

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика»

МОБИЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 07
«Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»
дневной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 621.027.3(075.8)
ББК 30.605я73
М74

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 04.02.2019 г.)*

Составитель *Г. С. Кульгейко*

Рецензент: доц. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Э. И. Дмитриченко*

М74 **Мобильные и технологические машины** : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. формы обучения / сост. Г. С. Кульгейко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 53 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Предназначен для методического обеспечения учебного процесса по дисциплине «Мобильные и технологические машины». Включает шесть разделов с теоретическим материалом, практическими рекомендациями. Приведены контрольные вопросы.

Для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной формы обучения.

УДК 621.027.3(075.8)
ББК 30.605я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

Практикум написан для студентов, обучающихся по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин», в соответствии с программой курса «Мобильные и технологические машины» и стандартом образования.

Навыки, полученные в процессе изучения данного пособия могут быть применены в дальнейшем при автоматизации мобильных и технологических машин, применяемых в различных областях народного хозяйства в дипломном проектировании.

Целью разработки пособия является закрепление студентами теоретических знаний, полученных при изучении данной дисциплины, ознакомление с классификацией, функционированием, общим устройством, основными характеристиками мобильных и технологических машин и их отдельных узлов, разработка цикловых диаграмм и выбор параметров для пневмо- и гидропривода.

Для получения прочных знаний необходимо изучить материал в теоретической части каждого раздела. Параллельно с изучением теоретического материала, выполняется контрольное задание. Текст пособия разбит на темы в соответствии с теоретическим курсом данной дисциплины и предусматривает изучение каждой темы с использованием плакатов.

Практическая работа № 1

Трансмиссии мобильных машин

1.1. Типы трансмиссий их назначение

Шасси трактора или автомобиля представляет собой совокупность частей, служащих для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам или звездочкам и преобразования вращательного движения в поступательное движение трактора или автомобиля.

Шасси включает в себя трансмиссию, ходовую часть, рулевое управление и тормозную систему.

Трансмиссия объединяет механизмы, передачи и сборочные единицы, с помощью которых вращение от коленчатого вала двигателя трансформируется, распределяется и переносится к ведущим колесам или звездочкам, валу отбора мощности и гидроприводу сельскохозяйственных машин.

Трансмиссия предназначена для плавного трогания с места трактора или автомобиля, изменения скорости и направления движения (вперед или назад), осуществления или облегчения поворота, передачи крутящего момента рабочим органам сельскохозяйственных машин и привода рабочего оборудования, а также обеспечения длительной остановки с работающим двигателем.

По способу трансформации вращательного движения различают ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные трансмиссии.

По принципу действия они могут быть механическими, гидравлическими, электрическими или комбинированными – гидромеханическими, электромеханическими.

Основные показатели трансмиссии – коэффициенты трансформации, полезного действия, передаточное отношение.

Коэффициент трансформации

$$K = M/M_e;$$

передаточное отношение

$$i = \frac{\omega}{\omega_e};$$

коэффициент полезного действия (КПД)

$$\eta_p = \frac{M\omega}{M_e\omega} = K_i;$$

где M , M_e – крутящие моменты соответственно ведущих колес (звездочек) и коленчатого вала; кН·м; ω , ω_e – угловые скорости соответственно ведущих колес (звездочек) и коленчатого вала, рад/с.

Ступенчатая механическая трансмиссия за счет зацепления шестерен с разным числом зубьев обеспечивает несколько постоянных передаточных отношений i_1, i_2, \dots, i_n при постоянном значении угловой скорости ω_e . Таких ступеней с различными передаточными отношениями может быть от 3 до 24. У тракторов число ступеней значительно больше, чем у автомобилей, что позволяет легче загрузить двигатель в разнообразных эксплуатационных условиях и обеспечить тем самым экономичную работу.

Бесступенчатая трансмиссия обеспечивает непрерывное и автоматическое изменение крутящего момента, а также более полное использование мощности двигателя на любом режиме. Комбинированные трансмиссии представляют собой сочетание ступенчатых передач с бесступенчатым регулированием крутящего момента в пределах одной передачи. Они позволяют значительно расширить диапазон регулирования крутящего момента.

Механическая трансмиссия включает в себя муфту сцепления 1 (рис. 1), промежуточное соединение 2, коробку передач 3, главную передачу 4, дифференциал 5, конечные передачи 6. В колесных тракторах с обоими ведущими мостами (типа МТЗ -82, МТЗ -102) дополнительно устанавливают раздаточную коробку 7 и карданную передачу 8, в гусеничных тракторах – механизмы поворота 9, при необходимости увеличитель крутящего момента 10, ходоуменьшитель и др.

Электрическая трансмиссия состоит из генератора постоянного тока, якорь которого приводится во вращение от двигателя внутреннего сгорания. Вырабатываемая генератором электрическая энергия по кабелям поступает к электродвигателям, непосредственно установленным в ведущих колесах или звездочках и приводящим их во вращение.

Преимущество этой трансмиссии – легкость передачи энергии и бесступенчатость регулирования, недостатки – большая масса агрегатов, невысокий КПД.

Гидравлическая трансмиссия в качестве основного элемента имеет гидравлическую передачу, передающую механическую энергию посредством жидкости.

Гидравлические передачи делят на гидростатические (объемные) и гидродинамические.

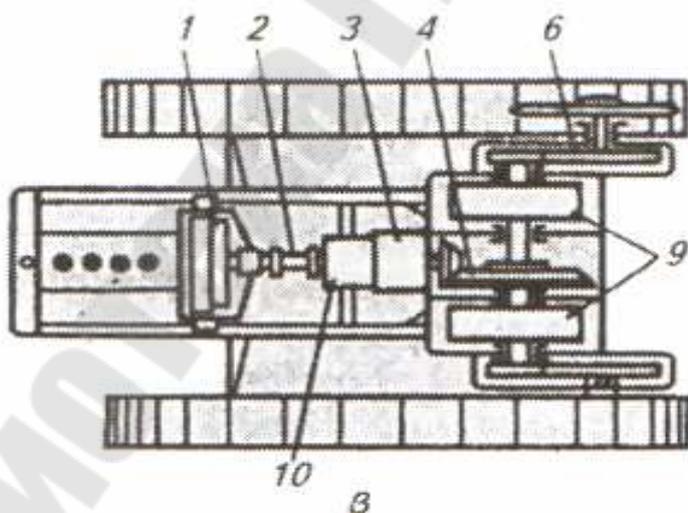
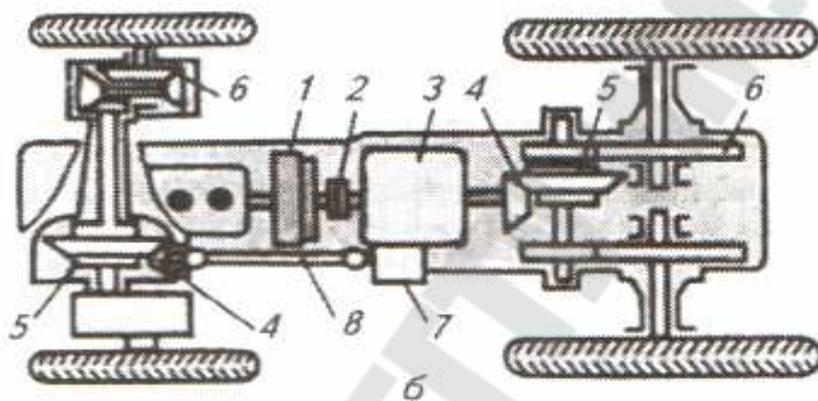
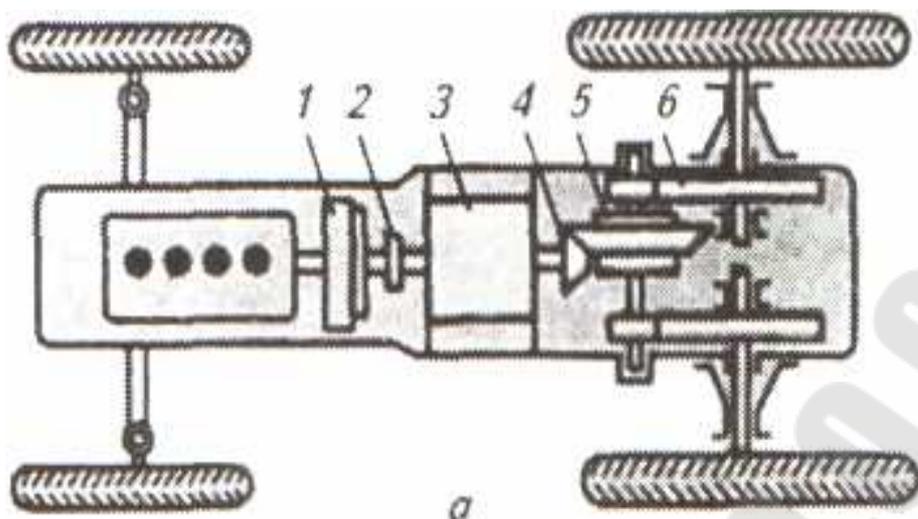


Рис. 1. Схемы трансмиссий тракторов: а – колесного с задним ведущим мостом; б – колесного с передним и задним ведущими мостами; в – гусенично-го; 1 – муфта сцепления; 2 – промежуточное соединение; 3 – коробка передач; 4 – главная передача; 5 – дифференциал; 6 – конечная передача; 7 – раздаточная коробка; 8 – карданная передача; 9 – механизмы поворота; 10 – увеличитель крутящего момента

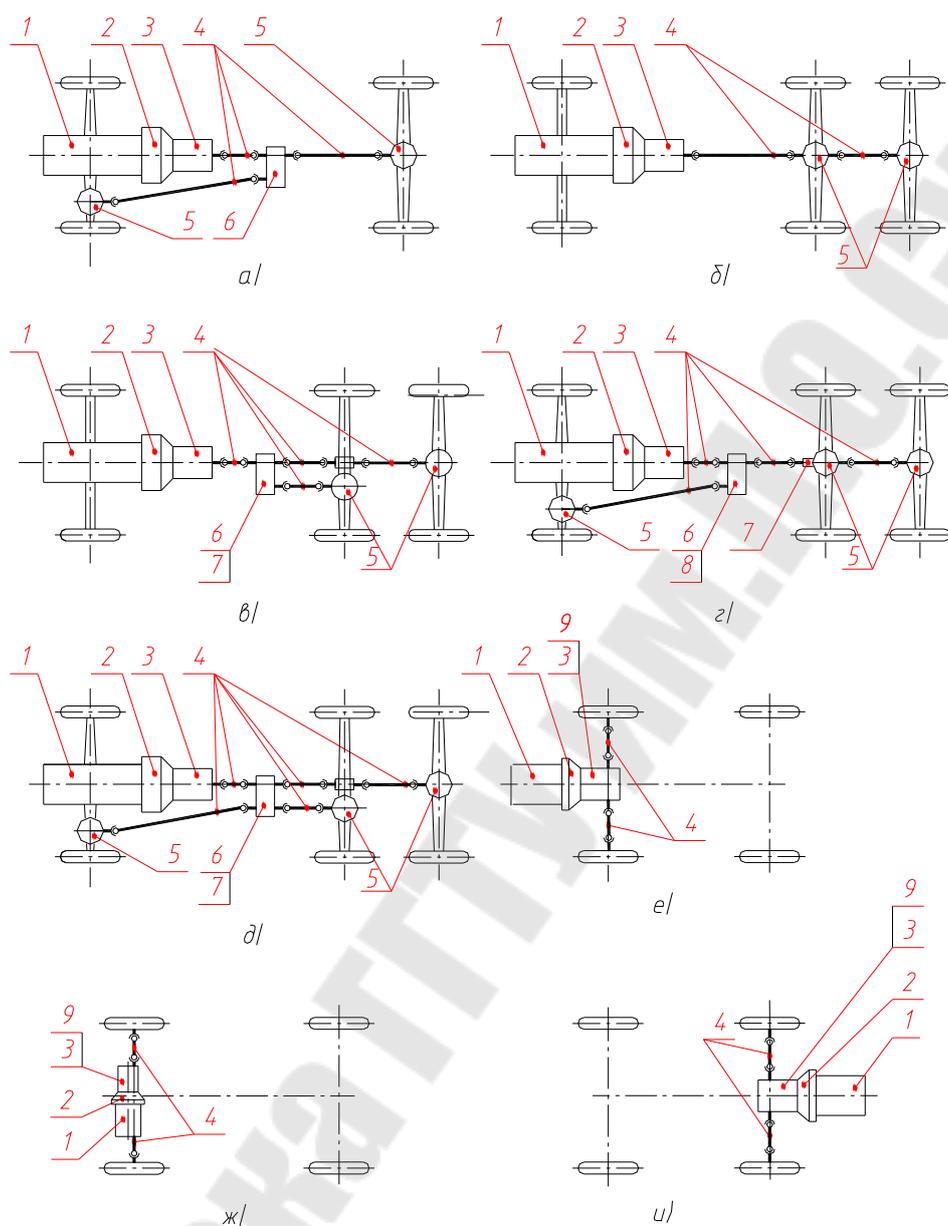


Рис. 2. Компоновочные схемы механических трансмиссий: а – колесная формула 4x4 (ВАЗ-2121, УАЗ-31512, ГАЗ-66 и др.), б – 6x4 с проходным мостом (КамАЗ 5320), в – 6x4 с отдельным приводом среднего и заднего мостов (КрАЗ-250), г – 6x6 с проходным средним мостом (КамАЗ-4310, КрАЗ-260), д – 6x6 с отдельным приводом всех мостов (КрАЗ-255Б1), е – передний привод с продольным расположением двигателя (АЗЛК-2141), ж – с поперечным расположением двигателя (ЗАЗ-11022, ВАЗ-2108), и – заднее расположение двигателя и ведущих колес (ЗАЗ-968М), 1 – двигатель, 2 – сцепление, 3 – коробка передач, 4 – карданная передача (приводные валы для видов е, ж, и), 5 – ведущий мост (главная передача, межколесный дифференциал, полуоси), 6 – раздаточная коробка, 7 – симметричный межосевой дифференциал, 8 – несимметричный межосевой дифференциал

Гидравлическая трансмиссия с гидростатической передачей состоит из насоса 2 (рис. 3), приводимого от двигателя внутреннего сгорания 1, распределительных устройств 5, гидромоторов 3 и маслопроводов 6. Такая трансмиссия позволяет бесступенчато в большом диапазоне регулировать частоту вращения ведущих колес трактора и автомобиля.

Гидромеханическая передача представляет собой сочетание гидродинамической передачи (гидромуфты или гидротрансформатора) и механической трансмиссии.

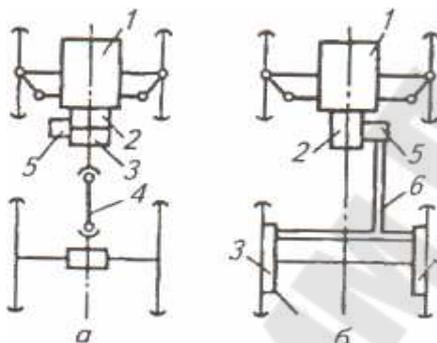


Рис. 3. Схемы гидравлической трансмиссии с гидростатической передачей: а – с карданной передачей; б – с гидролиниями; 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – гидравлический насос; 3 – гидромотор; 4 – карданная передача; 5 – гидрораспределительное устройство; 6 – маслопровод

Гидротрансформатор состоит из насосного колеса 2 (рис. 9), турбинного колеса 7 и реактора 3. При вращении коленчатого вала двигателя вращается и связанное с ним насосное колесо 2. Рабочая жидкость под действием центробежных сил отбрасывается на лопадки турбинного колеса 7 и приводит его во вращение вместе с ведомым валом 4. Круг циркуляции замыкается через реактор 3.

Преимущества гидромеханической трансмиссии: бесступенчатое регулирование скорости движения в пределах ступени, меньшие динамические нагрузки на детали трансмиссии, лучший разгон и большая плавность движения.

Электромеханическая трансмиссия отличается от механической тем, что вместо коробки передач установлена электрическая передача, состоящая из генератора и электродвигателя постоянного тока. Электрическая передача, как и гидродинамическая, бесступенчато изменяет крутящий момент и скорость движения.

Конструктивные особенности трансмиссий одного и того же типа существенно зависят от вида энергетического средства (трактор или автомобиль), типа движителя (колесный или гусеничный), числа ведущих колес.

1.2 Механическая трансмиссия автомобиля КамАЗ

При изучении данного вопроса использовать набор плакатов «КамАЗ - 740»

Техническая характеристика автомобиля КамАЗ (рис.4):

Максимальная скорость движения с полной нагрузкой на горизонтальном прямом участке сухого асфальтобетонного покрытия, км/ч: 85.

Контрольный расход топлива на 100 км пути при движении с полной нагрузкой со скоростью 30 – 40 км/ч на горизонтальном прямом участке сухого асфальтобетонного покрытия 35 – 36 литров.

На автомобилях КамАЗ (рис.3) использованы двухдисковые сцепления диаметром 350 мм. В гидравлическом приводе сцепления имеется пневматический усилитель привода сцепления, снижающий усилие на педали.



Рис. 4 .Автомобиль КамАЗ

Коробки передач пятиступенчатые, синхронизированные на второй, третьей, четвертой и пятой передачах. Автомобили-тягачи оборудованы делителем, установленным перед коробкой передач и позволяющим удвоить число ее передач за счет введения промежуточных передач.

Управление коробкой передач дистанционное с механическим приводом. Переключение передач в делителе преселекторное, дистанционное с помощью пневматического привода.

Карданная передача автомобилей открытого типа состоит из двух трубчатых валов. Карданные шарниры на игольчатых подшипниках.

Главная передача ведущих мостов двойная, состоит из пары конических шестерен со спиральными зубьями и пары цилиндрических косозубых шестерен. В промежуточном мосту установлен межосевой симметричный дифференциал, равномерно распределяющий крутящий момент между мостами.

Имеется механизм блокировки с пневматическим приводом.

1.3 Гидравлическая трансмиссия энергетического средства УЭС-2-250А

Энергетическое средство УЭС-2-250А (рис.5) предназначено для выполнения сельскохозяйственных работ по заготовке кормов, улучшению лугов и пастбищ, обработке почвы и других, выполняемых в агрегате с машинами, преимущественно с ротационными активными рабочими органами. УЭС-2-250А работает с различными видами навесных и транспортных средств, что позволяет эксплуатировать его в течение всего года.

УЭС-2-250А представляет собой самоходную машину рамной конструкции с передним расположением дизеля СМД-31-01.

Ходовая часть состоит из заднего моста ведущих колес и переднего моста управляемых колес. Для управления движения используется гидрообъемное рулевое управление. Мост ведущих колес – раздельно-агрегатного исполнения с коробкой диапазонов скоростей и бортовыми планетарно-цилиндрическими редукторами. Для плавного изменения скорости энергосредства применяется гидрообъемный привод ведущих колес, обеспечивающий бесступенчатую регулировку скорости движения в пределах каждого диапазона скоростей.

Для повышения универсальности энергосредство оборудовано передним и задним гидронавесными устройствами и гидровыводами для подсоединения гидросистем агрегируемых машин. Навесные устройства обеспечивают агрегатирование с УЭС навесных и полунавесных машин.



Рис. 5. Общий вид универсального энергетического средства УЭС-2-250А

Основные технические данные энергосредства.

Максимальная скорость движения по передачам при прямом и обратном движениях, км/ч:

| | |
|--|----------|
| первая | 4,5/3,0 |
| вторая | 8/5,3 |
| третья | 11,5/7,8 |
| четвертая | 20/13,2 |
| Транспортная скорость, км/ч | 24 |
| Грузоподъемность навесного устройства на оси подвеса, кг | |
| с жестким навесным устройством | 7000 |
| с шарнирным навесным устройством | 5200 |
| Масса конструкционная (сухая) в основной рабочей комплектации (без противовесов), кг | 7850 |
| Габаритные размеры, мм | |
| - длина | 5660 |
| - ширина | 2900 |
| - высота | 4000 |

1.3.1 Гидропривод ходовой части

Гидравлическая трансмиссия (гидрообъемная передача) (рис.6) предназначена для передачи мощности от двигателя к ходовой части с бесступенчатым регулированием скорости движения.

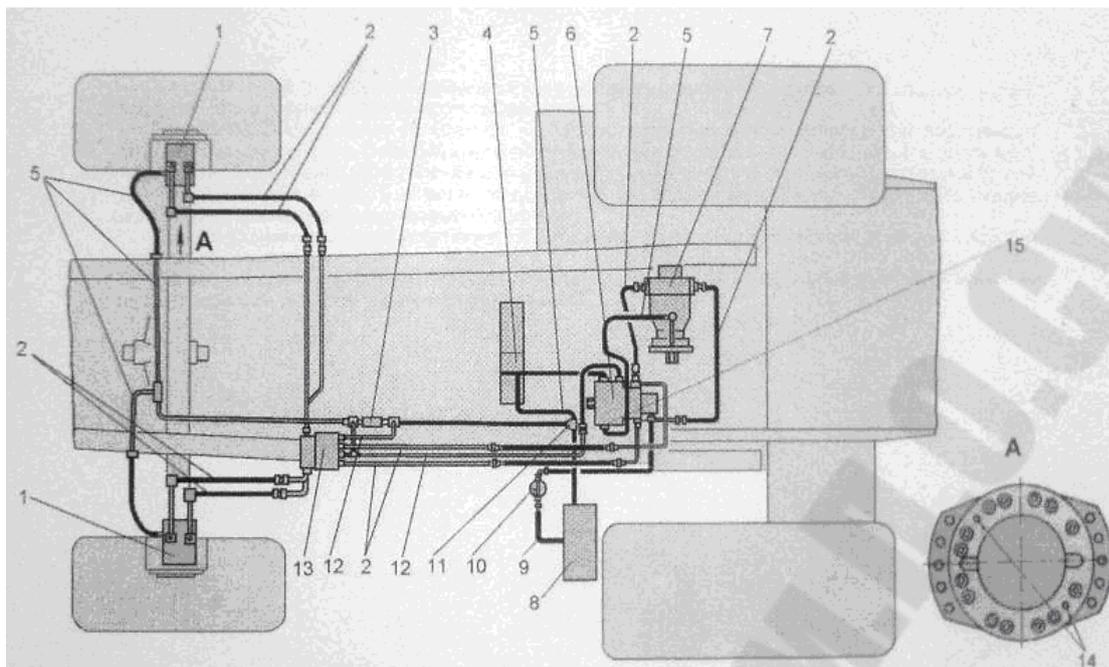


Рис. 6. Схема гидропривода ходовой части

1 – мотор колеса управляемого моста; 2 – гидролинии высокого давления; 3 – клапан дренажный; 4 – радиатор масляный; 5 – сливные гидролинии; 6 – гидронасос привода ходовой части; 7 – гидромотор привода основного ведущего моста; 8 – бак масляный; 9 – гидролиния всасывания; 10 – фильтр с вакуумметром; 11 – тройник; 12 – гидролинии управления; 13 – гидроблок подключения управляемого ведущего моста; 14 – воздуховыпускные винты; 15 – датчик

Гидрообъемная передача (рис. 7) состоит из аксиально-плунжерного насоса переменной производительности, реверсивного по направлению потока и со встроенным в него насосом подпитки, гидромотора постоянного рабочего объема, масляного бака с фильтром грубой очистки, фильтра тонкой очистки с вакуумметром и масляного радиатора. От насоса к мотору и от мотора к насосу масло циркулирует по маслопроводам высокого давления.

Привод гидронасоса осуществляется от двигателя, а гидромотор крепится фланцем к коробке перемены передач.

Изменение производительности насоса (изменение скоростью движения машин) и реверсирование осуществляется поворотом управляющего рычага.

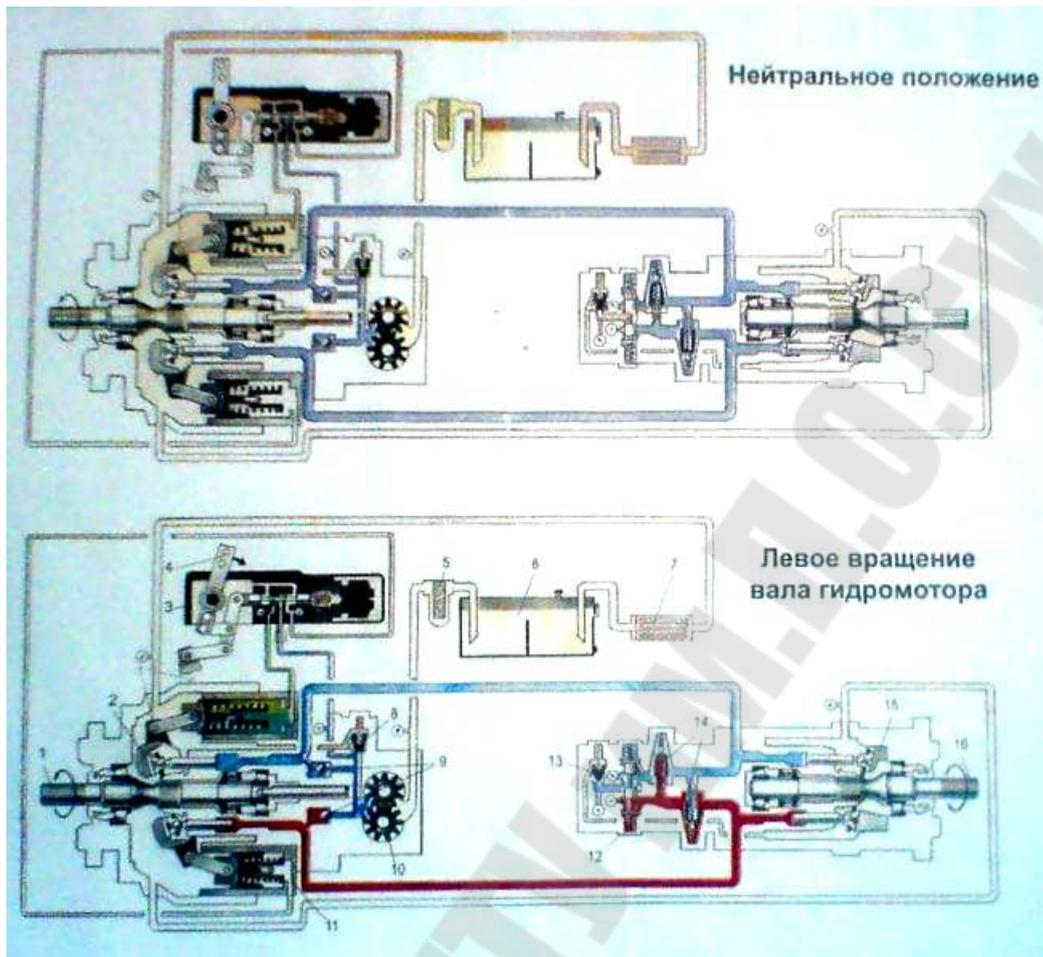


Рис. 7. Схема работы гидрообъемной передачи:

- | | |
|--|--|
| 1 – ведущий вал; | 9 – обратный клапан; |
| 2 – поворотная плита насоса; | 10 – насос подпитки; |
| 3 – золотник управления; | 11 – сервоцилиндр; |
| 4 – управляющий рычаг; | 12 – челночный золотник подпитки; |
| 5 – фильтр тонкой очистки; | 13 – сливной клапан подпитки; |
| 6 – масляный бак; | 14 – предохранительный клапан высокого давления; |
| 7 – масляный радиатор; | 15 – наклонная шайба; |
| 8 – предохранительный клапан системы подпитки; | 16 – ведомый вал |

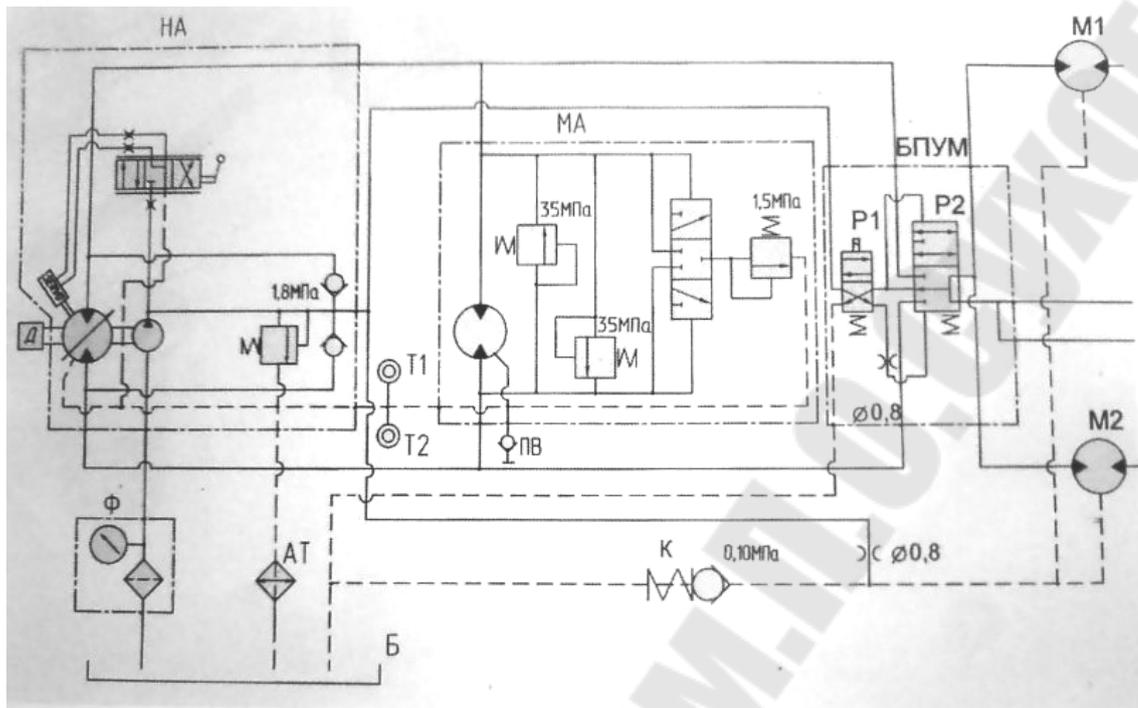


Рис. 8. Схема гидравлическая гидропривода ходовой передачи:

- АТ – масляная секция радиатора;
- Б – бак масляный;
- БПУМ – блок подключения управляемого моста;
- К – клапан дренажный;
- МА – гидромотор;
- М1, М2 – гидромотор-колеса;
- НА – гидронасос;
- ПВ – полумуфта внутренняя;
- Р1, Р2 – гидрораспределители;
- Т1, Т2 – датчики указателя температуры;
- Ф – фильтр

Гидропривод ходовой части предназначен для передачи мощности от дизеля к колесам, бесступенчатого (плавного) изменения скорости, останова и реверсирования движения машин при неизменной частоте вращения коленвала двигателя.

Бесступенчатое изменение скорости движения машины обеспечивает оптимальный режим ее технологического процесса при полном использовании мощности двигателя. Оперативное управление скоростью движения самоходной машины (включая остановку и реверс) осуществляется одной рукояткой, что значительно облегчает условия работы механизатора. Все это значительно повышает производительность самоходных кормоуборочных машин.

Гидросистема привода ходовой части самоходных машин семейства «Полесье» (рис. 8) выполнена на базе объемного гидропривода

(гидротрансмиссии). Техническая характеристика представлена в табл. №1.

Таблица 1

Техническая характеристика гидропривода

| Наименование | Значение |
|--|---|
| Тип гидропривода | С замкнутым потоком циркуляции рабочей жидкости |
| Максимальное давление в напорной гидролинии, МПа (кгс/см ²) | 36,5 (365) |
| Максимальное давление в сливной гидролинии, МПа (кгс/см ²) | 1,53 (15,3) |
| Максимальное давление в дренажной гидролинии, МПа (кгс/см ²) | 0,25 (2,5) |
| Максимально допустимая температура в дренажной гидролинии (на выходе из корпуса гидромотора), °С | +80 |
| Рабочая жидкость | Специальные масла марок А, МГЕ 46В (МГ-30У), ЭШ, МГТ |
| Тонкость фильтрации рабочей жидкости, мкм | 10 |
| Насос | |
| Тип | Аксиально-плунжерный регулируемый, реверсивный по потоку рабочей жидкости, со встроенным насосом подпитки |
| Марка | НП-90 |
| Максимальный рабочий объем, см ³ | 89 |
| Номинальная частота вращения, (об/мин) | 25 (1500) |
| Управление насосом | Механическое |
| Масса, кг | 78 |
| Гидромотор | |
| Тип | Аксиально-плунжерный нерегулируемый, реверсивный, со встроенной клапанной коробкой |
| Марка | МП 90 (МП 90Б) |
| Рабочий объем, см ³ | 89 |
| Масса, кг: | |
| МП 90 | 48 |

Устройство и принцип работы гидропривода ходовой части машин с одним ведущим мостом

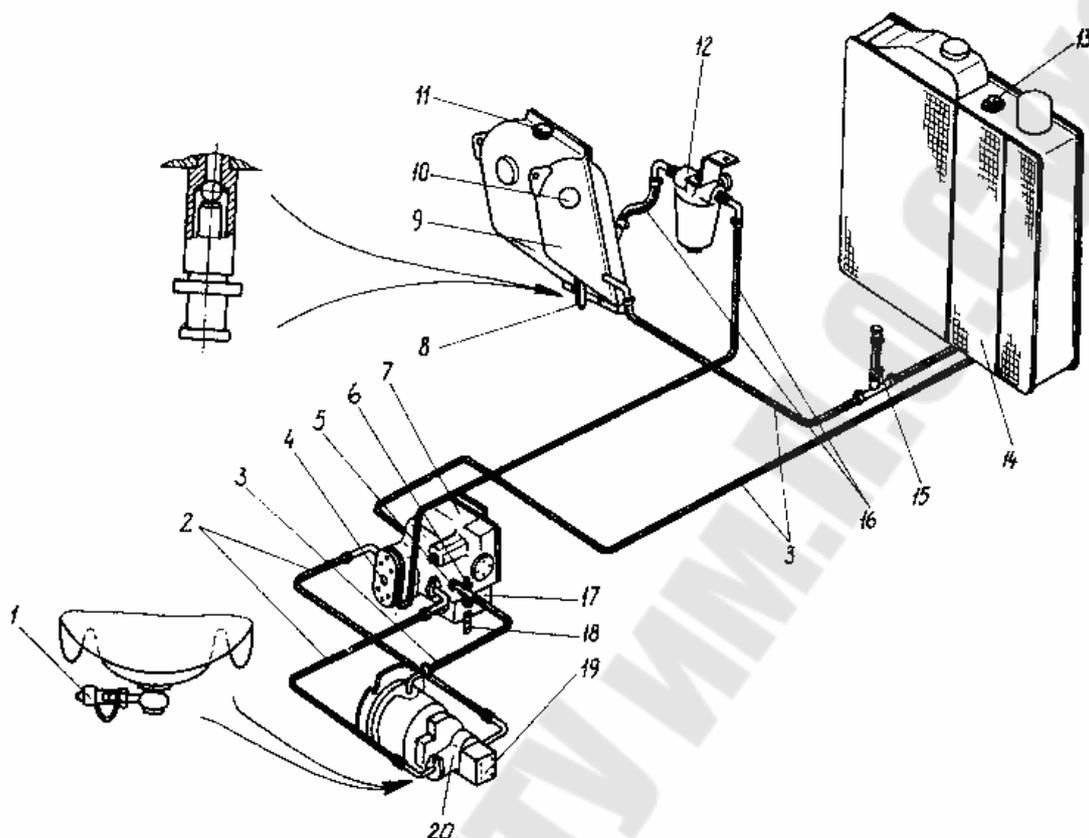


Рис. 9. Гидросистема привода ведущих колес

Гидросистема (рис. 9) состоит из гидронасоса 7 регулируемой производительности, гидромотора 20, масляного бака 9, фильтра 12, радиатора 14, рукавов высокого давления 2 (напорные гидролинии), рукавов низкого давления 3 (дренажная гидролиния), всасывающих рукавов 6.

Контроль температуры рабочей жидкости осуществляется с помощью датчика 6 (рис. 5). Показания датчика выводятся на указатель температуры 18. Для определения температуры масла в гидроприводе необходимо нажать кнопку 19.

Контроль аварийной температуры рабочей жидкости осуществляется датчиком 5. При повышении температуры масла до аварийного значения ($+80^{\circ}\text{C}$) на пульте контроля загорается контрольная лампа.

Заправка гидросистемы привода ходовой части производится через установленную на гидромоторе полумуфту с помощью нагнетателя, прилагаемого в ЗИП машины. Контроль уровня масла осуществляется с помощью маслоуказателей масляных баков.

Рукав 15 используется для промывки гидросистемы в сборе с машиной на заводе-изготовителе.

Для такой гидротрансмиссии характерна высокая степень унификации узлов и деталей насоса и мотора.

Устройство и принцип работы гидропривода ходовой части машин с двумя ведущими мостами

Управляемый ведущий мост (УВМ) выполняется на базе гидромотор-колес. На машинах семейства "Полесье" могут устанавливаться мотор-колеса двух видов:

– с применением высокооборотного аксиально-поршневого гидромотора РМНА 32/35 (производства завода "Гидропривод", г. Шахты Ростовской обл.) совместно с двухступенчатым планерным редуктором производства ПО "Гомсельмаш" (мотор-колесо УЭС 20106290);

– с применением низкооборотного высокомоментного гидромотор-колеса MS 08-2-121-A08-1320 MR французской фирмы POCLAIN HYDRAVLICS (Поклен Гидравлике).

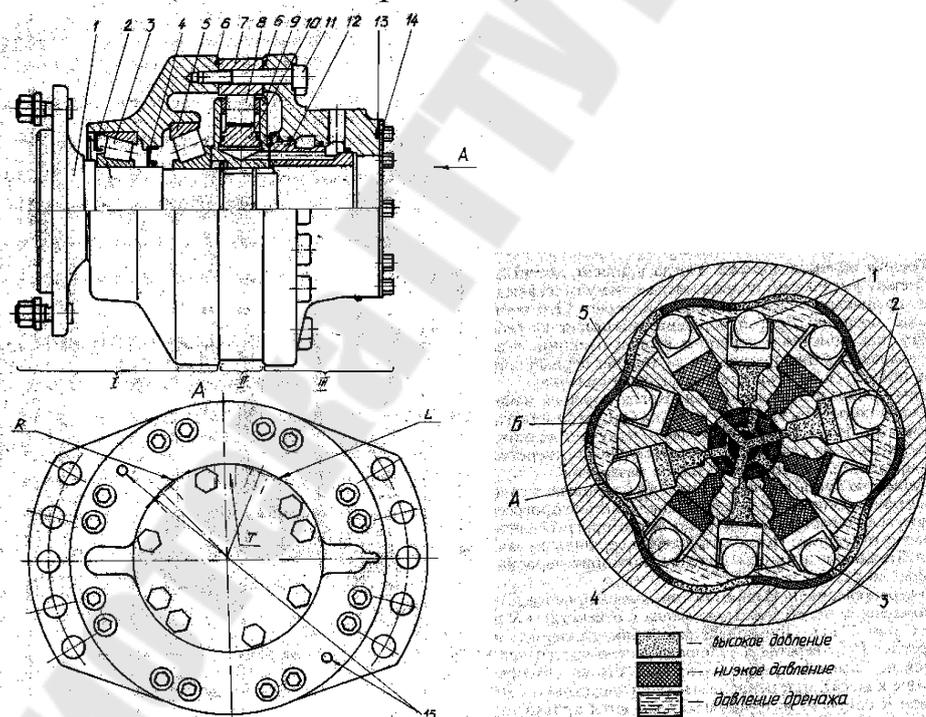


Рис. 10. Гидромотор-колесо MS08

Гидромотор-колесо MS08 модульного исполнения (рис.10), состоит из механической части I (блок выходного вала 1 со ступицей для крепления диска колеса и коническими подшипниками 3, 5), блока

передачи крутящего момента II (в котором радиально расположенные поршни 10 через ролики 8 взаимодействуют с кулачковой обоймой 7) и блока распределения рабочей жидкости III с торцевым распределителем 12. Все три модуля стягиваются в одно целое болтами 11. Стыки модулей уплотняются резиновыми кольцами 6, 13 круглого сечения. Выходной вал уплотняется манжетой 4, передний подшипник – уплотнением 2.

2. Двигатели мобильных машин

Двигатель – это машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу.

В основном в мобильных машинах широко используют тепловые двигатели, внутри которых происходит сжигание топлива и преобразование части выделившейся теплоты в механическую работу. Их называют двигателями внутреннего сгорания. К ним относят поршневые, в которых весь рабочий процесс осуществляется полностью в цилиндрах; газотурбинные, в которых рабочий процесс последовательно совершается в воздушном компрессоре, камере сгорания и расширительной машине – газовой турбине, и реактивные, в которых расширение продуктов сгорания происходит в реактивном сопле.

На многих современных тракторах и автомобилях установлены поршневые двигатели внутреннего сгорания. Эти двигатели классифицируют по следующим основным признакам:

- способу воспламенения горючей смеси (смеси топлива с воздухом в определенных соотношениях) – с воспламенением от сжатия (дизели) и с принудительным воспламенением от электрической искры (карбюраторные, газовые и инжекторные);
- способу смесеобразования – с внутренним (дизели) и внешним (карбюраторные, газовые и инжекторные) смесеобразованием;
- виду применяемого топлива – работающие на жидком (бензин или дизельное топливо) и газообразном (сжатый или сжиженный газ) топливе, а также многотопливные;
- способу осуществления рабочего цикла – четырех- и двухтактные;
- числу цилиндров – одно- и многоцилиндровые (двух-, трех-, четырех-, шестицилиндровые и т. д.);

- расположению цилиндров – однорядные, или линейные (цилиндры расположены в один ряд), и двухрядные, или W-образные (один ряд цилиндров размещен под углом к другому);

- типу системы охлаждения – с жидкостным или воздушным охлаждением.

На отечественных тракторах и автомобилях большой грузоподъемности применяют четырехтактные многоцилиндровые дизели, а на автомобилях легковых, малой и средней грузоподъемности – четырехтактные многоцилиндровые карбюраторные, инжекторные и газовые двигатели или дизели.

2.1 Основные механизмы и системы двигателя внутреннего сгорания.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания состоит из корпусных деталей (блок или блок-картер, головка цилиндров, поддон, крышки), кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, систем питания, охлаждения, смазочной, зажигания, пуска и регулирования частоты вращения.

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для преобразования прямолинейного возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала и наоборот.

Газораспределительный механизм своевременно соединяет надпоршневой объем с системами впуска свежего заряда и выпуска из цилиндра продуктов сгорания (отработавших газов) в определенные промежутки времени.

Система питания служит для подачи в цилиндры дизеля очищенного воздуха и хорошо очищенного и мелкораспыленного топлива, в карбюраторном и инжекторном – для очистки топлива, воздуха, приготовления горючей смеси и ввода ее в цилиндры, а в газовом – для очистки воздуха, снижения давления.

Параметры двигателя внутреннего сгорания.

Для описания основных определений, принятых для двигателей, рассмотрим схему одноцилиндрового поршневого двигателя внутреннего сгорания (рис.11) с центральным кривошипно-шатунным механизмом (когда ось цилиндра пересекает оси поршневого пальца и коленчатого вала).

Верхняя мертвая точка (ВМТ) – положение поршня в цилиндре, при котором расстояние от него до оси коленчатого вала двигателя наибольшее.

Нижняя мертвая точка (НМТ) – положение поршня в цилиндре, при котором расстояние от него до оси коленчатого вала двигателя наименьшее.

Ход поршня S (м) – расстояние по оси цилиндра между мертвыми точками. При каждом ходе поршня коленчатый вал поворачивается на пол оборота, т. е. на угол 180° , следовательно, ход поршня равен двум радиусам r кривошипа коленчатого вала: $S = 1r$.

Рабочий объем цилиндра V_h , (м³) – объем цилиндра, освобожденный поршнем при перемещении от ВМТ до НМТ:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S, \quad V_h = \frac{\pi D^2}{4} S,$$

где D – диаметр цилиндра, м.

Объем камеры сжатия V_c (м³) – объем пространства над поршнем, находящимся в ВМТ.

Полный объем цилиндра V_a (м³) – сумма рабочего объема цилиндра и объема камеры сжатия, т. е. объем пространства над поршнем, находящегося в НМТ:

$$V_a = V_h + V_c$$

Литраж двигателя K_L (л) – это суммарный рабочий объем цилиндров, выраженный в литрах:

$$V_L = 10^3 V_h i$$

где i – число цилиндров двигателя.

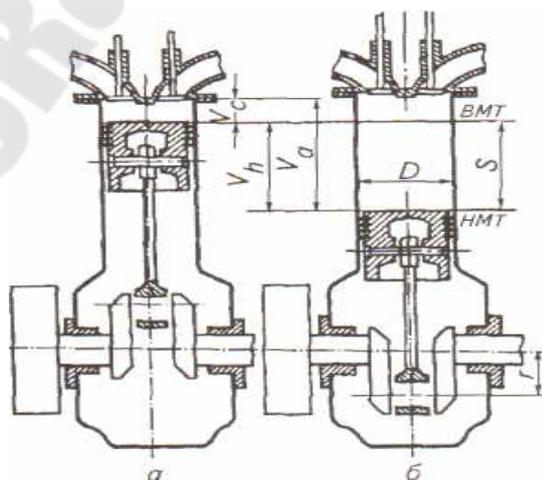


Рис. 11. Схема двигателя внутреннего сгорания:
а – поршень в ВМТ; б – поршень в НМТ

Степень сжатия – отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия:

$$\gamma = V_a / V_c$$

Следовательно, степень сжатия – это отвлеченное число, показывающее, во сколько раз полный объем цилиндра больше объема камеры сжатия.

Во время работы поршневого двигателя внутреннего сгорания в его цилиндре происходит ряд периодически повторяющихся процессов, при которых изменяется состояние рабочего тела (газа).

Рабочий цикл двигателя – комплекс последовательных процессов (впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск), в результате которых энергия сгораемого топлива преобразуется в механическую энергию поступательного движения поршня.

Такт – часть рабочего цикла за время движения поршня от одной мертвой точки до другой. Условно принимаем, что такт происходит за один ход поршня.

Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за четыре хода (такта) поршня или за два оборота коленчатого вала, называют четырехтактными. Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала, называют двухтактными.

Рабочий цикл четырехтактного дизеля.

В отличие от двигателя с внешним смесеобразованием в цилиндр дизеля воздух и топливо вводятся отдельно.

Такт впуска. Поршень 3 (рис. 12, а), приводимый в действие от коленчатого вала 1 через шатун 2, перемещается от ВМТ к НМТ. Впускной клапан 5 открыт, и в цилиндр 8 поступает воздух, давление которого в конце такта равно 0,08...0,09 МПа (в случае без наддува), а температура – 320...340 К.

Такт сжатия. Оба клапана закрыты. При перемещении поршня от НМТ к ВМТ (рис. 12, б) воздух, находящийся в цилиндре, сжимается до давления 3,5...4 МПа, так как у дизелей степень сжатия составляет 14... 18. Температура воздуха при этом достигает 750...950 К. Это превышает температуру самовоспламенения топлива. При положении поршня, близком к ВМТ, в цилиндр 8 через форсунку 6 впрыскивается мелкораспыленное топливо под высоким давлением, создаваемым топливным насосом 4 высокого давления.

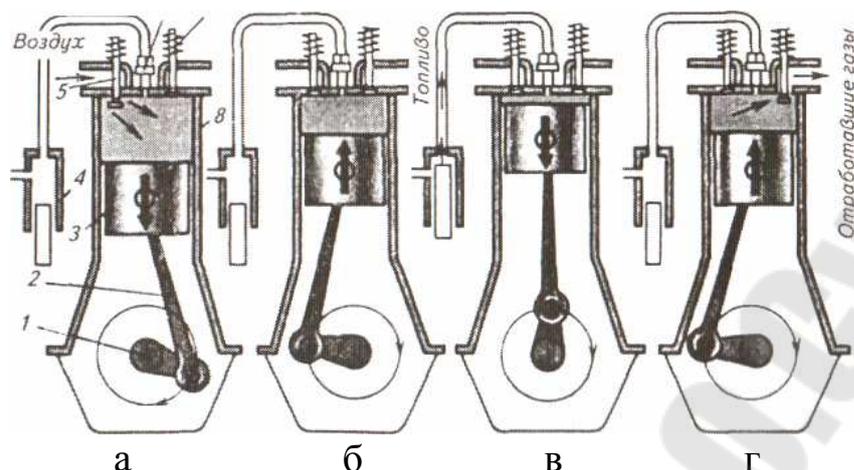


Рис.12. Рабочий цикл одноцилиндрового четырехтактного дизеля:
 а – такт впуска; б – такт сжатия; в – такт расширения; г – такт выпуска;
 1 – коленчатый вал; 2 – шатун; 3 – поршень; 4 – топливный насос;
 5 – впускной клапан; 6 – форсунки; 7 – выпускной клапан; 8 – цилиндр

В отличие от двигателя с внешним смесеобразованием в цилиндр дизеля воздух и топливо вводятся отдельно.

Топливо, впрыснутое в цилиндр, смешивается с нагретым воздухом и остаточными газами от предыдущего цикла, образуя рабочую смесь. Большая часть топлива воспламеняется и сгорает, давление газов в цилиндре при этом достигает 5,5...9 МПа, а температура – 1900...2400 К.

Такт расширения. Оба клапана остаются закрытыми. Поршень под давлением газов движется от ВМТ к НМТ (рис. 12, в), при этом сгорает оставшая часть топлива. Коленчатый вал 1 через шатун 2 от поршня запасает энергию, полученную при сгорании рабочей смеси. К концу такта расширения давление газов уменьшается до 0,2...0,3 МПа, а температура – до 900... 1200 К.

Такт выпуска. Выпускной клапан 7 открывается. Поршень движется от НМТ к ВМТ (рис. 12, г) и через открытый клапан выталкивает отработавшие газы из цилиндра в атмосферу. К концу такта давление газов в цилиндре составляет 0,11...0,12 МПа, а температура-650...900 К.

Далее рабочий цикл повторяется.

В течение рабочего цикла описанных двигателей только в такте расширения поршень перемещается под давлением газов и посредством шатуна приводит во вращательное движение коленчатый вал, на заднем конце которого крепят массивный маховик. Этот маховик и запасает энергию сгораемого топлива. При выполнении остальных тактов – выпуска, впуска и сжатия – поршень перемещается за счет кинетической энергии, накопленной маховиком.

2.1.2 Системы двигателя внутреннего сгорания двигателя КамАЗ-740.

При изучении данного вопроса использовать набор плакатов «КамАЗ - 740»

1 Система питания разделенного типа состоит из топливного насоса высокого давления с всережимным регулятором частоты вращения, автоматической муфтой опережения впрыска, с топливным насосом низкого давления и топливоподкачивающим насосом; форсунок; фильтров грубой и тонкой очистки; дополнительного топливоподкачивающего насоса, топливопроводов высокого и низкого давления; топливных баков.

Топливо из бака засасывается топливоподкачивающим насосом низкого давления и через фильтры грубой и тонкой очистки, по топливопроводам низкого давления подается к топливному насосу высокого давления, который в соответствии с порядком работы двигателя подает топливо по топливопроводам высокого давления к форсункам.

Форсунки впрыскивают топливо в распыленном состоянии в камеры сгорания. Избыточное топливо, а вместе с ним и попавший в систему воздух, отводится через перепускной клапан ТНВД и клапан-жиклер фильтра тонкой очистки по дренажным топливопроводам в топливный бак. Топливо, просочившееся в полость пружины форсунки через зазор между корпусом распылителя и иглой, сливается в бак через дренажные топливопроводы.

Рассмотрим подробнее назначение основных узлов системы.

Фильтр грубой очистки предназначен для предварительной очистки топлива, поступающего в топливный насос низкого давления. Устанавливается на всасывающей магистрали системы питания и крепится к лонжерону двумя болтами.

Топливо, поступающее из топливного бака через подводящий штуцер, подается к распределителю и стекает в стакан. Крупные посторонние частицы и вода собираются в нижней части стакана. Из верхней части стакана топливо через сетчатый фильтр, отводящий штуцер и топливопроводы поступает к топливному насосу.

Фильтр тонкой очистки предназначен для окончательной очистки топлива перед поступлением его в топливный насос высокого давления. Он установлен в самой высокой точке системы питания. Такая установка фильтра обеспечивает сбор проникшего в систему пи-

тания воздуха и удаление его в бак вместе с частью топлива, подаваемого насосом.

Фильтр состоит из корпуса и двух колпаков с фильтрующими элементами. Снизу в колпаки вставлены и приварены стержни, в которые ввернуты сливные пробки. Каждый колпак соединяется с корпусом специальным болтом, который наворачивается на резьбовой конец стержня.

Сменный фильтрующий элемент прижимается к корпусу пружинной. С торцовых поверхностей фильтрующий элемент уплотняется резиновыми прокладками. В корпус ввернут жиклер, через который сливается часть топлива вместе с воздухом, попавшим в систему низкого давления.

Топливный насос высокого давления (ТНВД) обеспечивает равномерную подачу строго дозированных порций топлива в каждый цилиндр двигателя в определенный момент в течение определенного промежутка времени под высоким давлением. ТНВД расположен в развале блока цилиндров и приводится в действие от шестерни распределительного вала через шестерню привода насоса. Насос состоит из восьми секций, размещенных в общем корпусе.

Каждая секция состоит из корпуса, втулки с плунжером, поворотной втулки, нагнетательного клапана, прижатого штуцером к втулке плунжера через уплотнительную прокладку. Правильное положение втулки относительно корпуса обеспечивается с помощью штифта. Втулка и плунжер составляют прецизионную пару.

Топливный насос низкого давления поршневого типа. Предназначен для подачи топлива от бака через фильтры грубой и тонкой очистки к впускной полости насоса высокого давления.

Насос устанавливается на крышке регулятора частоты вращения и приводится в действие от эксцентрика распределительного вала топливного насоса высокого давления.

2 Система охлаждения двигателя жидкостная, закрытого типа с принудительной циркуляцией: охлаждающей жидкости, рассчитанная на постоянное применение низкотемпературных жидкостей. В связи с этим в системе охлаждения и отопления устанавливаются резьбовые конические пробки вместо сливных кранов.

Применение в системе вместо низкотемпературных жидкостей воды допускается только в особых случаях и только для кратковременного использования.

Система охлаждения состоит из центробежного водяного насоса, трубчато-ленточного радиатора, расширительного бачка, двух термостатов, перепускного патрубка, пятилопастного осевого вентилятора с кожухом и жалюзи. Контроль температуры охлаждающей жидкости осуществляется двумя датчиками и стрелочным указателем, расположенным на щитке приборов в кабине.

Температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения должна быть в пределах 75–98 °С. Допускается работа двигателя при температуре не более 105 °С. Необходимый тепловой режим двигателя обеспечивается термостатами, гидравлической муфтой привода вентилятора и жалюзи.

Во время работы двигателя циркуляция охлаждающей жидкости в системе охлаждения создается центробежным насосом. Из нижнего бачка радиатора охлаждения жидкость поступает во всасывающий патрубок насоса и подается через отверстия в блоке цилиндров в водяную полость левого ряда цилиндров, а через нагнетательный патрубок в водяную полость правого ряда цилиндров. Омывая наружные поверхности гильз цилиндров, охлаждающая жидкость через отверстия в верхней плоскости блока цилиндров поступает в водяные полости головок цилиндров.

Нагретая жидкость отводится от двигателя через водяные трубы, установленные на головках со стороны развала. На месте соединения водяных труб установлена коробка термостатов, через которую жидкость в зависимости от температуры поступает или в радиатор, или непосредственно в водяной насос.

Термостаты с твердым наполнителем, прямым ходом клапана, с подвижным перепускным клапаном относительно термосилового датчика предназначены для автоматического регулирования теплового режима работы двигателя. Если температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения ниже +70 °С, термостат направляет весь поток охлаждающей жидкости через перепускной патрубок (байпас), минуя радиатор. При температуре 70–85 °С охлаждающая жидкость проходит как через перепускной патрубок, так и через радиатор. Если выше – только через радиатор.

Водяной насос центробежного типа обеспечивает постоянную циркуляцию жидкости в системе охлаждения.

Вентилятор осевого типа, пятилопастный, установлен на ведомом валу гидромуфты согласно с коленчатым валом двигателя. Приводится во вращение гидромуфтой с автоматическим управлением.

Вентилятор вращается в установленном на рамке радиатора диффузоре, который уменьшает подсос лопастями воздуха с боков и тем самым способствует увеличению скорости потока воздуха, просасываемого вентилятором.

Автоматический привод вентилятора состоит из гидромуфты и включателя гидромуфты.

Гидромуфта предназначена для передачи крутящего момента от коленчатого вала к вентилятору, а также для гашения инерционных сил, которые возникают при резком изменении частоты вращения коленчатого вала.

3 Система смазки двигателя смешанная, с мокрым картером. Масло под давлением подается к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала, к подшипникам распределительного вала, втулкам коромысел, топливному насосу высокого давления, компрессору. Предусмотрена пульсирующая подача масла к сферическим опорам штанг и толкателей.

Из поддона масло через маслоприемник засасывается в секции масляного насоса. Через канал в правой стенке блока цилиндров масло из секции поступает в корпус полнопоточного фильтра, где оно очищается, проходя через два фильтрующих элемента. Из фильтра масло поступает в главную масляную магистраль, расположенную в правой стенке картера блока цилиндров. Из главной масляной магистрали масло по каналам в перегородках блока цилиндров поступает к коренным подшипникам коленчатого вала, подшипникам распределительного вала, втулкам коромысел и по каналу в штангах клапанов к толкателям. К шатунным подшипникам коленчатого вала масло подается по каналам в коленчатом валу от ближайшей коренной шейки. Масло, снимаемое со стенок цилиндра масломъемным кольцом, через отверстия в канавке кольца отводится внутрь поршня и смазывает опоры поршневого пальца в бобышках поршня и в верхней головке шатуна.

Из канала в задней стенке блока цилиндров масло поступает по трубке для смазки подшипников компрессора. Из канала в передней стенке блока цилиндров производится отбор масла для смазки подшипников топливного насоса высокого давления. Из главной масляной магистрали масло под давлением подается к термосиловому датчику, который расположен в переднем торце блока цилиндров и управляет работой гидромуфты привода вентилятора в зависимости от температуры охлаждающей жидкости.

3 Рулевые управления колесных тракторов и автомобилей

Рулевое управление предназначено для изменения и поддержания направления движения трактора или автомобиля по требуемой траектории.

Наиболее распространены две схемы рулевого управления: поворотом передних колес относительно переднего моста (рис. 13, а) или поворотом полурам вместе с мостами и колесами относительно шарнира, соединяющего эти полурамы (рис. 13, б). Первая схема применена на всех автомобилях и универсально-пропашных тракторах, вторая — на колесных тракторах общего назначения с четырьмя ведущими колесами одинакового размера.

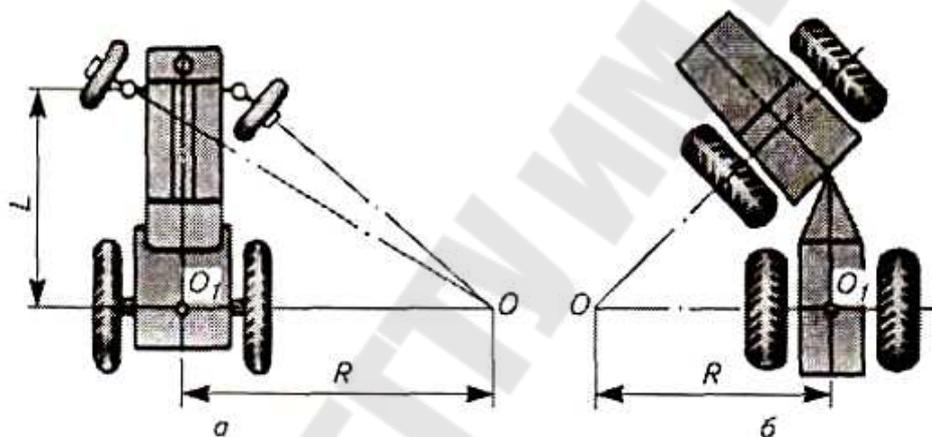


Рис. 13. Схемы рулевого управления:

а – поворотом передних колес относительно переднего моста; б – поворотом полурам вместе с мостами и колесами

Основное условие поворота – качение направляющих колес без бокового скольжения. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы геометрические оси всех колес пересекались в мгновенном центре вращения – точке O , называемой центром поворота. Расстояние OO_1 от центра поворота до середины заднего моста называют радиусом поворота R .

Геометрические оси всех колес пересекутся в одной точке в том случае, если передние управляемые колеса при повороте будут поворачиваться на разные углы: внутреннее колесо на больший угол, наружное – на меньший. Соблюдение этого условия достигается применением в конструкции рулевого управления четырехзвенного шарнирного механизма – рулевой трапеции.

Рулевой механизм преобразует вращательное движение рулевого колеса в ограниченный поворот рулевой сошки.

Для удобства управления передаточное число рулевого механизма выбирают с таким расчетом, чтобы отклонение управляемых колес от нейтрального положения на максимальный угол $35...40^\circ$ происходило за 1,25–2 оборота рулевого колеса в каждую сторону. Передаточное число рулевого механизма у многих тракторов и автомобилей составляет 15–25.

Чем больше передаточное число, тем меньше окружное усилие требуется для поворота, меньше угол отклонения управляемых колес за один оборот рулевого колеса и больше время поворота. Последнее существенно влияет на безопасность дорожного движения.

Если максимально возможное передаточное число рулевого механизма не обеспечивает требуемой легкости управления, применяют усилители. Наиболее распространены гидравлические усилители рулевого управления.

3.1 Гидравлические усилители рулевого управления

В мобильных машинах (автомобилях большой грузоподъемности, тягачах, тракторах) на управляемые колеса приходится большой вес. В таких машинах рулевые управления оборудуются гидравлическими усилителями (рис 14). Усилители снижают усилие управления на рулевом колесе и реакцию дороги, повышают безопасность движения машины.

Гидроусилитель рулевого управления является следящим гидростатическим устройством, обеспечивающим определенную зависимость угла поворота управляемых колес от угла поворота рулевого колеса.

Требования, предъявляемые к конструкции гидроусилителей:

- обладать кинематическим и силовым следящим действием;
- обеспечивать функционирование рулевого управления в случае выхода из строя гидроусилителя;
- иметь высокую чувствительность к повороту рулевого колеса;
- обладать высокой жесткостью и динамической устойчивостью, что особенно важно для машин с шарнирно-сочлененной рамой.

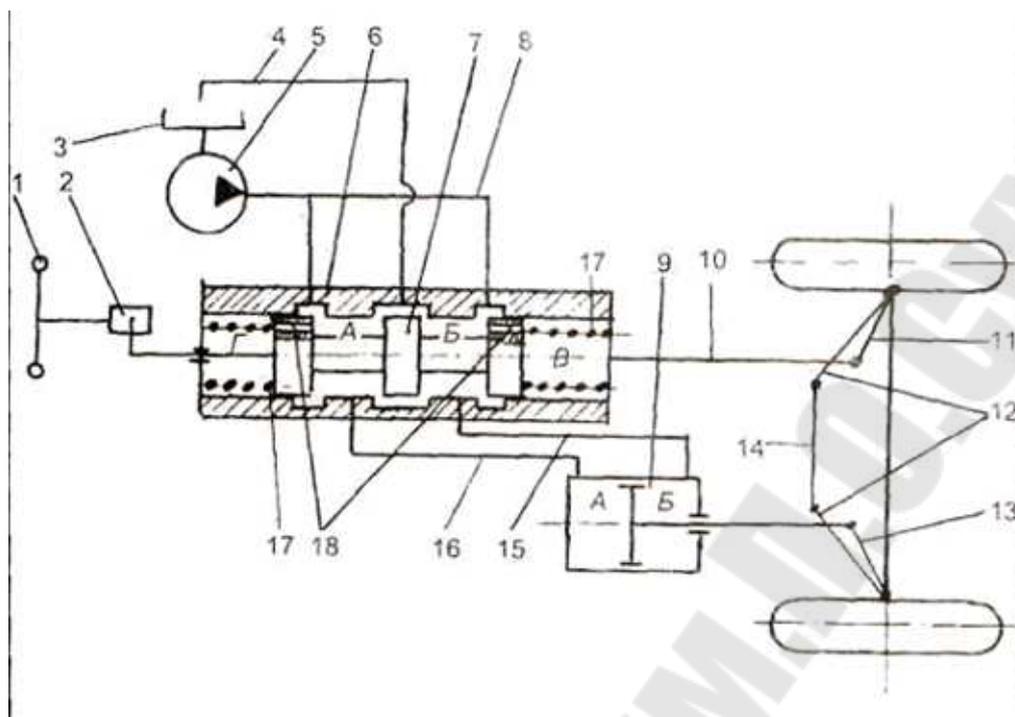


Рис. 14. Схема гидроусилителя рулевого управления мобильной машины

Гидроусилитель рулевого управления состоит из блока питания, распределителя, исполнительного и рулевого механизмов и трубопроводов. Блок питания включает насос 5 с баком 3. Распределитель 6 имеет золотник 7 с реактивными камерами В и Г и центрирующими пружинами 17. Исполнительный механизм (гидроцилиндр) 9 шарнирно закреплен на раме, а его шток связан с рычагом 13 поворотной цапфы управляемого колеса. При прямолинейном движении мобильной машины золотник занимает нейтральное положение, а рабочая жидкость насоса 5 по трубопроводу 8 поступает в полости А, Б, В и Г распределителя и далее по трубопроводу 15, 16 передается в полости А и Б гидроцилиндра 9.

При повороте рулевого колеса 1, например влево, посредством рулевого механизма, золотник 7 распределителя 6 смещается вправо. В результате рабочая жидкость от насоса через распределитель, по трубопроводу 15 попадает в полость Б гидроцилиндра 9, который начинает поворачивать управляемые колеса влево через рычаг 13 и поперечную тягу 14. Одновременно полость А силового цилиндра через трубопровод 16 и распределитель 6 соединяется со сливной магистралью 4.

После прекращения поворота рулевого колеса золотник 7 остается еще сдвинутым вправо, рабочая жидкость продолжает поступать

в полость Б силового цилиндра 9 и, действуя через рычаг 11 и тягу 10 обратной связи одновременно с поворотом управляемых колес смещает вправо корпус распределителя 6, то есть возвращает систему в нейтральное положение. Дальнейший поворот управляемых колес прекращается. Таким образом осуществляется кинематическое следящее действие.

Силовое следящее действие при повороте влево достигается реактивной камерой Г и, расположенной в ней, пружиной 17. В камере В через калиброванное отверстие в золотнике поступает жидкость которая воздействует на торец золотника. В результате усилие необходимое для смещения золотника оказывается зависящим от давления в нагнетательной магистрали, которое определяется моментом сопротивления повороту управляемых колес. Это создает у водителя «чувство дороги». Работа системы при повороте рулевого колеса и другую сторону отличается тем, что роль камер А и Б распределителя меняется, а поворот управляемых колес осуществляется под действием давления в полости А гидроцилиндра.

Центрирующие пружины 17 установлены по обе стороны золотника 7 и исключают возможность включения в работу усилителя под действием незначительных сил со стороны управляемых колес, сил вибрации, инерции, когда величины этих сил меньше силы предварительного сжатия пружин. Давление рабочей жидкости в реактивных камерах В и Г (см. рис. 14) также способствует предотвращению самопроизвольного включения распределителя.

3.1.1 Гидроусилитель рулевого механизма автомобиля КамАЗ

Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей КамАЗ состоит из насоса 4 (рис. 15) в сборе с бачком 31, заливным 30 и сливным 3 фильтрами, перепускным 35 и предохранительным 34 клапанами, радиатора 28, а также встроенных в рулевой механизм гидроцилиндра с поршнем-рейкой и реверсивного четырехщелевого распределителя с золотником 20, обратным 17 и предохранительным 18 клапанами и плунжерным следящим механизмом. Распределитель часто называют клапаном управления.

Полый трехбуртовый золотник 20 установлен на хвостовик винта 15 с большим радиальным зазором, закреплен между упорными подшипниками 21 с осевым усилием, регулируемым пружинной шайбой и гайкой, и выступает над торцами расточек корпуса 19 на 1,0...1,2 мм.

В трех сквозных сверлениях корпуса 19, выполненных под углом 120° одно относительно другого, с минимальным зазором установлены три пары реактивных плунжеров 22 с центрирующими пружинами 23, а в трех глухих сверлениях, расположенных также под углом 120° , – три одинарных плунжера, в одном из которых размещен обратный клапан 77. Плунжеры прижимаются к внутренним обоймам упорных подшипников 21 и фиксируют золотник 20 в нейтральном положении под действием центрирующих пружин 23 и давления масла в напорной гидролинии 26.

В нейтральном положении золотника 20 между тремя его буртами и двумя средними буртами корпуса 19 образуются четыре кольцевые щели шириной 0,5–0,6 мм каждая. Масло из напорной гидролинии 26, омывая центральный бурт золотника 20, проходит через вторую и третью щели в проточки золотника. Из этих проточек по каналам в корпусах 19, 24 и 16 масло поступает в полости 7 и 25 гидроусилителя, а через первую и четвертую щели – в бачок 31 через радиатор 28, сливную гидролинию 32 и фильтр 3.

При поворотах автомобиля вращение рулевого колеса 7 через карданный вал 27 и пару зубчатых колес углового редуктора 24 передается винту 15, соединенному с поршнем-рейкой 8 шариковой гайкой 14. Если сопротивление управляемых колес 12 повороту достаточно велико, то поперечная 11 и продольная 10 тяги, сошка 9, ее вал 6 с зубчатым сектором и поршень-рейка 8 в начале поворота остаются неподвижными. Винт же 15, ввертываемый в шариковую гайку 14 при повороте налево или вывертываемый из нее при повороте направо, вынужден скользить в шлицевой ступице ведомого зубчатого колеса и вместе с золотником 20 перемещаться на 1,2 мм соответственно назад (на схеме вправо) или вперед (на схеме влево), дополнительно сжимая пружины 23.

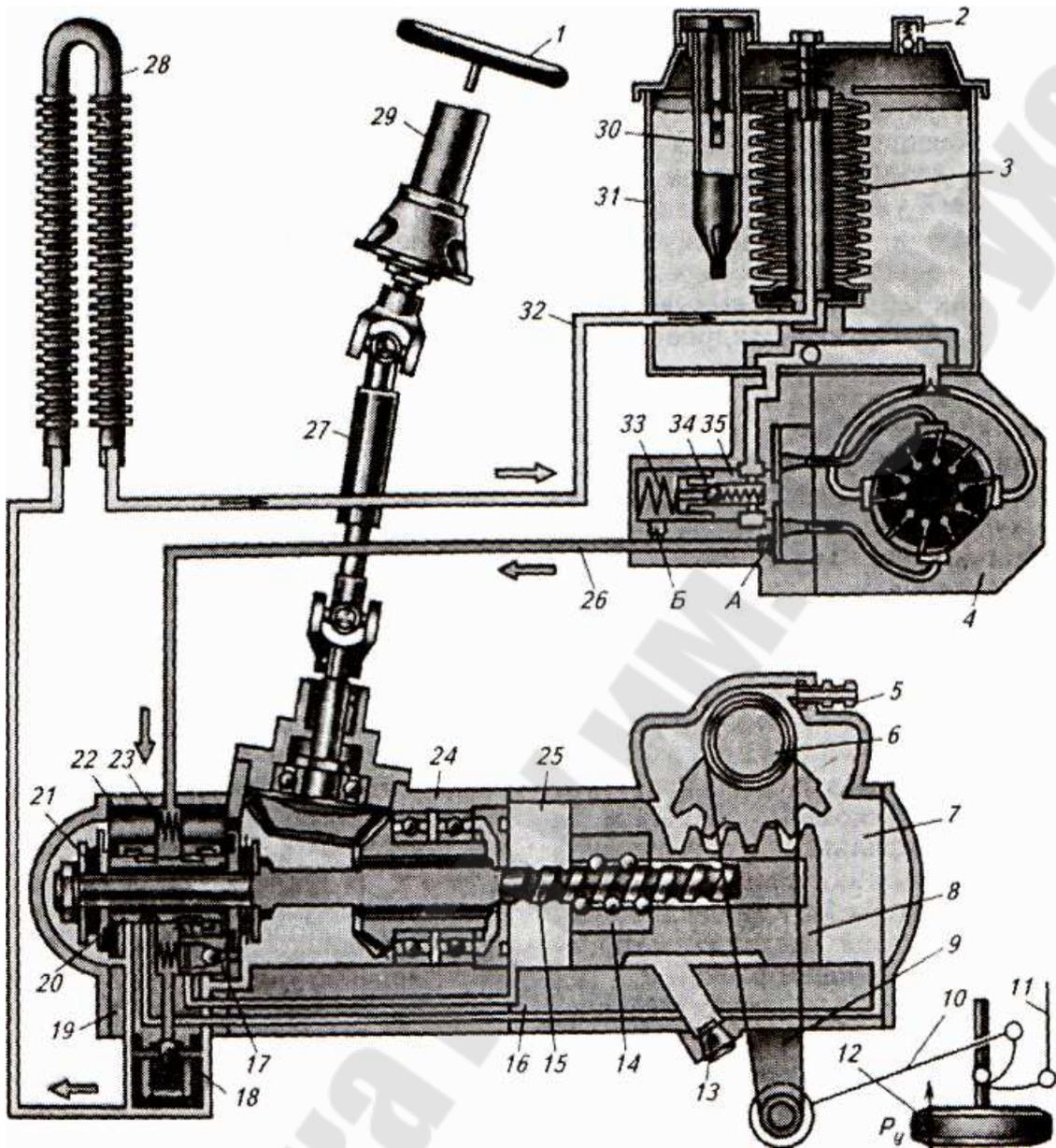


Рис. 15. Схема гидроусилителя рулевого механизма автомобилей КамАЗ:
 1 – рулевое колесо; 2, 18, 34 – предохранительные клапаны; 3 – сливной фильтр; 4 – насос; 5, 35 – перепускные клапаны; 6 – вал сошки с зубчатым сектором; 7 – задняя полость гидроусилителя; 8 – поршень-рейка; 9 – сошка; 10 – продольная тяга; 11 – поперечная тяга; 12 – переднее колесо; 13 – магнитная сливная пробка; 14 – шариковая гайка; 15 – винт; 16 – корпус рулевого механизма; 17 – обратный клапан; 19 – корпус распределителя; 20 – золотник; 27 – упорный подшипник; 22 – реактивный плунжер; 23 – центрирующая пружина; 24 – корпус углового редуктора; 25 – передняя полость гидроусилителя; 26 – напорная гидролиния; 27 – карданный вал; 28 – радиатор; 29 – рулевая колонка; 30 – заливной фильтр; 31 – бачок; 32 – гидролиния слива; 33 – пружина перепускного клапана насоса; А, Б – дросселирующие отверстия

При повороте направо золотник смещается вперед, открывая первую, третью и закрывая вторую, четвертую кольцевые щели. Масло из напорной гидролинии 26, действуя на плунжеры 22, поступает через третью щель и каналы в корпусах 19, 24, 16 в переднюю полость 25 гидроусилителя, в том числе к заднему торцу винта 15. Задняя полость 7 гидроусилителя через каналы в корпусах 16, 24, 19 и открытую первую щель соединяется с гидролинией слива.

Под действием разности давлений масла в полостях 7 и 25 поршень-рейка 8 перемещается назад и поворачивает зубчатый сектор вала 6 сошки 9 против хода часовой стрелки. Сошка перемещает продольную тягу 10 назад, а последняя через поворотный рычаг и рулевую трапецию поворачивает колеса 12 направо.

При повороте налево золотник 20 смещается назад, открывает вторую, четвертую и закрывает первую, третью кольцевые щели. Масло из напорной гидролинии 26, действуя на плунжеры следящего механизма, через вторую кольцевую щель и каналы в корпусах 24, 19, 16 поступает в заднюю полость 7 гидроусилителя. Его передняя полость 25 через каналы в корпусах 16, 24, 19 и четвертую щель оказывается соединенной с гидролинией слива. Под действием разности давлений масла в полостях 7 и 25 поршень-рейка 8 перемещается вперед и поворачивает зубчатый сектор вала 6 сошки 9 по ходу часовой стрелки, а управляемые колеса – через рулевой привод налево.

3.2 Гидрообъемное рулевое управление (ГОРУ)

Гидрообъемное рулевое управление отличается от рассмотренных ранее рулевых управлений отсутствием кинематической связи между рулевым и управляемыми колесами. Функцию этой связи выполняет статическая гидropередача вращательно-поступательного движения с гидроусилителем следящего действия.

ГОРУ упрощает компоновку и повышает удобство управления машиной за счет установки рулевого колеса в любом месте, его регулировки по высоте и углу наклона и широко применяется на современных тракторах (Т-30, МТЗ-100, Т-151 К) и комбайнах.

Основой гидрообъемного рулевого управления служит насос-дозатор, предназначенный для подачи управляющего потока масла, прямо пропорционального углу поворота его ротора рулевым колесом с любой скоростью. В качестве насосов-дозаторов применяют плане-

тарные с внутренними зубьями, пластинчатые и аксиально-поршневые насосы.

Рулевое управление с насосом-дозатором и гидроусилителем может быть одно- и двухконтурным. В одноконтурном ГОРУ питающий насос 2 (рис. 16) постоянно подает масло через золотниковый распределитель 4 к насосу-дозатору 6 с распределительным устройством 7. Когда рулевое колесо неподвижно, насос-дозатор запирает масло в гидроцилиндре 1, а золотник распределителя 4 открывает выход маслу от питающего насоса 2 на слив в бак.

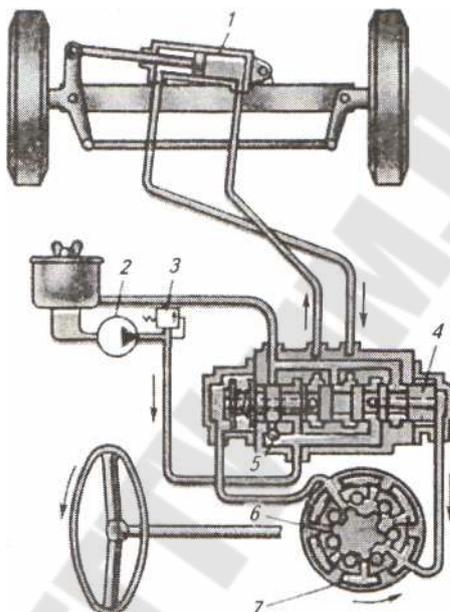


Рис. 16. Схема одноконтурного ГОРУ:

1 – гидроцилиндр; 2 – питающий насос; 3 – предохранительный клапан;
4 – золотниковый распределитель; 5 – обратный клапан; 6 – насос-дозатор;
7 – распределительное устройство насоса-дозатора

При повороте рулевого колеса поворачивается ротор и распределительное устройство 7 насоса-дозатора 6 обеспечивает прямо пропорциональную углу поворота подачу масла из одной торцевой полости распределителя в другую. Золотник распределителя 4 смещается из нейтрального положения и открывает проходы маслу от питающего насоса 2 в одну полость гидроцилиндра 7 и на слив в бак из другой полости.

Объем масла, требуемый для перестановки золотника, как правило, меньше подачи насоса-дозатора 6. Поэтому его избыточный поток через осевые канавки в золотнике суммируется с потоком питающего насоса 2 и тоже направляется в гидроцилиндр 1. Давление масла в напорных гидрелиниях обоих насосов одинаково, задается

спротивлением управляемых колес повороту и ограничивается предохранительным клапаном 3.

При остановке рулевого колеса насос-дозатор перестает подавать масло, давление в торцовой полости уменьшается, золотник под действием возвратной пружины смещается в нейтральное положение и переключает поток от питающего насоса 2 на слив в бак.

Если из-за остановки двигателя питающий насос 2 не подает масло, то насос-дозатор при повороте рулевого колеса работает как обычный насос: из бака через обратный клапан 5 всасывает масло и подает его в соответствующую полость гидроцилиндра 1. Окружное усилие на рулевом колесе при этом значительно возрастает и тем больше, чем больше объемная подача насоса-дозатора.

Таким образом, насос-дозатор работает в трех режимах: запорного устройства для гидроцилиндра 7 (при нейтральном положении золотника распределителя 4); дозатора (при работе питающего насоса и повороте рулевого колеса); насоса (при остановке двигателя или отказе питающего насоса 2).

4 Гидравлическая система тормозов

4.1 Краткие теоретические сведения

Управление рабочей тормозной системой (рис.17) водителем осуществляется нажатием на педаль тормоза, расположенной в салоне автомобиля. Усилие ноги водителя передается на главный цилиндр тормозной системы, далее распределяется по рабочим контурам и на рабочие цилиндры тормозных механизмов всех четырех колес.

Управление рабочей тормозной системой водителем осуществляется нажатием на педаль тормоза, расположенной в салоне автомобиля. Усилие ноги водителя передается на главный цилиндр тормозной системы, далее распределяется по рабочим контурам и на рабочие цилиндры тормозных механизмов всех четырех колес.

Стояночная тормозная система используется не только при стоянке автомобиля, но также необходима для предотвращения отката автомобиля назад при старте на подъеме. С помощью рычага (либо педали, рукоятки или кнопки (в случае электрического управления)) стояночного тормоза, также расположенного в салоне автомобиля, водитель может управлять тормозными механизмами стояночного тормоза задних колес.

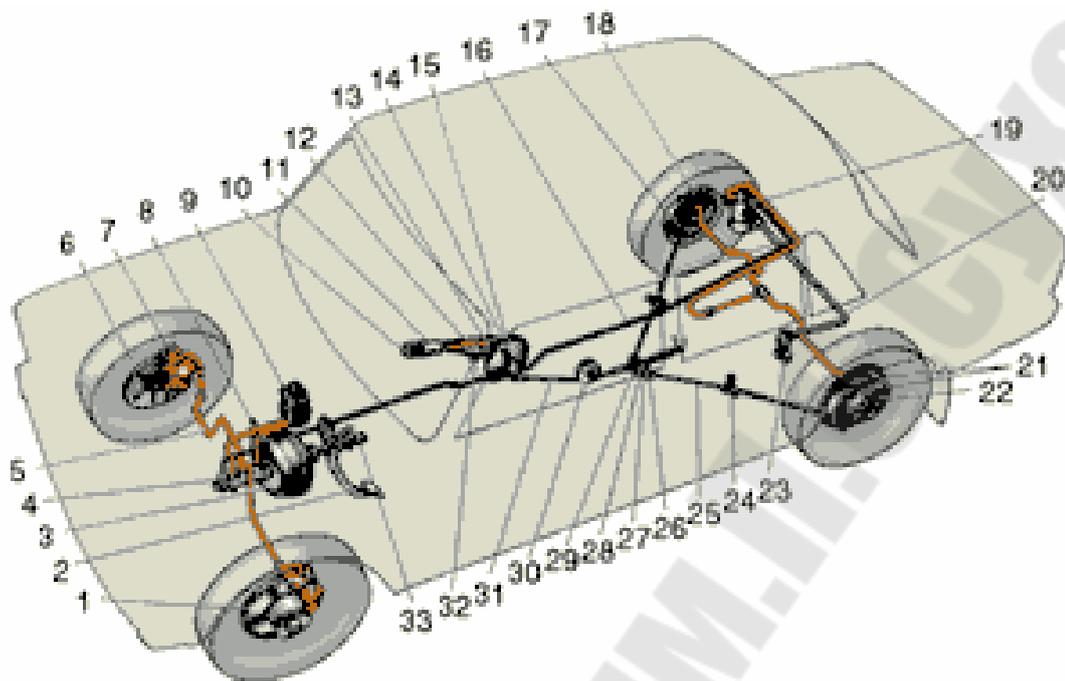


Рис.17. Общая схема тормозной системы

- 1 – тормозной механизм переднего колеса; 2 – педаль тормоза; 3 – вакуумный усилитель тормозного усилия; 4 – главный цилиндр гидропривода тормозов; 5 – трубопровод контура привода тормозных механизмов передних колес; 6 – защитный кожух тормозных механизмов передних колес; 7 – суппорт переднего тормоза; 8 – вакуумный трубопровод (вакуумный усилитель – впускной коллектор двигателя); 9 – бачок главного тормозного цилиндра; 10 – концевой выключатель рычага привода стояночного тормоза; 11 – рычаг привода стояночного тормоза; 12 – тяга фиксатора рычага; 13 – фиксатор рычага; 14 – кронштейн рычага привода стояночного тормоза; 15 – возвратный рычаг; 16 – трубопровод контура привода задних тормозов; 17 – фланец наконечника оболочки тормозного троса; 18 – тормозной механизм заднего колеса; 19 – регулятор давления тормозной жидкости в рабочих цилиндрах тормозных механизмов задних колес; 20 – рычаг привода регулятора давления тормозной жидкости; 21 – колодки тормозных механизмов задних колес; 22 – рычаг привода тормозных колодок стояночного тормоза; 23 – тяга рычага привода регулятора тормозных сил; 24 – кронштейн крепления наконечника оболочки троса; 25 – тормозной трос стояночного тормоза; 26 – контргайка механизма регулировки стояночного тормоза; 27 – регулировочная гайка механизма стояночного тормоза; 28 – втулка механизма стояночного тормоза; 29 – направляющая тормозного троса; 30 – направляющий ролик центрального тормозного троса; 31 – центральный тормозной трос; 32 – упор концевой выключателя контрольной лампы стояночного тормоза; 33 – концевой выключатель ламп стоп-сигналов

Управление рабочей тормозной системой водителем осуществляется нажатием на педаль тормоза, расположенной в салоне автомобиля. Усилие ноги водителя передается на главный цилиндр тормозной системы, далее распределяется по рабочим контурам и на рабочие цилиндры тормозных механизмов всех четырех колес.

Стояночная тормозная система используется не только при стоянке автомобиля, но также необходима для предотвращения отката автомобиля назад при старте на подъеме. С помощью рычага (либо педали, рукоятки или кнопки (в случае электрического управления)) стояночного тормоза, также расположенного в салоне автомобиля, водитель может управлять тормозными механизмами стояночного тормоза задних колес.

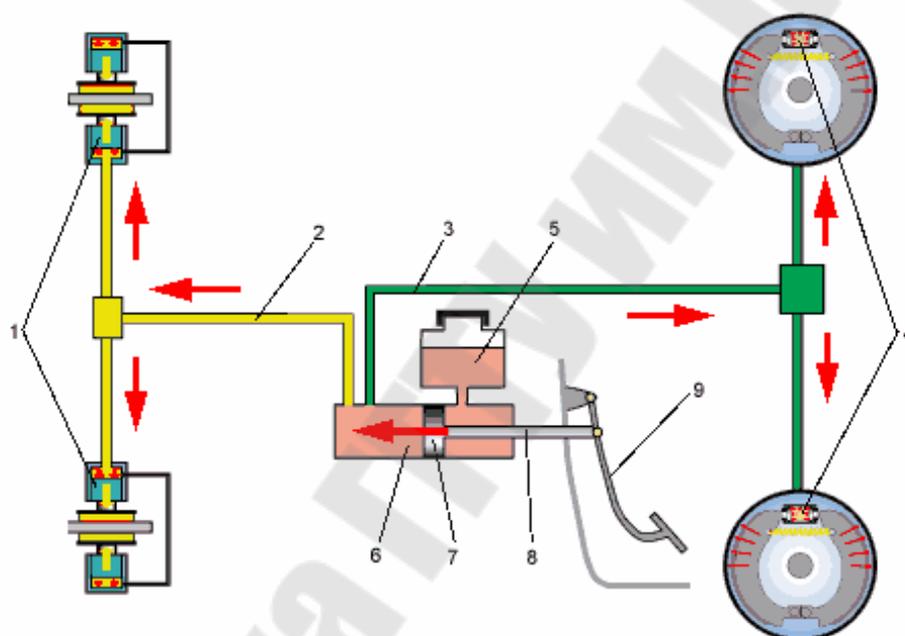


Рис. 18. Схема гидропривода тормозов

1 – тормозные цилиндры передних колес; 2 – трубопровод передних тормозов; 3 – трубопровод задних тормозов; 4 – тормозные цилиндры задних колес; 5 – бачок главного тормозного цилиндра; 6 – главный тормозной цилиндр; 7 – поршень главного тормозного цилиндра; 8 – шток; 9 – педаль тормоза.

Основными функциональными узлами гидравлической тормозной системы являются:

- тормозной привод,
- тормозные механизмы колес.

Привод тормозов предназначен для передачи усилия ноги водителя от педали тормоза к исполнительным тормозным механизмам колес автомобиля.

Привод гидравлической системы (рис. 18) состоит из:

- педали тормоза,
- главного тормозного цилиндра,
- рабочих тормозных цилиндров,
- регулятора тормозного усилия задних колес,
- рабочий контур (трубопровод диаметром 4 – 8мм),
- вакуумного усилителя.

Главный тормозной цилиндр (ГТЦ) предназначен для преобразования усилия, прилагаемого к педали тормоза, в избыточное давление тормозной жидкости и распределения его по рабочим контурам (рис.19). Бачок с запасом тормозной жидкости может крепиться на ГТЦ или же вне него.

Поскольку автомобиль, как правило, обладает значительной массой, то для торможения, особенно экстренного торможения, от ноги водителя требуется значительное мускульное усилие. Для повышения эффективности тормозной системы, а также для более комфортной ее эксплуатации, в схему системы введен усилитель тормозного усилия. Усилитель явно облегчает работу водителя, так как использование педали тормоза при движении в городском цикле носит постоянный характер и быстро приводит к физическому утомлению водителя автомобиля. На автомобилях нашли применение два типа усилителей тормозного усилия:

- вакуумный усилитель тормозов,
- электрический усилитель тормозов.

Мы подробно остановимся на рассмотрении вакуумного усилителя, как получившего наибольшее распространение.

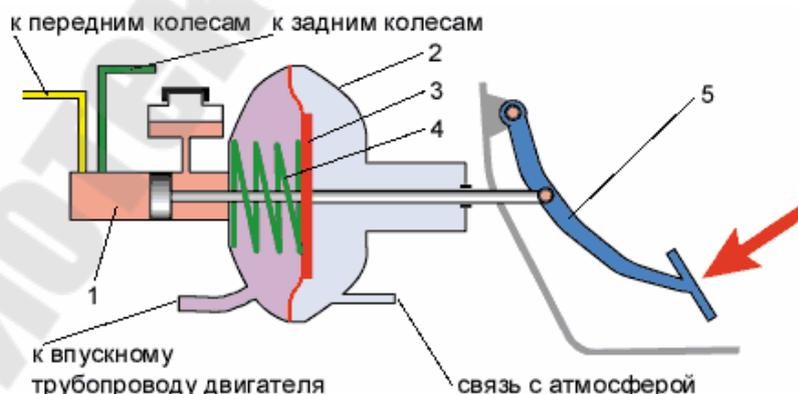


Рис. 19. Схема главного тормозного цилиндра с вакуумным усилителем
1 – главный тормозной цилиндр; 2 – корпус вакуумного усилителя;
3 – диафрагма; 4 – пружина; 5 – педаль тормоза

При нажатии водителем педали тормоза, ее усилие, через шток передается на поршень главного тормозного цилиндра, что создает избыточное давление тормозной жидкости в главном тормозном цилиндре. Тормозная жидкость, под давлением поршня, от главного цилиндра подается в рабочий контур (трубопровод диаметром 4 – 8 мм), соединяющий между собой устройства гидропривода и рабочие цилиндры тормозных механизмов. Поршни рабочих цилиндров тормозных механизмов под избыточным давлением тормозной жидкости, передают тормозное усилие, созданное мускульной силой водителя, на тормозные колодки, которые в свою очередь прикладывают его к тормозным дискам и (или) барабанам, выполняя тем самым основную функцию тормозной системы – снижение скорости вращения колес автомобиля.

Вакуумный усилитель (рис. 19) конструктивно связан с главным тормозным цилиндром. Основным элементом усилителя является камера, разделенная эластичной резиновой перегородкой (диафрагмой) на два объема. Один объем связан с впускным коллектором карбюраторного либо инжекторного двигателя, где при работе двигателя создается разрежение около $0,8 \text{ кгс/см}^2$, а другой с атмосферой (1 кгс/см^2). Из-за перепада давлений в $0,2 \text{ кгс/см}^2$, благодаря большой площади диафрагмы, «вспомогательное» усилие при работе с педалью тормоза может достигать 30–40 кг и более, что значительно облегчает работу водителя при торможении и позволяет сохранять его работоспособность существенно более длительное время. На автомобилях оснащенных дизельным двигателем, разрежение к вакуумному усилителю тормозов подается от специального вакуумного насоса, привод которого, в свою очередь, осуществляется либо от коленвала двигателя, посредством клиноременной передачи, либо от распредвала, посредством кулачкового механизма.

В конструкции электрического усилителя используется гидравлический насос с приводом от электродвигателя, создающий давление в тормозной системе, и управляемый педалью тормоза дроссель, регулирующий давление тормозной жидкости, подаваемой к тормозным механизмам колес.

В электрических тормозных системах, в усилителе тормозного усилия попросту нет необходимости, так как мускульное усилие ноги водителя, воздействующее на педаль тормоза, здесь преобразуется в электрический сигнал, поступающий в электронный блок управления тормозной системой. В электронном блоке управления, согласно за-

ложенной программе, по сигналу от датчика тормозной педали, т.е. интенсивности и степени давления на педаль, рассчитывается сигнал управления электроприводом тормозных механизмов колес автомобиля.

Рабочий тормозной цилиндр – гидравлический цилиндр, осуществляющий привод тормозного механизма, под воздействием избыточного давления тормозной жидкости, подаваемой через рабочий контур из главного тормозного цилиндра.

Рабочий контур, согласно требованиям ЕЭС, должен делиться на основной и вспомогательный. Если вся система исправна, то работают оба, но при разгерметизации одного (потеря тормозной жидкости) – другой продолжает работать, становясь вспомогательным (аварийным). В этом случае в бачке с тормозной жидкостью, разделенном на два независимых объема, уровень понижается до критической отметки. Далее он продолжает понижаться только в объеме неисправного контура, а объем исправного сохраняет критический уровень тормозной жидкости. Для сигнализации аварийного уровня тормозной жидкости в системе тормозов имеется специальный датчик.

Датчик аварийного уровня тормозной жидкости механического типа. Корпус 2 (рис. 20) датчика с уплотнителем 4 поджимается к основанию 3 зажимным кольцом 5, которое навертывается на горловину бачка. Одновременно к торцу горловины поджимается фланец отражателя 6. В этом положении зажимное кольцо удерживается двумя фиксаторами, выполненными на основании 3.

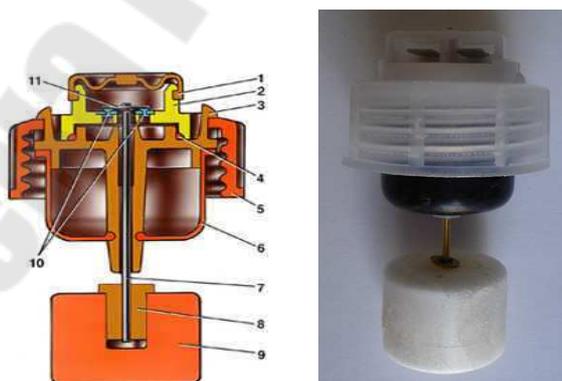


Рис. 20. Датчик аварийного уровня тормозной жидкости

Наиболее распространены три компоновки разделения рабочих контуров (рис. 21):

– 2 + 2 тормозных механизма, подключенных параллельно (передние + задние); – 2 + 2 тормозных механизма, подключенных диа-

гонально (правый передний + левый задний и т. д.); $-4 + 2$ тормозных механизма (в один контур подключены тормозные механизмы всех колес, а в другой только два передних).

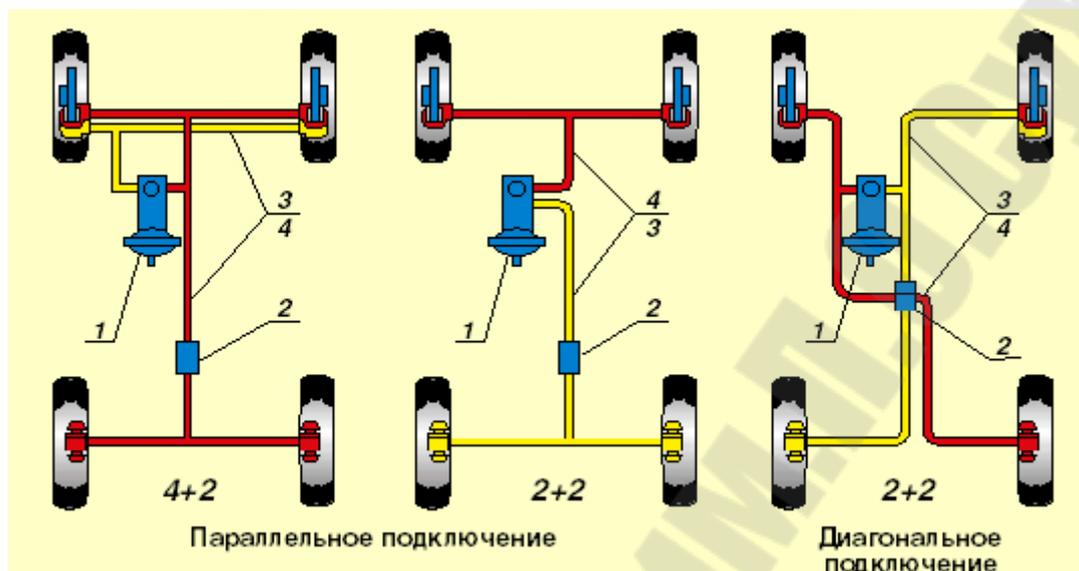


Рис. 21. Схема компоновки гидропривода.

1 – главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем; 2 – регулятор давления жидкости (регулятор тормозного усилия) в задних тормозных механизмах; 3–4 – рабочие контуры.

Регулятор тормозного усилия конструктивно состоит из двух основных функциональных узлов: – регулятора давления тормозной жидкости и его привода. Это устройство регулирует давление тормозной жидкости в гидравлическом приводе тормозных механизмов задних колес в зависимости от нагрузки на заднюю ось автомобиля.

При торможении сила инерции движущегося автомобиля и противодействующая ей сила трения (точка приложения которой ниже центра тяжести автомобиля) создают продольный опрокидывающий момент. Мягкая передняя подвеска, реагируя на него, «проседает», а задние колеса «разгружаются». Поэтому даже при не экстренном интенсивном торможении задние колеса могут блокироваться, что часто приводит к срыву в юз и заносу автомобиля. В зависимости от изменения расстояния между элементами задней подвески и кузовом автомобиля (его продольного наклона) давление в приводе задних тормозов (по сравнению с передними) ограничивается. В результате блокировки задних колес (в зависимости от замедления и загруженности автомобиля) не происходит или она возникает значительно позже.

Необходимо отметить, что на большинстве моделей автомобилей иностранных марок в тормозной привод встраивают антиблокировочные системы «колесных» тормозных механизмов, которые в обозримом будущем станут обязательным атрибутом автомобиля.

В тормозной системе автомобилей ВАЗ 2101 – ВАЗ 2107, один контур объединяет тормозные механизмы передних колес, а другой – задних, а, к примеру, на автомобилях переднеприводного семейства автомобилей ВАЗ, тормозные контура связывают между собой: переднее левое колесо с задним правым, и переднее правое с задним левым.

Кроме того, такое разделение рабочих тормозных контуров, позволяет преднамеренно уменьшать давление в тормозном контуре задних колес, относительно давления в контуре передних, для уменьшения вероятности срыва в юз и последующего заноса задней оси автомобиля при резком торможении.

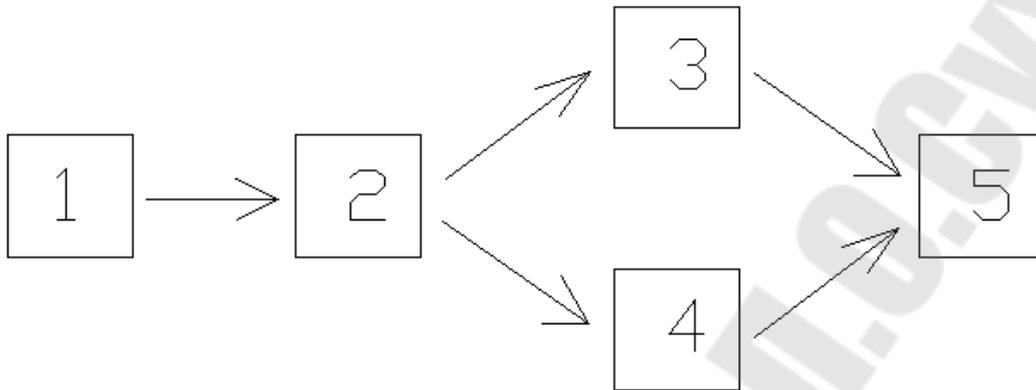
При раздельном рабочем контуре привода тормозных механизмов передних и задних колес, регулятор устанавливается в контуре привода тормозных механизмов задних тормозов. При диагональной схеме рабочих контуров тормозной системы регулятор давления включается в оба рабочих контура привода тормозных механизмов.

Тормозной механизм предназначен для снижения скорости вращения колеса, за счет сил трения возникающих между накладками тормозных колодок и тормозным диском или барабаном. Тормозные механизмы делятся на дисковые и барабанные. В основном на передних колесах легковых автомобилей применяются дисковые тормозные механизмы, а на задних колесах – барабанные. На более дорогих, либо спортивных моделях автомобилей, применяются дисковые тормоза на всех четырех колесах, причем передние тормозные диски, как правило, выполняются «вентилируемыми».

Вентилируемые тормозные диски – вентилируемые тормоза. Для лучшего отвода тепла из рабочей зоны часто используют вентилируемые диски. Увеличенная толщина вентилируемого диска позволяет разместить между поверхностями трения ребра жесткости, которые обеспечивают принудительную циркуляцию воздуха. При вращении создается центробежная сила, она заставляет поступающий воздух устремляться от центра к краям диска и нагретый воздух выбрасывается в окружающую среду, а вентилируемый диск охлаждается. Для того чтобы тормозная жидкость в цилиндре не закипела, используют пустотелые поршни, а накладки тормозных колодок делают термоизолирующими.

5. Рабочее оборудование мобильных машин

Все мобильные строительные машины состоят из следующих элементов:



- 1 – силовое оборудование (двигатель);
- 2 – трансмиссия (преобразует энергию от чего-то к чему-то);
- 3 – рабочее оборудование;
- 4 – ходовое оборудование;
- 5 – система управления;

5.1. Рабочие процессы строительных машин

Основные процессы строительных машин, в зависимости от закономерностей протекания рабочих процессов делятся на следующие группы:

1) Механические процессы – закономерность протекания этих процессов определяется законами механики. К таким процессам относятся: процессы резания и копания грунтов; транспортирования материалов; измельчение и смешивание материалов.

2) Гидромеханические процессы – их сущность определяется законами гидродинамики. К ним относятся: работа насосов, перемещение и разделение в жидких средах, движение газов в дымовых трубах, сушка в кипящем слое. Эти процессы требуют подвода внешней энергии.

3) Тепловые и массообменные – скорость их протекания определяется законами теплопередачи и молекулярной диффузии (сушка, обжиг, пропитка, автоклавная обработка).

4) Химические процессы – закономерности их протекания определяются законами химической кинетики (гидратация, окисление битума). Как правило, эти процессы происходят во взаимосвязи и часто совместно.

5.2. Рабочее оборудование

Рабочее оборудование (рис. 22) – это орган, отвечающий за основное направление работы какого-либо вида строительной техники.



Рис. 22. Рабочее оборудование мобильной машины различного назначения

Кузов (рис. 23) – это часть автомобиля или другого транспортного средства, предназначенная для размещения пассажиров и груза. Кузов крепится к раме автомобиля.



Рис. 23

Лента конвейера (рис. 24). Конвейерами перемещают сыпучие кусковые материалы, штучные грузы, а также пластичные смеси бетонов и растворов. По конструкции конвейеры делят на ленточные, ковшовые, винтовые и вибрационные.



Рис. 24

Лебёдка – механизм, тяговое усилие которого передается посредством каната, цепи, троса или иного гибкого элемента от приводного барабана. Привод лебёдки может быть ручным, электрическим, от двигателя внутреннего сгорания.

Стрела (крана) – элемент поворотной части грузоподъемного крана или крана экскаватора в виде коробчатого или сквозного стержня, служащий для крепления грузоподъемного крюка.

Крюк – грузозахватный орган, применяемый в грузоподъемной технике и других отраслях в качестве вспомогательного. Грузовые крюки снабжают предохранительными замками, предотвращающими самопроизвольное выпадение съёмного грузозахватного приспособления.

Траверса (рис. 25) – быстросъёмное грузозахватное приспособление, используемое на подъемных кранах для работы с различными типами грузов. Являются промежуточным звеном между крюком крана и грузом.

Ковш (рис. 26) – рабочий орган экскаватора, драглайна, других землеройных машин, представляющий собою чашеобразную ёмкость, снабженную зубьями.



Рис. 25



Рис. 26

Отвал (рабочий орган) (рис. 27) – элемент конструкции бульдозеров, автогрейдеров, погрузчиков, используемый для разработки грунтов, снегоуборочных работ и для других операций.

Каток (рис. 7) – машина для утрамбовки и уплотнения грунта, асфальта и так далее. Главной деталью катка является вал – цилиндр, расположенный вместо колеса или колёс. Своей массой вал сдавливает утрамбовываемое вещество.



Рис. 27



Рис. 27



Рис. 28

Рыхлитель (рис. 28) – строительная машина, предназначена для предварительного рыхления тяжёлых, каменистых и мёрзлых грунтов.

Вертлюг (рис. 29) – важный элемент буровой установки, обеспечивающий свободное вращение буровой колонны с одновременным подводом промывочной жидкости в неё.



Рис. 29

5.3. Полноповоротный экскаватор

При изучении данного вопроса использовать набор плакатов.

Экскаваторы (рис. 30) – это самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием. Они предназначены для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства. В дорожном строительстве их применяют при производстве сосредоточенных работ и отсыпке насыпей из отдаленных карьеров.

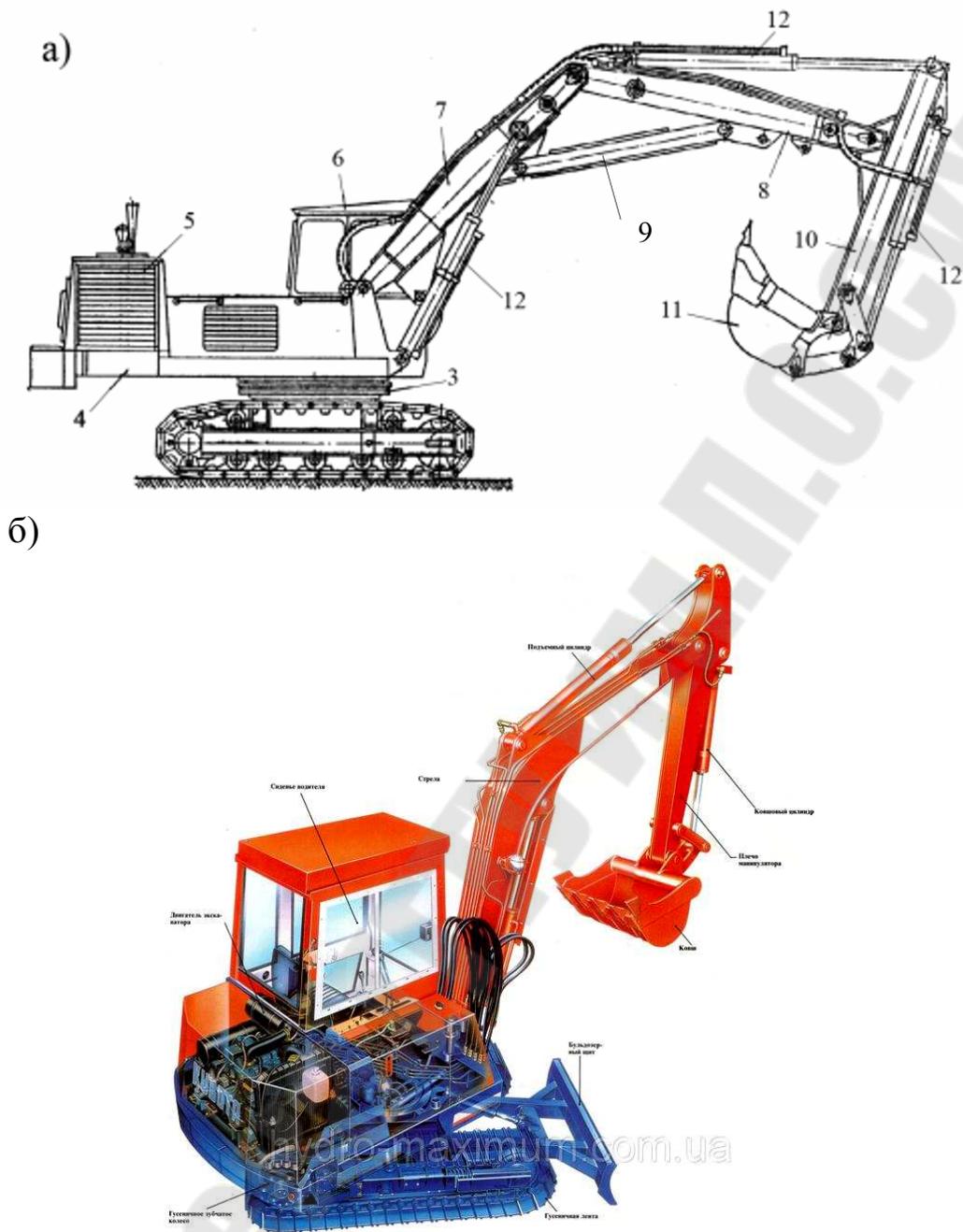


Рис. 30 Полноповоротный экскаватор:
 3 – поворотная платформа; 4 – платформа; 5 – противовес; 6 – кабина;
 7, 8, 9, 10 – стрела; 11 – ковш; 12 – гидроцилиндр

Экскаваторы одноковшовые относятся к группе машин циклического действия. В зависимости от производственных условий в качестве сменного оборудования применяют прямые и обратные лопаты, драглайны, грейферы и струги.

Одноковшовые экскаваторы могут быть также оборудованы стрелой с крюком и использоваться в качестве подъемного крана,

трамбовкой для уплотнения грунта, дизель-молотом с клин-молотом для рыхления мерзлого грунта, захватом-корчевателем для корчевки пней, дизель-молотом (сваебойной установкой) для забивки свай.

Благодаря мощным рыхлящим способностям и высокой производительности при разработке грунтов различных категорий одноковшовые экскаваторы получили наибольшее распространение в производстве земляных работ.

Рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов используют в зависимости от характера выполняемых работ: прямую лопату – для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора; обратную лопату – для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора; драглайн – для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. В отечественной практике экскаваторы, оборудованные драглайном, получили широкое распространение (40–50 %). Их используют в промышленном, водохозяйственном, транспортном и других видах строительства преимущественно при устройстве выемок, насыпей, отрывке котлованов, расчистке русел рек, разработке каналов и т. п. Кроме того, их применяют для отделочных земляных работ при планировке площадей и зачистке откосов; грейфер – для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и тому подобных работ, особенно в условиях разработки грунтов, расположенных ниже уровня грунтовых вод; струги – для планировочных работ в котлованах и траншеях, планировки откосов насыпей, выемок и горизонтальных поверхностей, обратной засыпке пазух фундаментов в труднодоступных местах и траншей с разравниванием, а также на погрузо-разгрузочных работах.

По ходовому оборудованию экскаваторы подразделяют на гусеничные (вместимость ковша 0,4–16 м³), пневмоколесные (0,4–0,65 м³), на шасси автомобилей и тракторов (0,15–0,4 м³). Шагающий ход применяют на экскаваторах с ковшами большой вместимости (до 100 м³).

В зависимости от типа поворотного устройства различают полноповоротные экскаваторы, у которых платформа с рабочим оборудованием может поворачиваться на 360°, и неполноповоротные, с ограниченным углом поворота платформы или колонки с рабочим оборудованием – 180–270°. Неполноповоротные экскаваторы, как правило, выпускаются на базе тракторов и автомобилей.

Рабочее оборудование может быть подвешено к базовой машине с помощью канатов (гибкой подвеской) или закреплено гидроцилиндрами (жесткой подвеской).

У гидравлических экскаваторов рабочее оборудование приводится в действие гидроцилиндрами, механизмы поворота – гидромоторами или гидроцилиндрами, механизмы передвижения – гидромоторами. Рабочее давление в гидросистемах составляет 10–35 МПа. Обычно используют многопоточные гидросистемы с несколькими насосами, позволяющие совмещать отдельные движения рабочего оборудования. Примерно 80 % всех строительных универсальных экскаваторов имеют гидравлический привод.

Гидравлический привод позволяет рационально компоновать узлы и агрегаты, упростив кинематику трансмиссии и рабочего оборудования; расширить номенклатуру сменных рабочих органов; полнее использовать мощность силовой установки; рационально совмещать рабочие операции, сокращая общую продолжительность цикла. Такой привод обеспечивает плавное регулирование рабочих скоростей и точную ориентацию рабочего органа; уменьшает утомляемость машиниста. У гидравлических экскаваторов большее усилие на зубьях ковша и лучшее наполнение ковша. Благодаря этим преимуществам производительность гидравлических экскаваторов на 15–30 % выше, чем у экскаваторов с механическим приводом.

Одноковшовые экскаваторы бывают универсальные, полуниверсальные и специальные (карьерные, вскрышные, тоннельные и др.). Универсальными условно называют экскаваторы, работающие со сменным рабочим оборудованием более трех видов, полуниверсальными – двух-трех видов, специальными – работающие с оборудованием одного вида. В дорожном строительстве наибольшее применение находят универсальные одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу с ковшом вместимостью 0,65–2,5 м³.

Ориентировочный выбор типа экскаватора с определенной геометрической вместимостью ковша зависит от месячного планируемого объема земляных.

Литература

1. Ансеров, Ю. М. Машины и оборудование машиностроительных предприятий / Ю. М. Ансеров. 1991. – 364 с.
2. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины : учеб. для машиностроит. специальностей вузов. / М. П. Александров. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1985. – 520 с.
3. Одноковшовые экскаваторы и самоходные краны с гидравлическим приводом / И. Л. Беркман [и др.] ; под общ. ред. И. Л. Беркмана. – М. : Машиностроение, 1971. – 304 с.
4. Болотов, А. К. Конструкция тракторов и автомобилей : учеб. пособие / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. – М. : КолосС, 2008 – 352 с. ; ил.
5. Бочаров, Н. Ф. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Н. Ф. Бочаров [и др.] ; под общ. ред. Н. Ф. Бочарова. – М. : Машиностроение, 1983. – 302 с.
6. Васильченко, В. Л. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник. – М. : Машиностроение, 1983 – 301 с.
7. Лурье, А. Б. Сельскохозяйственные машины / А. Б. Лурье, Ф. Г. Гусинцев, Е. И. Давидсон – Ленинград. Колос. 1983. – 383 с.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| 1 Трансмиссии мобильных машин | 4 |
| 2 Двигатели мобильных машин | 18 |
| 3 Рулевые управления колесных тракторов и автомобилей | 27 |
| 4 Гидравлическая система тормозов | 36 |
| 5 Рабочее оборудование мобильных машин | 44 |
| Литература | 53 |

МОБИЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

**Практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 07
«Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»
дневной формы обучения**

Составитель **Кульгейко Галина Степановна**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 02.11.20.

Рег. № 78Е.

<http://www.gstu.by>