведомой шестерни 1;

Z_8 – число зубьев ведущей шестерни 8.

Общее передаточное число равно произведению передаточных чисел отдельных пар шестерен:

$$i_{\text{общ}} = i_{4-6} \cdot i_{8-1}.$$

Тогда:

$$M_2 = M_1 \cdot i_{\text{общ}} = M_1 \cdot \frac{z_6}{z_4} \cdot \frac{z_1}{z_8}.$$

Взаимное расположение шестерен при включении второй передачи показано на рисунке 5.18.

Для включения первой передачи необходимо передвигную шестерню 2 при помощи вилки 3 ввести в зацепление с шестерней 7 (положение шестерни 2 после включения передачи показано штриховыми линиями).

Тогда:

$$i_1 = \frac{z_6}{z_4} \cdot \frac{z_2}{z_7}.$$

Если передаточное число увеличивается, то увеличивается и крутящий момент, а частота вращения вторичного вала коробки и ведущих колес уменьшается.

Если шестерни 1 и 2, объединенные в одну блок-каретку, установлены между шестернями 7 и 8, то это соответствует нейтральному положению, при котором усилие из коробки передач не передается.

Ход работы

- 1 Изучить общее устройство однодискового сцепления.
- 2 Зарисовать схему сцепления.
- 3 Изучить общее устройство ступенчатой коробки передач.
- 4 Зарисовать схему коробки передач.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение и общее устройство однодискового сцепления?
- 2 Зарисуйте схему однодискового сцепления.
- 3 Каково назначение и устройство ступенчатой коробки передач?
- 4 Зарисуйте схему ступенчатой коробки передач.
- 5 Что такое передаточное число пары шестерен?
- 6 Как определить крутящий момент на вторичном валу?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 314—335.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 102—120.

Лабораторная работа 9

Устройство ходовой части автомобилей

Цель: Изучение устройства ходовой части автомобилей.

Материалы и оборудование: рама грузового автомобиля, амортизатор, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

Общее устройство ходовой части автомобиля

Ходовая часть автомобиля должна обеспечивать надежное сцепление колес с дорогой, смягчать удары от неровностей дороги и обеспечивать достаточную плавность хода.

Ходовая часть автомобиля состоит из рамы или несущего кузова, осей, подвески и колес.

Оси поддерживают раму или несущий кузов автомобиля, воспринимая от них вертикальную нагрузку, и передают от колес на раму продольные и боковые нагрузки, вызываемые неровностями дороги. На переднюю ось и раму передаются толкающие и скручивающие усилия. При движении вперед усилия, получаемые рамой от заднего моста, толкают через рессоры переднюю ось, которая, в свою очередь, толкает колеса, обеспечивая их качение.

Назначение и устройство рамы

Двигатель, агрегаты и узлы трансмиссии и ходовой части монтируются на раме или несущем кузове. В зависимости от этого автомобили делятся на *рамные*, *полурамные* и *безрамные* – роль рамы выполняет несущий кузов.

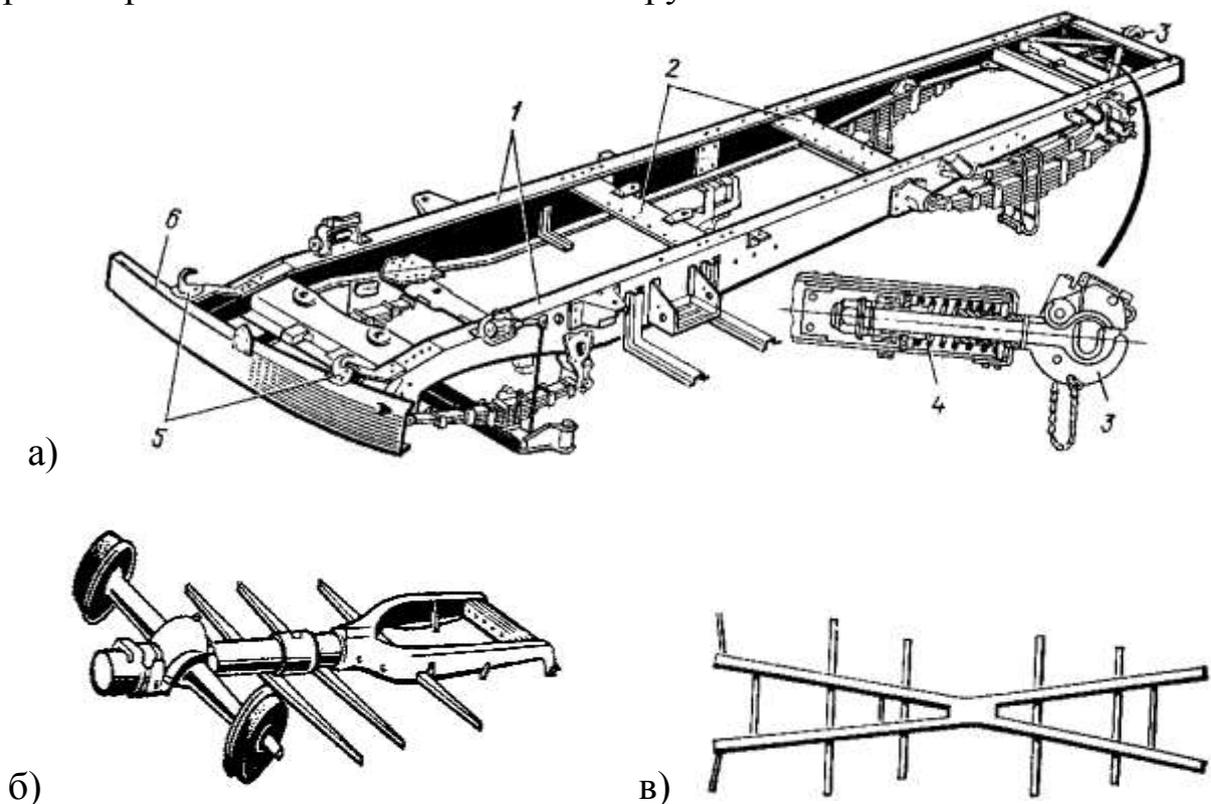
Рама у грузовых автомобилей является несущим остовом и служит для размещения и крепления узлов и агрегатов.

На раму действуют статические и динамические нагрузки. При движении по неровной дороге рама подвергается изгибу и кручению. Рама выполнена с учетом действующих на нее нагрузок и имеет достаточно жесткую и прочную конструкцию. Рама облегчает доступ к механизмам, но по сравнению с полурамным остовом имеет большую массу.

Рамы по конструкции делятся на *лонжеронные*, *центральные* (хребтовые) и *X-образные* (смешанные).

Лонжеронная рама (рисунк 5.19, а) состоит из двух продольных

балок (лонжеронов) 1, соединенных при помощи заклепок или сварки поперечинами (траверсами) 2. Лонжероны и траверсы штампуются из листовой стали и имеют П-образное сечение. Высота лонжеронов в средней части, как более нагруженной, увеличена. К лонжеронам приварены или прикреплены кронштейны рессор, подножек, запасного колеса и других узлов автомобиля. К передней части рамы (у легковых автомобилей – к передней и задней частям кузова) крепится бампер б, предохраняющий кузов от повреждений при наездах. К переднему бамперу прикреплены крюки 5 для буксировки автомобиля. У грузовых автомобилей в задней части рамы установлены буксирный крюк 3 с пружиной 4 или резиновым элементом. Лонжеронные рамы применяются на большинстве грузовых автомобилей.



a – лонжеронная; *б* – хребтовая; *в* – X-образная
 1 – продольные балки (лонжероны); 2 – поперечины (траверсы);
 3 – буксирный крюк; 4 – пружина; 5 – крюки для буксировки
 автомобиля; б – бампер

Рисунок 5.19 – Типы автомобильных рам

Хребтовая рама (рисунок 5.19, б) состоит из центральной балки с поперечинами. Балка может иметь трубчатое, швеллерное или коробчатое сечение. Хребтовые рамы на автомобилях применяются редко.

X-образная рама (рисунок 5.19, в) состоит из средней балки, имеющей закрытый трубчатый профиль, передней и задней вильчатых частей. Рамы этой конструкции применяются на легковых автомобилях большой вместимости.

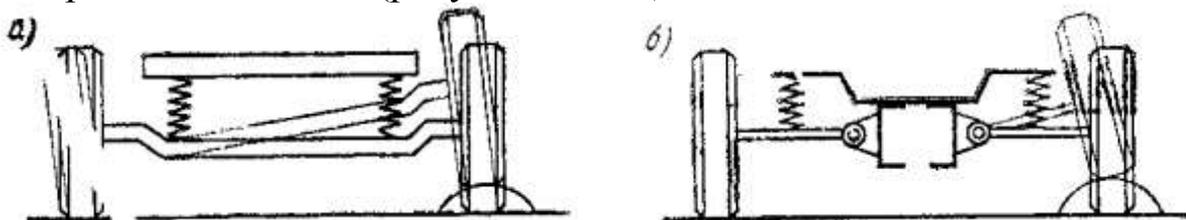
Назначение и устройство подвески

Подвеска осуществляет упругую связь рамы или кузова с мостами или непосредственно с колесами, воспринимая вертикальные усилия и обеспечивая необходимую плавность хода. Кроме того, она служит для восприятия продольных и поперечных усилий и реактивных моментов, действующих между опорной плоскостью и рамой. Подвеска должна обеспечивать также передачу толкающих и скручивающих усилий.

Подвеска состоит из направляющего устройства, упругих элементов и устройства, гасящего колебания.

С помощью *направляющего устройства* определяется характер перемещений (кинематика) колес относительно рамы или кузова автомобиля и передаются продольные усилия (толкающее или тормозное), боковые усилия, а также реактивные моменты.

По типу направляющего устройства подвески разделяются на зависимые и независимые. Независимые подвески получили широкое распространение на передних управляемых колесах легковых автомобилей, так как обеспечивают лучшую плавность хода. У автомобилей с зависимой подвеской передняя ось делается неразрезной, и при наездах на препятствие наклон одного колеса вызывает наклон другого (рисунок 5.20, а). При независимой подвеске ось делается разрезной и каждое из колес может изменять свое положение при наездах на неровности пути независимо от положения другого колеса или рамы автомобиля (рисунок 5.20, б).



а – зависимая подвеска, б – независимая подвеска

Рисунок 5.20 – Схема подвесок колес

Упругий элемент служит для передачи вертикальных усилий и смягчения ударной нагрузки при движении по дороге с неровной поверхностью, обеспечивая при этом необходимую плавность хода.

По типу упругого элемента подвески разделяются на *рессорные, резиновые, пневматические, гидравлические* и *комбинированные* (с несколькими упругими элементами).

Рессоры служат для смягчения ударов, воспринимаемых колесами при движении по неровной дороге, и подразделяются на *листовые, пружинные* и *стержневые* (торсионные).

Листовая рессора представляет собой упругую балку, собранную из ряда тонких стальных листов. Листы рессоры различны по длине, но одинаковы по ширине. Чем больше листов и чем они тоньше, тем лучше эластичность рессоры.

На грузовых автомобилях задняя подвеска состоит из четырех рессор – двух основных и двух дополнительных. Дополнительные рессоры включаются в работу лишь при определенном прогибе основных рессор, поэтому улучшается эластичность подвески ненагруженного автомобиля и надежность его работы при полной нагрузке.

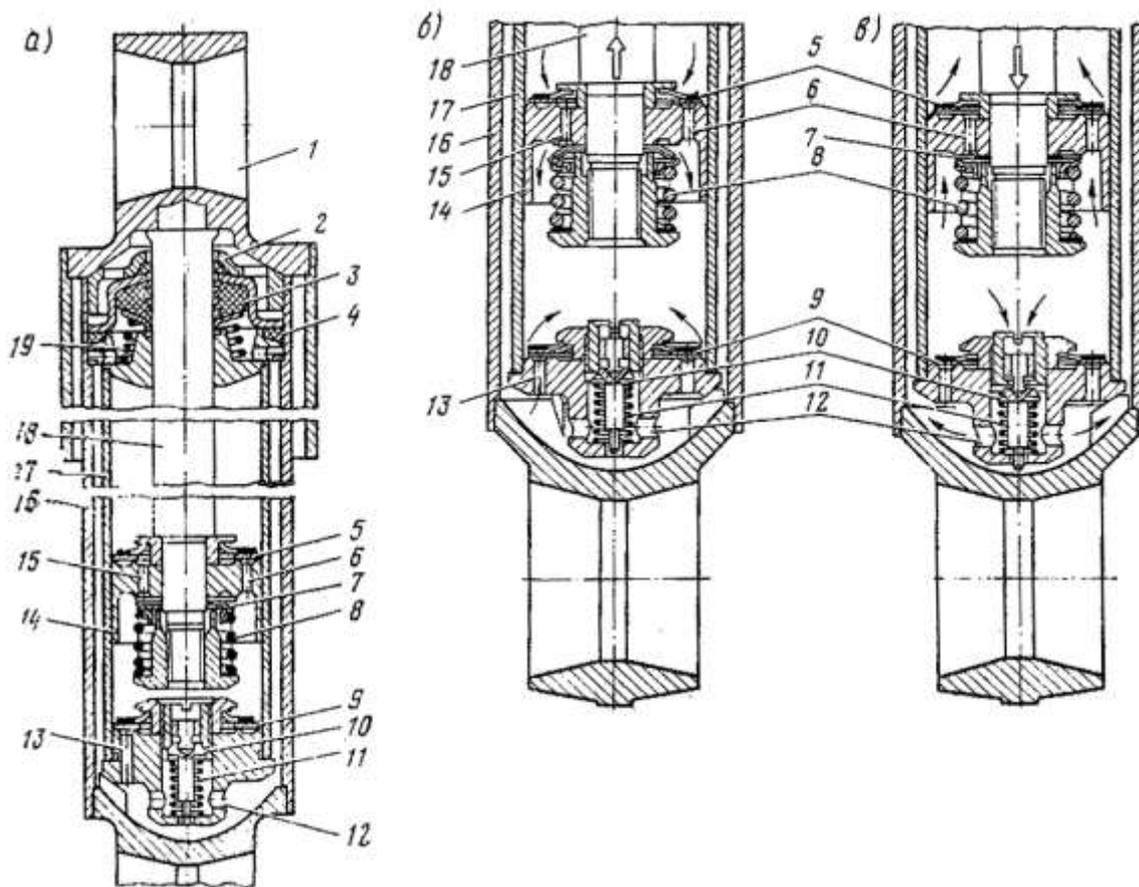
Гашение вертикальных колебаний в рессорной подвеске осуществляется за счет трения между листами рессор. Однако величина трения не постоянна, так как зависит от состояния поверхности листов, наличия смазки и других причин. Кроме того, трение вызывает износ листов рессор. В связи с этим для гашения колебаний обычно применяют *гасящее устройство – амортизатор*, в котором энергия колеблющихся частей преобразуется в тепловую вследствие трения в жидкости, возникающего при ее протекании через отверстие с малым проходным сечением.

По конструкции амортизаторы делятся на рычажные и телескопические, а по принципу работы – на амортизаторы двустороннего и одностороннего действия. Амортизаторы двустороннего действия гасят колебания как при сжатии, так и при распрямлении (отдаче) рессор, а амортизаторы одностороннего действия, применяемые весьма редко, – лишь при отдаче.

Наибольшее распространение получили телескопические амортизаторы, которые отличаются простотой конструкции, малой массой и размерами, удобством расположения на автомобиле, большой долговечностью и надежностью в работе.

Телескопический гидравлический амортизатор (рисунок 5.21, а) состоит из резервуара *16*, рабочего цилиндра *17*, поршня *14* со штоком *18* и клапанов: перепускного *5*, отдачи *7*, впускного *9*, сжатия *10*. Внутренняя полость амортизатора заполнена маловязкой жидкостью (веретенным маслом АУ или смесью 50 % трансформаторного и 50 % турбинного масла). Верхняя и нижняя части цилиндра сообщаются через два ряда отверстий *6* и *15* в поршне *14*. Наружный ряд отвер-

стей 6 закрыт сверху перепускным клапаном 5, а внутренний ряд отверстий 15 перекрывается снизу тонким дроссельным диском клапана отдачи 7. Клапан отдачи 7 состоит из двух плоских стальных дисков, прижимаемых к поршню пружиной 8. В верхней части резервуара 16 установлены манжеты – войлочная 3 и резиновая 4, прижимаемые пружиной 19 и гайкой 2, ввернутой в резервуар.



1 – проушины; 2 – гайка; 3 – войлочная манжета; 4 – резиновая манжета; 5 – перепускной клапан; 6 – наружный ряд отверстий; 7 – клапан отдачи; 8 – пружина; 9 – впускной клапан; 10 – клапан сжатия; 11 – пружина клапана сжатия; 12, 13 – отверстия; 14 – поршень; 15 – внутренний ряд отверстий; 16 – резервуар; 17 – рабочий цилиндр; 18 – шток; 19 – пружина

Рисунок 5.21 – Конструкция и схемы работы телескопического амортизатора

К штоку 18 и резервуару 16 приварены проушины 1. Верхней проушиной амортизатор крепится к кронштейну рамы или кузова, а нижней – к кронштейну оси.

Во время распрямления рессоры поршень 14 (рисунок 5.21, б) движется вверх, вытесняя жидкость из верхней полости рабочего цилиндра в нижнюю. При этом перепускной клапан 5 закрывается и жидкость через внутренний ряд отверстий 15 в поршне и клапан отдачи 7 продавливается в полость под поршнем. Жесткость дисков клапана и усилие пружины 8 создают дополнительное сопротивление. В это время впускной клапан 9, расположенный на корпусе клапана сжатия 10, открыт и свободно пропускает через отверстие 13 из полости резервуара 16 в рабочий цилиндр 17 часть жидкости, равную по объему той части штока 18, которая в данный момент выводится из цилиндра.

При сжатии рессоры поршень 14 (рисунок 5.21, в) движется вниз, перепускной клапан 5 открывается, и жидкость через отверстия 6 наружного ряда, а также (в незначительном количестве) через вырезы дроссельного диска и отверстия внутреннего ряда поступает в пространство над поршнем. При этом жидкость в объеме, равном вводимой части штока, вытесняется в пространство между цилиндром и резервуаром через отверстие 12, предварительно преодолев сопротивление клапана 10 сжатия. Усилие пружины 11 клапана сжатия создает необходимое сопротивление амортизатора в период хода сжатия. После этого основная часть жидкости перетекает через центральное отверстие с большим проходным сечением, и сила сопротивления амортизатора остается почти постоянной.

Таким образом, при работе амортизатора создается сопротивление, препятствующее как сжатию, так и распрямлению рессоры. Благодаря этому, колебания кузова и осей, возникающие при движении по неровной дороге быстро затухают.

Ход работы

- 1 Изучить общее устройство ходовой части автомобиля.
- 2 Изучить назначение и устройство рамы.
- 3 Зарисовать схему лонжеронной рамы.
- 4 Изучить назначение и устройство подвески.
- 5 Зарисовать схемы подвесок колес.
- 6 Изучить назначение и устройство телескопического амортизатора.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение и общее устройство ходовой части?
- 2 Каково назначение и устройство рамы?
- 3 Каково назначение и устройство подвески?
- 4 Каково устройство телескопического амортизатора?
- 5 В чем заключается работа телескопического амортизатора?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 335—348.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 130—144.

Лабораторная работа 10

Устройство механизмов управления автомобилями

Цель: Изучение устройства механизмов управления автомобилями.

Материалы и оборудование: рулевой механизм, колодочные тормоза, учебные плакаты.

Основные понятия по теме

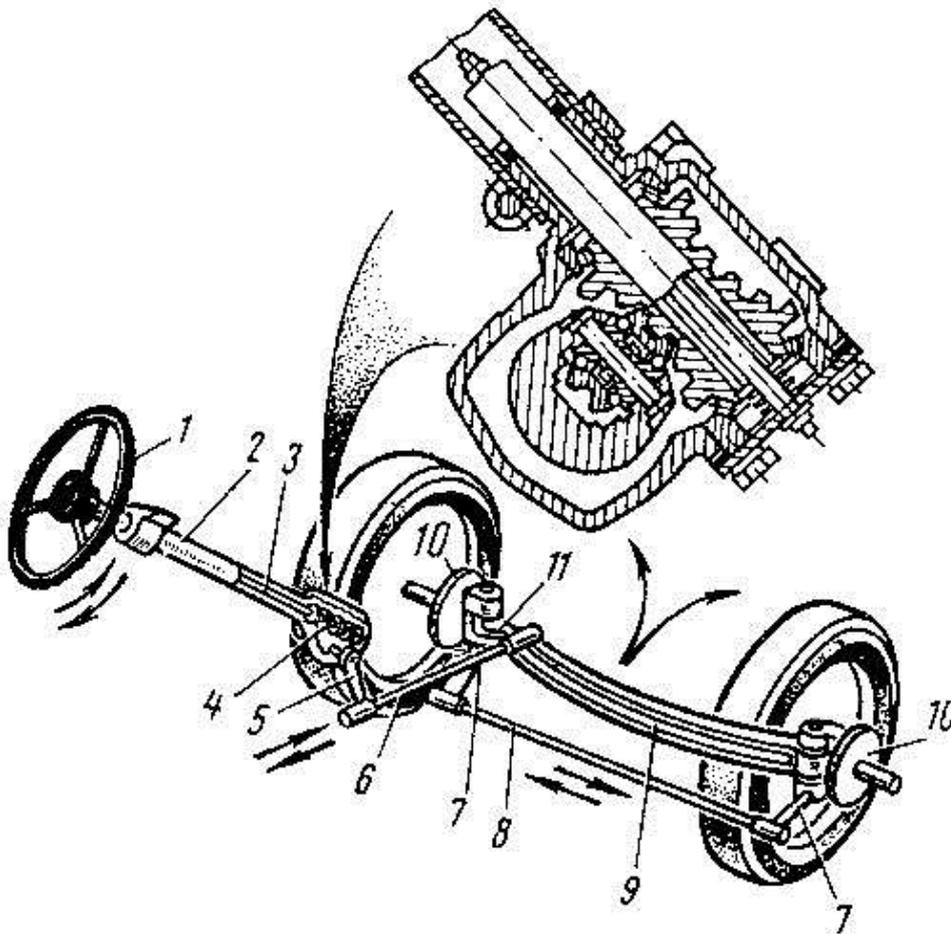
Общее устройство рулевого управления

Рулевое управление служит для изменения направления движения автомобиля. Основным способом изменения направления движения является поворот в горизонтальной плоскости передних направляющих колес относительно задних ведущих колес. Рулевое управление должно обеспечивать правильную кинематику поворота и безопасность движения.

Рулевое управление состоит из рулевого механизма, рулевого привода и может иметь усилитель. В рулевое управление автомобиля входит рулевое колесо 1 (рисунок 5.22) с валом 3 и рулевой колонкой 2, рулевой механизм 4, рулевая сошка 5, продольная рулевая тяга 6, рулевой рычаг 11 продольной тяги и рулевая трапеция.

При зависимой подвеске передних колес правильность поворота правого и левого колес на нужные углы достигается соблюдением соответствующих размеров рулевой трапеции, состоящей из балки 9 переднего моста, поперечной тяги 8 и рычагов 7.

При вращении рулевого колеса 1 посредством вала 3, расположенного внутри колонки 2, приводится в действие механизм 4. Механизм перемещает сошку 5, которая с помощью продольной тяги 6 и рычага 11 поворачивает левый поворотный кулак 10 с расположенным на его цапфе колесом. Левый кулак через рычаги 7 и поперечную тягу 8 поворачивает на соответствующий угол правый кулак 10 с установленным на его цапфе колесом.



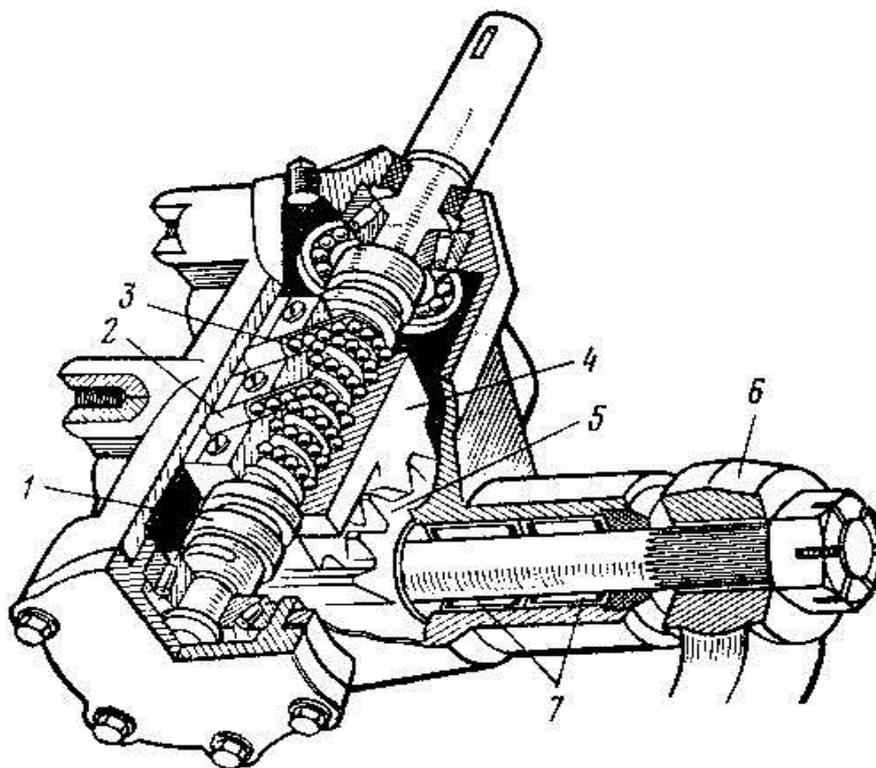
1 – рулевое колесо; 2 – рулевая колонка; 3 – вал; 4 – рулевой механизм; 5 – рулевая сошка; 6 – продольная рулевая тяга; 7 – рычаги; 8 – поперечная тяга; 9 – балка переднего моста; 10 – левый и правый поворотные кулаки; 11 – рулевой рычаг продольной тяги и рулевая трапеция

Рисунок 5.22 – Схема рулевого управления автомобиля

Рулевой механизм превращает вращательное движение рулевого вала в качательное движение сошки и увеличивает усилие, передаваемое от рулевого колеса к рулевой сошке. Это достигается применением в рулевых механизмах большого передаточного числа (от 15 до 40), что облегчает управление автомобилем и способствует поглощению возможных ударов колес о неровности дороги на рулевое колесо.

Рассмотрим устройство рулевого механизма на примере автомобиля МАЗ. Рулевой механизм состоит из винта 1 (рисунок 5.23) и шариковой гайки-рейки 4, находящихся в зацеплении с зубчатым сектором 5, вал которого является одновременно и валом сошки 6. Винт и гайка имеют

полукруглые винтовые канавки, которые заполнены шариками 3. Для создания замкнутой системы для перекачивания шариков в гайку-рейку вставлены направляющие 2, предотвращающие выпадение шариков. Винт рулевого механизма установлен в картере в двух конических подшипниках, а вал сектора – в трех игольчатых подшипниках 7.



1 – винт; 2 – направляющие; 3 – шарики; 4 – шариковая гайка-рейка; 5 – зубчатый сектор; 6 – сошка; 7 – игольчатые подшипники

Рисунок 5.23 – Рулевой механизм автомобиля МАЗ

Общее устройство тормозов

Тормоза служат для снижения скорости и быстрой остановки движущегося транспорта, а также для удержания его на месте.

Наличие надежных тормозов позволяет увеличить среднюю скорость движения, а следовательно, и эффективность эксплуатации автомобиля.

На всех автомобилях применяют две независимо действующие тормозные системы: одна управляется педалью (ножной тормоз), а другая – рычагом (ручной тормоз). Ножная педаль автомобиля действует на тормозные механизмы, расположенные на всех колесах,

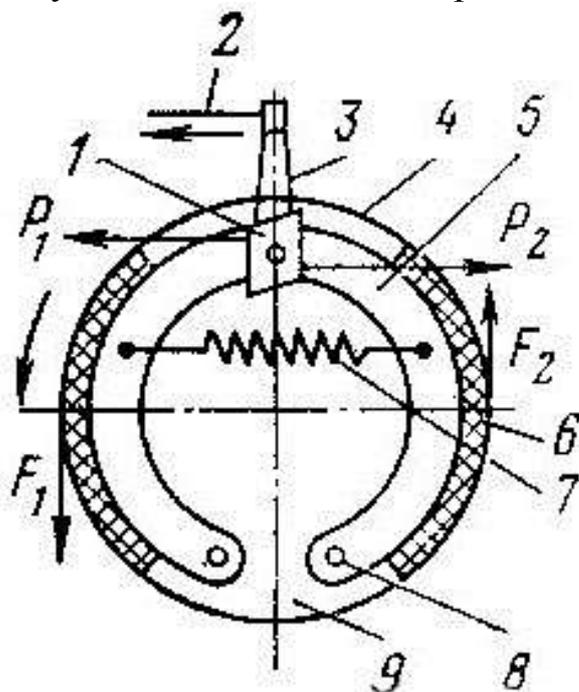
а ручной рычаг дополнительно на тормоза задних колес или на нейтральный трансмиссионный тормоз. Ножной тормоз используется как основной для торможения при движении, а ручной – для затормаживания на стоянке.

Приводы от педали тормоза к тормозным механизмам бывают двух типов – гидравлический и пневматический, а привод от рычага – механический.

Наибольшее распространение на автомобилях получили барабанные тормоза с внутренним расположением колодок (рисунок 5.24).

Часто применяются также дисковые тормоза, которые имеют преимущество перед барабанными вследствие быстрой отдачи тепла, работоспособности при больших скоростях и стабильности торможения.

Тормозной механизм барабанного типа состоит из двух колодок 5 (рисунок 5.24) с фрикционными накладками 6. Колодки надеты на оси 8, закрепленные в неподвижном тормозном диске 9, и стягиваются пружиной 7. Тормоз расположен внутри тормозного барабана 4, прикрепленного к ступице колеса или полуоси. Между колодками находится разжимное устройство – кулак 1 или гидравлический цилиндр с двумя поршнями. Кулак 1 и рычаг 3 закреплены на одном валлике; рычаг через тягу 2 связан с педалью тормоза.



1 – кулак; 2 – тяга; 3 – рычаг; 4 – тормозной барабан; 5 – колодки; 6 – фрикционные накладки; 7 – пружина; 8 – оси; 9 – неподвижный тормозной диск

Рисунок 5.24 – Схема барабанного тормозного механизма

При нажатии на тормозную педаль тяга 2 перемещается влево, рычаг 3 поворачивает валик, и кулак 1 разводит колодки 5, прижимая их к вращающемуся тормозному барабану 4. За счет сил трения, возникающих между накладками 6 и барабаном 4, скорость вращения барабана и колеса уменьшается. При отпускании педали тормоза пружина педали возвращает ее в исходное положение, а пружина 7 отводит колодки от тормозного барабана.

Ход работы

- 1 Изучить общее устройство рулевого управления.
- 2 Зарисовать схему рулевого управления.
- 3 Зарисовать схему рулевого механизма автомобиля.
- 4 Изучить общее устройство тормозов.
- 5 Зарисовать схему барабанного колесного тормоза.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каково назначение и общее устройство рулевого управления?
- 2 Каково назначение и устройство барабанного тормоза?

Литература

- 1 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – С. 345—348.
- 2 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы : учебник / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – С. 144—163.

Литература

1 Тульев, В. Д. Теоретическая механика : Статика. Кинематика : учебное пособие / В. Д. Тульев. – Мн. : Книжный дом, 2004. – 152 с.

2 Горбач, Н. И. Теоретическая механика : Динамика : учебное пособие / Н. И. Горбач. – Мн. : Книжный дом, 2004. – 192 с.

3 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики : учебник / Г. В. Силаев. – М. : МГУЛ, 2003. – 374 с.

4 Чайка, О. Р. Механизация лесохозяйственных работ с основами технической механики : метод. указания к практ. занятиям / О. Р. Чайка. – Брянск: БТИ, 1988. – 51 с.

5 Варывдин, В. В. Основы технической механики : лекции для студентов-заочников / В. В. Варывдин, А. Н. Заикин, А. А. Тюрева. – Брянск: БГИТА, 1998. – 127 с.

6 Роговцев, В. Л. Автомобили и тракторы / В. Л. Роговцев. – М. : Транспорт, 1986. – 311 с.

7 Силаев, Г. В. Тракторы и автомобили с основами технической механики. Машины и механизмы. Лесные культуры и механизация лесохозяйственных работ : учеб.-методич. пособие / Г. В. Силаев, В. В. Ильяков. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 34 с.

Учебное издание

КОЛОДИЙ Петр Владимирович
КОЛОДИЙ Татьяна Анатольевна

**МЕХАНИЗАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ
С ОСНОВАМИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»**

В 2 частях

Часть 1

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Лицензия № 02330/0549481 от 14.05.09.
Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. .
Уч.-изд. л. . Тираж 150 экз. Заказ № .

Отпечатано с оригинал-макета на ризографе
учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
Лицензия № 02330/0150450 от 03.02.09.
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104

