

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Кафедра «Автомобилестроение»

629.113.(07)
Г464

В.А. Камерлохер, В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, М.Г. Штыка

ГИДРООБЪЕМНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2018

УДК 629.113.001.1(075.8)
Г464

*Одобрено
учебно-методической комиссией машиностроительного факультета
филиала в г. Миассе*

Рецензенты:

проф. КГУ «Курганский государственный университет»,
зав. кафедрой «Автомобили и тракторы», канд техн. наук Г.Н. Шпитко;
канд. техн. наук ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный
аграрный университет», доцент кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные
машины и земледелие» Ф.Н. Граков

Гидрообъемные передачи: учебное пособие / В.А. Камерлохер,
Г464 В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, М.Г. Штыка. – Челябинск:
Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 39 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 23.05.01, а также для студентов всех форм обучения при подготовке инженеров по специальности «Автомобили и тракторы». Учебное пособие содержит сведения по требованиям к гидрообъемным передачам, их классификации, анализа и оценки конструкции. Рассмотрены гидрообъемные передачи, преимущества и недостатки.

УДК 629.113.001.1(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Гидрообъемной называют трансмиссию, состоящую из насоса высокого давления, объемного гидродвигателя, соединяющих их трубопроводы и системы подпитки.

В настоящее время в специальных машинах находят широкое применение полнопоточные гидрообъемные передачи. Составной частью таких трансмиссий стала гидрообъемная передача, содержащая регулируемый насос и нерегулируемый реверсивный гидромотор.

Первая попытка применения гидрообъемной трансмиссии была осуществлена в конце XIX века, когда Ч. Мэнли установил такую трансмиссию на грузовой автомобиль грузоподъемностью 5 т, оснащенный бензиновым двигателем мощностью 17,6 кВт.

Практически, сравнительно массовое использование гидрообъемной передачи с внешним распределением потока мощности осуществилось в Первую мировую войну на английских танках, в трансмиссию которых устанавливались двухпоточные муфты «Дженни-Вильямс». Позднее аналогичные передачи использовались на автомобилях и тепловозах.

Применение гидрообъемной передачи на самоходных машинах в те далекие времена было не случайным. Именно она обладает такими качествами как бесступенчатое изменение скорости вала ее выходного звена (гидромотора), свойством реверсивности механизма, не изменяя направление вращения приводного вала насоса, высокой реализацией тяговых качеств, возможностью выполнять функцию бесступенчатого механизма поворота в трансмиссиях гусеничных машин.

Однако она имела существенные недостатки:

- технология изготовления составных частей гидравлических машин;
- требует специализированные прецизионные производства;
- существенно ниже коэффициент полезного действия (КПД) по сравнению с механическими трансмиссиями;
- высокая удельная масса на единицу мощности (до 8,3 кг/кВт).

Потребовался длительный период совершенствования гидравлических машин, чтобы они могли конкурировать по техническим и эксплуатационным качествам с современными механизмами и агрегатами механических трансмиссий быстроходных тяговых машин.

Современные гидрообъемные передачи при нагрузочном диапазоне изменения передаточного числа, равном – 6 без механических агрегатов трансмиссии имеют удельную массу 1 кг/кВт при мощности двигателя самоходной машины – 75 кВт и 2 кг/кВт при мощности двигателя – 400 кВт [1].

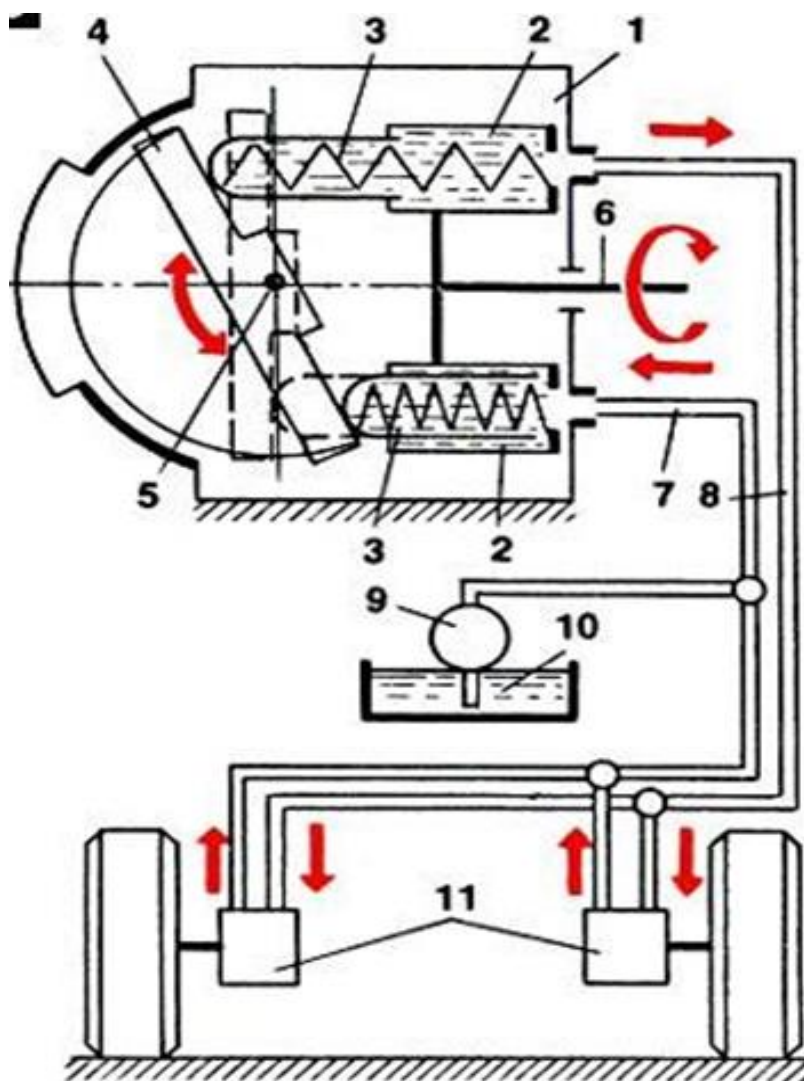


Рис. В.1. Гидрообъемная передача: 1 – насос; 2 – цилиндр;
 3 – поршень; 4 – поворотная шайба; 5 – ось шайбы;
 6 – входной вал (от двигателя); 7 – линия всасывания;
 8 – линия нагнетания; 9 – насос подпитки;
 10 – сборный бак; 11 – гидромотор

Цель. Изучить назначение, требования, классификацию, применяемость, конструкцию, работу гидрообъемных передач автомобилей и тракторов.

Оборудование рабочего места. Для изучения темы необходимы: плакаты, картограммы, разрезы и натурные образцы автомобильных и тракторных гидрообъемных передач автомобилей и тракторов, а также их отдельных узлов и агрегатов. Гидрообъемные передачи автотранспортных средств (АТС) относятся к важнейшим эксплуатационным свойствам, определяющих мощность и проходимость автомобилей и тракторов, под которой понимается совокупность специальных конструктивных мероприятий (в первую очередь, оснащение АТС гидрообъемными передачами современного технического уровня), обеспечивающих эффективную эксплуатацию машин и увеличение проходимости автомобилей и тракторов.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Маневровые тепловозы. Сложность создания гидрообъемных трансмиссий для маневровых тепловозов связана с необходимостью использования гидравлических машин большой мощности. Для реализации приемлемой удельной массы, необходимо обеспечить работу гидромашин с очень высокими давлениями рабочей жидкости и частотой вращения.

Эта задача успешно решена фирмой «Секмафер» (Франция). Выпускаемая ею гидрообъемная передача (ГОП) для самосвала Секмафер ТТ145 (рис. 1.1) с дизелем мощностью 643 кВт с частотой вращения 1800 об/мин содержит два регулируемых насоса, каждый с рабочим объёмом по 1220 см³, установленные на обоих концах коленчатого вала дизеля. От каждого насоса получают вращение четыре регулируемые гидромотора, которые установлены на тележке и имеют цепной привод к осям колесных пар. Гидромоторы работают с частотой 3000 мин⁻¹. Нагрузочный диапазон изменения передаточного числа гидрообъемной передачи составляет 5,5. Давление рабочей жидкости в гидромашинах может достигать 60 МПа. Нормальное давление рабочей жидкости, рассчитанное на продолжительную работу гидрообъемной передачи составляет 45 МПа. Срок эксплуатации ее под нагрузкой – 20 тысяч часов. Благодаря применению гидрообъемной трансмиссии вместо электрической масса тележки тепловоза снизилась на 7 тонн, неподрессоренная масса, приходящаяся на ось колесной пары уменьшилась на 2 тонны.

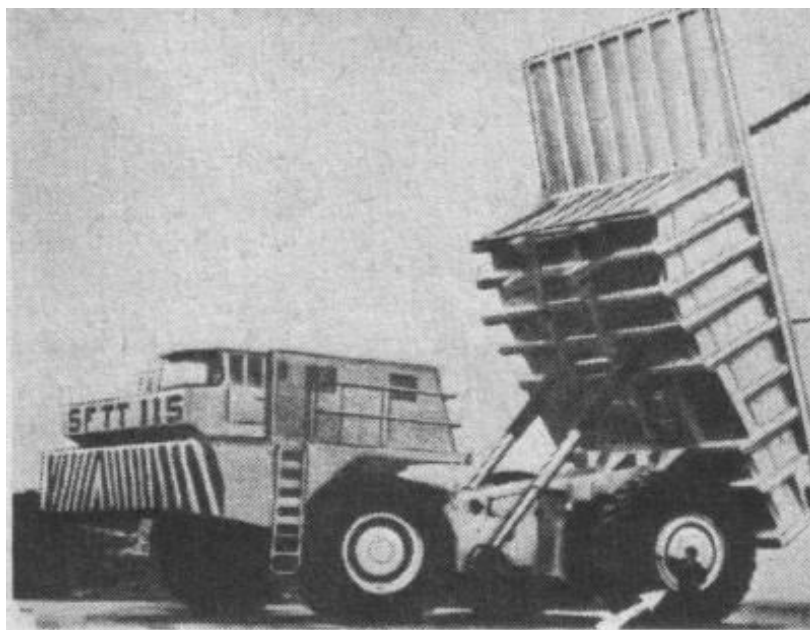


Рис. 1.1. Секмафер ТТ145 (Франция)

Тракторы. Гидрообъемные трансмиссии (ГОТ) тракторов выполняют по отдельной или нераздельно-агрегатной схеме. Первые содержат отдельно размещенные агрегаты. При этом используются один или два регулируемые аксиально-поршневые насосы и соответственно два или четыре радиально-

поршневые высокомоментные нерегулируемые гидромоторы, встроенные в ведущие колеса трактора.

Главная цель применения ГОТ на тракторах – повышение их производительности в результате увеличения коэффициента загрузки двигателя, облегчения управления трактором и обеспечение лучшей маневренности, что вызывает уменьшение затрат времени на повороты. Причем производительность повышается, несмотря на меньший (приблизительно на 10 %) КПД ГОТ по сравнению с КПД механической трансмиссии. Так при установке на трактор МТЗ-50 (см. рис. 1.2) гидрообъемной трансмиссии вместо механической коэффициент загрузки двигателя увеличился на пахоте от 0,827 до 0,894, на уборке картофеля – от 0,791 до 0,947, а на посеве зерна от 0,626 до 0,765. В результате этого производительность трактора возросла на пахоте, дисковании, культивации и посеве – на 6...18 %, при уборке кукурузы, свеклы, картофеля и перевозке грузов – на 18...30 %. при скашивании трав и зерновых культур – на 16...18 %. Затраты времени на повороты трактора снижаются – на 30...35%.

Трактор ТМ 10.10 ГСТ (рис. 1.3) оснащен трансмиссией BOSCH-REXROTH (Германия). Гидрообъемная трансмиссия (ГОТ) состоит из гидронасоса и двух гидромоторов, которые вращают планетарные бортовые редукторы. Использование ГОТ позволяет плавно и бесступенчато изменять скорость и тягу бульдозера в зависимости от условий работы, а также повысить надежность.



Рис. 1.2. Трактор «МТЗ-50» (Минский тракторный завод, 1962–1985 гг.)



Рис. 1.3. «Трактор ТМ 10.00 ГСТ10» («ДСТ-Урал», Челябинск)

Микротракторы. На зарубежных микротракторах и микропогрузчиках последние 10–15 лет широкое применение находит гидрообъемная трансмиссия, которая принципиально отличается от механических трансмиссий, рассмотренных выше. В гидрообъемной трансмиссии основным рабочим звеном является поток жидкости, который по трубопроводам передает движение от ведущего рабочего элемента к ведомому. Впервые подобная

трансмиссия на микротракторах была использована фирмой «Кейс» (рис. 1.4). В настоящее время гидрообъемные передачи применяются на микротракторах «Боуленс-Хаски», «Интер-нэйшнл-Харвестер», «Массей Фергюсон», «Аллис-Чалмерс» (Allis-Chalmers), «Миннеаполис-Молин» (Minnie police-Molin, США) и др., а также на микропогрузчиках ряда фирм, в частности «Кейс» и «Бобкет».



Рис. 1.4. Микротрактор «Кейс» (США, 1970-е годы)

Гидрообъемная трансмиссия микротрактора «Кейс» (рис. 1.5) состоит из шестеренного гидронасоса 5, приводимого от двигателя, гидромотора 3, закрепленного на заднем ведущем мосту 2, главная передача которого совмещена с двухступенчатой коробкой передач, и муфты отключения привода ведущих колес 1, масляного бака 6, клапанно-распределительного регулирующего устройства 10, рычага 4 для управления скоростью и направлением движения микротрактора, масляного радиатора 7 змеевикового типа и трубопроводов 8 и 9. При работающем двигателе микротрактора гидронасос воздействует на рабочую жидкость, находящуюся в замкнутом контуре «гидронасос – трубопровод – клапан распределителя – гидромотор», в результате чего в трубопроводе 11 возникает высокое давление, которое передается в гидромотор. В гидромоторе энергия потока жидкости преобразуется во вращающий момент, который передается ведущим колесам микротрактора. Рычаг управления имеет три положения: нейтральное, когда рабочая жидкость перепускается в обратный трубопровод и не попадает в гидромотор; поворот вперед, при котором рабочая жидкость, попадая в гидромотор, сообщает микротрактору движение вперед (при этом, чем больше рычаг повернут вперед от нейтрального положения, тем быстрее движется

микротрактор); поворот назад, когда рабочая жидкость вращает гидромотор в обратном направлении, вызывая движение микротрактора назад, в последнем случае также, чем больше угол поворота рычага, тем выше скорость, с которой микротрактор движется задним ходом.

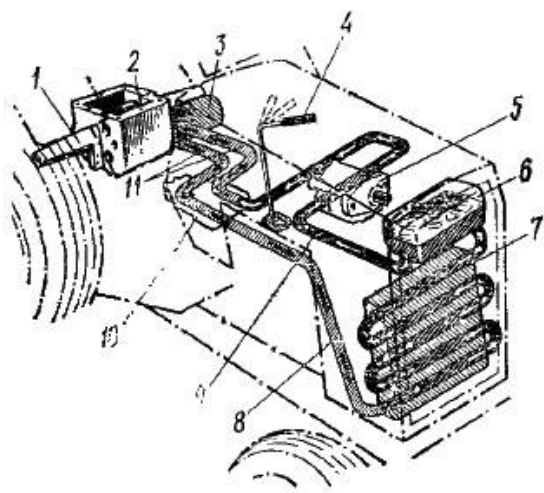


Рис. 1.5. Компоновочная схема гидрообъемной трансмиссии на микротракторе «Кейс»

В микротракторах «Боулэнс-Хаски» (Bolens-Husky, США) (рис. 1.6) для управления гидрообъемной трансмиссией используется двухконсольная ножная педаль (рис. 1.7). В этом случае нажатие педали носком ноги соответствует движению микротрактора вперед (положение П), а пяткой – движение назад (положение З). Среднее фиксированное положение Н является нейтральным, а скорость машины (вперед и назад) увеличивается по мере увеличения угла поворота педали от ее нейтрального положения.



Рис. 1.6. Микротрактор «Bolens husky 1250» (США)

Сельскохозяйственные машины. Благоприятные условия складываются для применения ГОТ на зерноуборочных комбайнах. Значительная часть мощности двигателя комбайна затрачивается на привод молотильного барабана, транспортера хлебной массы и других агрегатов, а меньшая, равная 30...45 % – на перемещение комбайна. Рассчитанная на небольшую мощность ГОТ имеет небольшую стоимость, относительно высокой стоимости комбайна. Гидрообъемная трансмиссия позволяет плавно и непрерывно изменять скорость в соответствии с плотностью зерновых на поле и в результате этого максимально загрузить молотильный барабан, т.е. увеличить производительность комбайна.

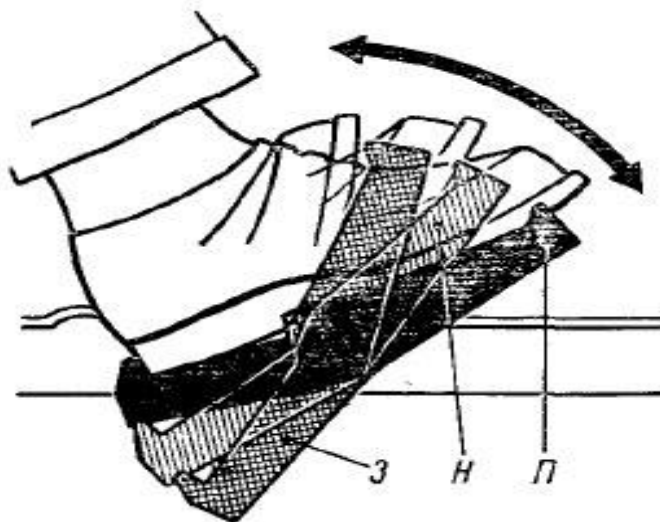


Рис. 1.7. Ножная двухконсольная педаль микротрактора «Боуленс-Хаски» для управления режимами работы гидрообъемной трансмиссии

В России ГОТ применяют на зерноуборочном комбайне «Дон-1500» производства «Ростсельмаш», на кукурузоуборочном комбайне «Херсонец-200» (рис. 1.8), картофелеуборочном комбайне КСК-4 производства рязанского комбайнового завода, на косилке-плющилке КСП-5г производства люберецкого завода сельскохозяйственных машин.



Рис. 1.8. Кукурузоуборочный комбайн «Херсонец-200» (Украина, Херсон, «Херсонский комбайновый завод»)

Автомобили. Несмотря на преимущества, ГОТ не применяют ни на одном серийно выпускаемом легковом автомобиле. Имеет место крайне ограниченное использование на грузовых автомобилях. Это объясняется большой удельной массой и высокой стоимостью гидравлических машин.

Так, например, ГОТ применяется на российском автомобиле «Гидроход» (рис. 1.9). Разработало его ОАО «Инновационная фирма «НАМИ-Сервис» при активном участии АМО ЗИЛ. Его основой послужило шасси ЗИЛ-49061, которое оснастили двигателем легкового автомобиля ЗИЛ-115, оригинальной трансмиссией (рис. 1.10), кабиной от грузовика ЗИЛ-115 с новой передней частью и грузопассажирским кузовом, удобным для проведения исследовательских работ.



Рис. 1.9. «Гидроход-49061» (Россия, «ЗИЛ»)

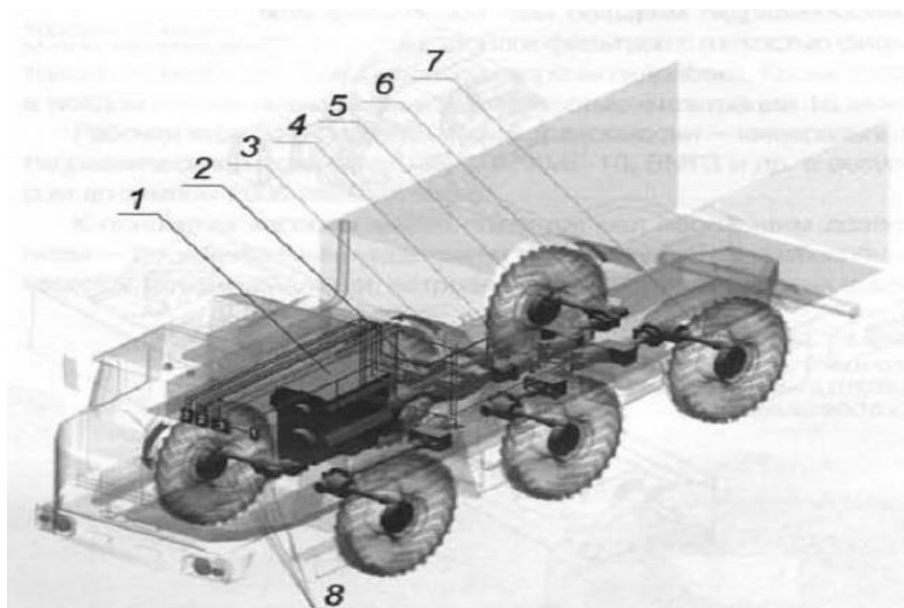


Рис. 1.10. Схема трансмиссии автомобиля «Гидроход-49061»:

1 – двигатели; 2 – насосы; 3 – редуктор насосов; 4 – гидромоторы;
5 – редукторы гидромоторов; 6 – бортовые редукторы;
7 – колесные редукторы; 8 – элементы системы управления [1]

2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГИДРООБЪЕМНЫМ ПЕРЕДАЧАМ

Гидрообъемная передача должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать необходимый диапазон силовых передаточных отношений;
- иметь высокий КПД в области преобладающих режимов работы;
- обладать минимальной массой и минимальными размерами при гарантированной долговечности;
- иметь необходимый уровень технологичности и низкую стоимость изготовления.

3. ГИДРООБЪЕМНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Гидрообъемная передача (ГОП) представляет собой совокупность устройств, в число которых входят минимум два агрегата – насос и гидромотор, связанные между собой гидравлической связью.

В насосе механическая энергия двигателя преобразуется в гидравлическую, а в гидромоторе – гидравлическая энергия вновь преобразуется в механическую. Таким образом, в ГОП осуществляется двухкратное преобразование мощности, что приводит к снижению КПД передачи.

Преимущества ГОП по сравнению с механическими передачами:

- бесступенчатое изменение крутящего момента в широком диапазоне и плавная передача его на ведущие колеса;
- стабильная работа двигателя в зоне оптимального режима;
- удобство компоновки;
- возможность торможения самой ГОП;
- реверсивность;
- легкость и простота управления;
- устойчивость работы гидромотора при малых частотах вращения его вала;
- простота предохранения двигателя машины от перегрузок.

Недостатки ГОП:

- более низкий КПД по сравнению с механическими передачами (максимальный КПД ГОП $\eta_{\text{ГОП max}} = 0,75 \dots 0,85$);
- большие габариты при малых давлениях рабочей жидкости (10...15 МПа) и трудность уплотнения при больших давлениях (28...45 МПа);
- высокая стоимость и сложность изготовления;
- зависимость КПД от температурных условий.

Существуют две принципиальные схемы ГОП: открытого и закрытого типа.

В ГОП открытого типа (рис. 3.1, а) отсутствует обратная связь между насосом 1 и гидромотором 2. Здесь рабочая жидкость из специального бака 4 поступает в насос 1, затем под давлением подается в гидромотор 2 и возвращается в бак 4. Предохранительный клапан 3 ограничивает давление рабочей жидкости в напорной магистрали ГОП.

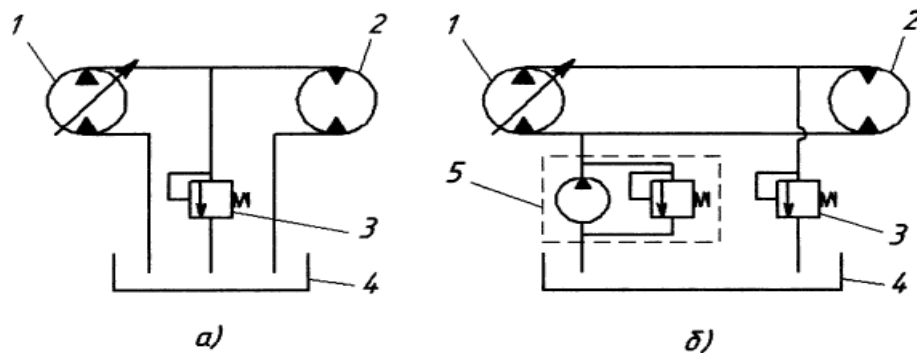


Рис. 3.1. Схема ГОП:

а – открытого типа; б – закрытого типа; 1 – регулируемый насос;
 2 – нерегулируемый гидромотор; 3 – предохранительный клапан;
 4 – бак; 5 – насос подпитки с перепускным клапаном

Достоинством ГОП открытого типа является относительная простота. Однако мощность такой передачи ограничивается размерами масляного бака 4. По этой причине на тракторах ГОП открытого типа применяют только для обслуживания вспомогательных устройств (привод механизма навески, сервоустройства и т.п.) и не используют для передачи мощности двигателя к ведущим колесам трактора.

В ГОП закрытого типа (рис. 3.1, б) рабочая жидкость из гидромотора 2 поступает непосредственно во всасывающую магистраль насоса 1. При этом давление во всасывающей магистрали с помощью насоса подпитки 5 с перепускным клапаном поддерживается больше атмосферного. Насос подпитки компенсирует также утечки рабочей жидкости в напорной и всасывающей магистралях. Такая схема позволяет уменьшить емкость бака 4 и сделать передачу более компактной. [2]

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГИДРООБЪЕМНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Гидравлические системы гидрообъемной передачи содержат механизмы и устройства, ограничивающие высокое давление рабочей жидкости, осуществляющие ее охлаждение, фильтрацию и компенсацию объемных потерь (рис. 4.1).

Представленная гидравлическая система включает систему подпитки, которая обеспечивает создание напора во всасывающей гидролинии, охлаждение рабочей жидкости, фильтрацию, компенсацию объемных потерь и неразрывность потока рабочей жидкости в закрытом круге циркуляции. Этот контур содержит регулируемые насос 1 и гидромотор 16 гидрообъемной передачи, всасывающую (нижнюю) и напорную (верхнюю) гидролинии.

При реверсировании, а также при движении самоходной машины в тормозном режиме гидролинии меняются местами. Система подпитки объединена с системой охлаждения и содержит насос 5 подпитки (обычно

шестеренной конструкции), гидравлически управляемый распределитель 12, переливной клапан 11, предохранительный клапан 6 и обратные клапаны 7 и 8. Насос подпитки 5 забирает охлажденную рабочую жидкость из бака и подают ее через клапан 8 во всасывающую гидролинию гидрообъемной передачи, в которой она увлекается общим потоком и поступает в насос 1. Часть нагнетаемой жидкости компенсирует объемные потери в гидравлических машинах гидрообъемной передачи. Излишек подпитывающей жидкости, нагретой после выхода из гидромотора через золотниковый распределитель 12 и переливной клапан 11 нагнетается в радиатор охлаждения 17, а из него – бак.

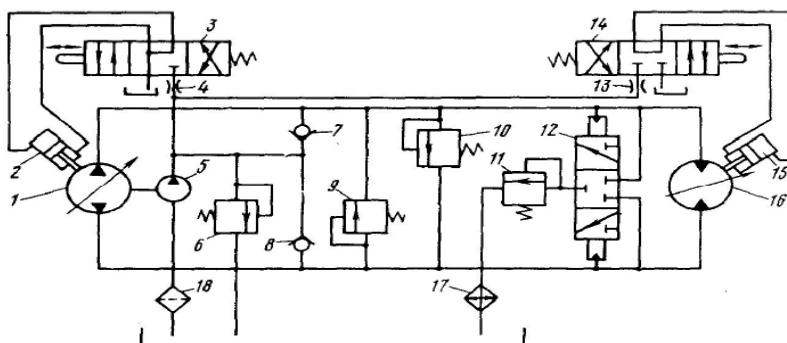


Рис. 4.1. Гидравлическая система, обеспечивающая функционирование гидрообъемной передачи

Переливной клапан 11 ограничивает давление подпитки, а распределитель 12 обеспечивает соединение клапана 11 со всасывающей магистралью и блокирует поступление к нему рабочей жидкости из напорной гидролинии. Для предохранения гидрообъемной передачи от перегрузок установлены клапаны 9 и 10, ограничивающие максимальное давление рабочей жидкости. При давлении выше допустимого один из клапанов открывается и перепускает рабочую жидкость из напорной гидролинии во всасывающую. Предохранительный клапан 6 предотвращает случайное повышение давления. Систему охлаждения рассчитывают так, чтобы температура охлажденной рабочей жидкости была бы не более $+82\text{ }^{\circ}\text{C}$. В трансмиссиях самоходных машин используют воздухомасляные охладители, способные отводить в виде теплоты 220% энергии [1].

5. ГИДРОАГРЕГАТЫ

По конструкции гидроагрегаты (насос, мотор) могут быть винтовыми, шестеренными, лопастными (шиберными) и поршневыми. В автомобилях нашли применение главным образом поршневые гидроагрегаты двух типов: радиально-поршневые (рис. 5.1, а) и аксиально-поршневые (рис. 5.1, б). Объемные гидроагрегаты не саморегулируемые. Для изменения момента, передаваемого гидроагрегатом, необходим внешний регулятор, если гидроагрегат по своей конструкции регулируемый.

Нерегулируемые гидроагрегаты, имеющие одинаковую подачу при одинаковой угловой скорости, применяются в качестве вспомогательного гидропривода, используемого временно, например, для привода колес прицепа при движении в тяжелых дорожных условиях. Такой привод носит название «гидровал». Нерегулируемые агрегаты проще по конструкции и имеют меньшую стоимость.

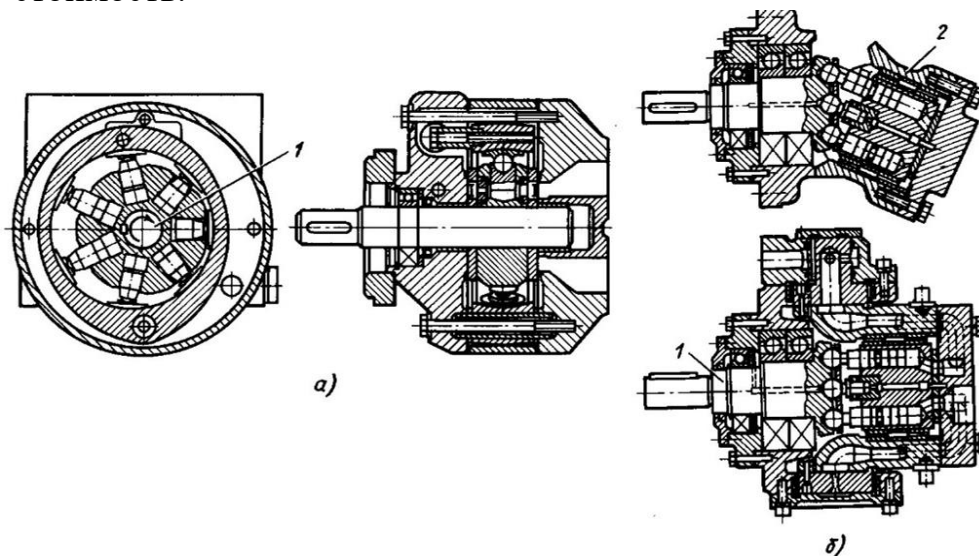


Рис. 5.1. Гидроагрегаты объемного гидропривода:
а – радиально-поршневой; б – аксиально-поршневой

Подача регулируемых гидроагрегатов может изменяться при постоянной угловой скорости ведущего вала в зависимости от воздействия регулятора. В радиально-поршневом гидронасосе (рис. 5.1, а) регулятор изменяет эксцентриситет ротора 1. При эксцентриситете, равном нулю, подача также равна нулю. В аксиально-поршневом гидронасосе (рис. 5.1, б) регулятор изменяет наклон его корпуса 2. При отсутствии наклона подача гидронасоса равна нулю.

В автомобиле с гидрообъемной трансмиссией принципиально возможно регулировать как гидронасос, так и гидромотор. Однако регулировать гидромоторы, если их несколько, обеспечивая синхронность регулирования, сложно. Наиболее просто регулировать подачу гидронасоса. В этом случае при постоянной мощности двигателя зависимость тяговой силы на колесах от скорости движения имеет гиперболический характер, что определяет оптимальные тяговые качества и создает хорошие условия для плавного трогания автомобиля с места и разгона.

6. ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ГИДРООБЪЕМНЫХ ТРАНСМИССИЙ

Гидрообъемным трансмиссиям свойственны различные принципиальные схемы, характеризующие использование в них агрегатов и механизмов, взаимное их расположение в силовом потоке. От принципиальной схемы

зависят главные качества трансмиссии: возможный диапазон изменения передаточного отношения, механические характеристики, компоновка ее составных частей, масса, стоимость. Выбор схемы зависит от назначения машины.

6.1. Нераздельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии

Первую группу составляют нераздельно-агрегатные трансмиссии самоходных машин с колесной формулой 4x2, содержащие гидрообъемную передачу и механический дифференциал с главной передачей, которая выполняет функцию понижающего редуктора (рис. 6.1).

Схему, изображенная на рис. 6.1 а включает регулируемый насос и нерегулируемый гидромотор. Такую гидрообъемную трансмиссию целесообразно применять на машинах небольшой массы и мощности, не требующих большого диапазона изменения нагрузочного передаточного отношения.

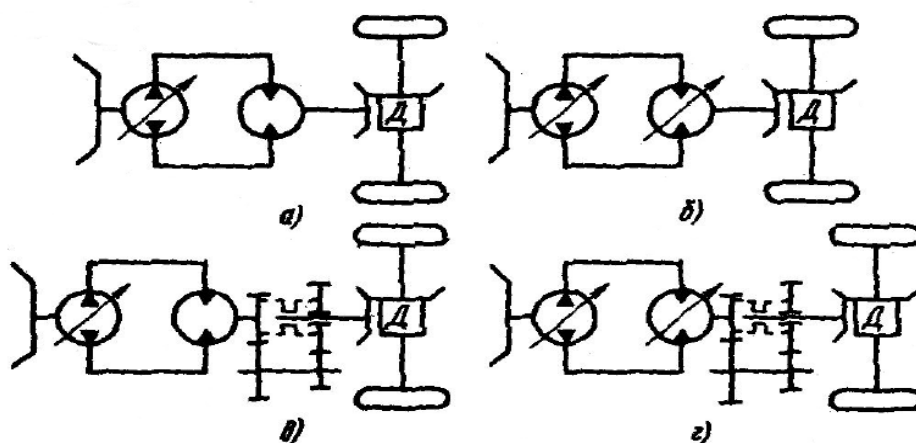


Рис. 6.1. Схема нераздельно-агрегатной трансмиссии с задним мостом для колесных машин с формулой 4x2

По схеме, показанной на рис. 6.1, б, содержащей регулируемый насос и регулируемый гидромотор, выполнена трансмиссия «Лукас Т-100» (Великобритания), рассчитанная на передачу мощности до 75 кВт, используемая в трансмиссиях тракторов, дорожных катков и экскаваторов. По сравнению с предыдущей трансмиссией, рис. 6.1, а, она позволяет значительно расширить нагрузочный диапазон изменения передаточного отношения при равном рабочем объеме гидравлических машин.

Схема, изображенная на рис. 6.1, в, содержит регулируемый насос и нерегулируемый гидромотор и двух- или трехступенчатую коробку передач, по такой схеме выполнены гидрообъемные трансмиссии различных зерноуборочных комбайнов, в т.ч. отечественных: «Дон-1500» (рис. 6.2), с/х подборщиков и некоторых других самоходных машин.

Схема, показанная на рис. 6.1, г, с регулируемым насосом, регулируемым гидромотором и с двухступенчатой коробкой передач, использована в

трансмиссиях семейства тракторов «Интернейшил Харвестр» (рис. 6.3) и в трансмиссиях некоторых других самоходных машин.



Рис. 6.2. Зерноуборочных комбайн «Дон-1500»
(Россия, «Ростсельмаш», 1986–2006 гг.)



Рис. 6.3. Трактор «International» модели 656
(США, «International Harvester», 1965–1973 гг.)

Такая гидрообъемная трансмиссия является более совершенной, поскольку обеспечивает более широкий диапазон бесступенчатого изменения

передаточного отношения. Передаточное число коробки передач выбирают так, чтобы на каждой передаче в тех или иных условиях можно было продолжительно работать, не производя переключения. Для трактора одну передачу обычно используют в качестве рабочей, а другую (высшую) в качестве транспортной.

Разумеется, что применение механической коробки передач не лишает гидрообъемной трансмиссии ее важнейшего качества – бесступенчатого изменения передаточного отношения [1].

6.2. Раздельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии

На рис. 6.4 представлены схемы раздельно-агрегатных гидрообъемных трансмиссий, характерных тем, что имеют два параллельно включенных гидромотора и не содержат механического дифференциала, ведущие колеса могут вращаться с различной угловой скоростью. Трансмиссии этой группы, как и предыдущей, предназначены для самоходных машин с колесной формулой 4x2.

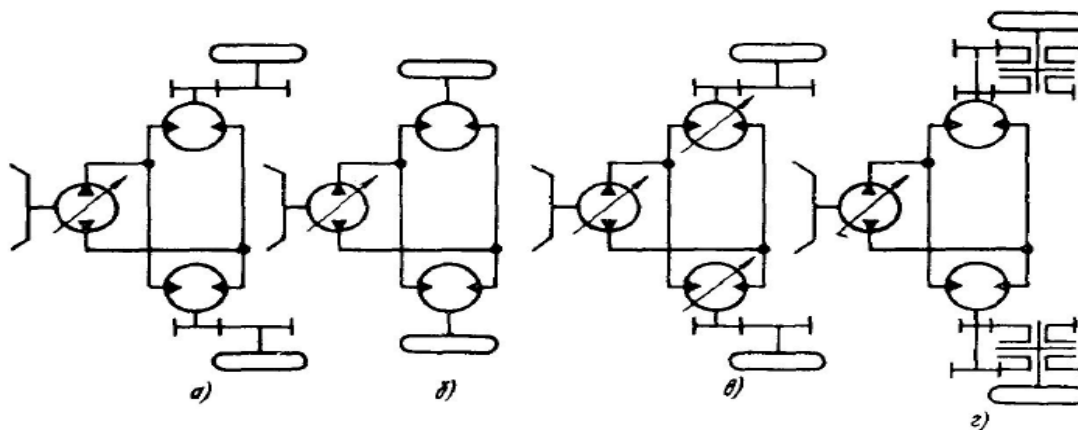


Рис. 6.4. Схемы раздельно-агрегатных гидрообъемных трансмиссий

Гидрообъемная трансмиссия (рис. 6.4, а) содержит высокооборотный регулируемый насос и два нерегулируемых гидромотора, понижающие бортовые передачи и выполняет все функции трансмиссии самоходных машин:

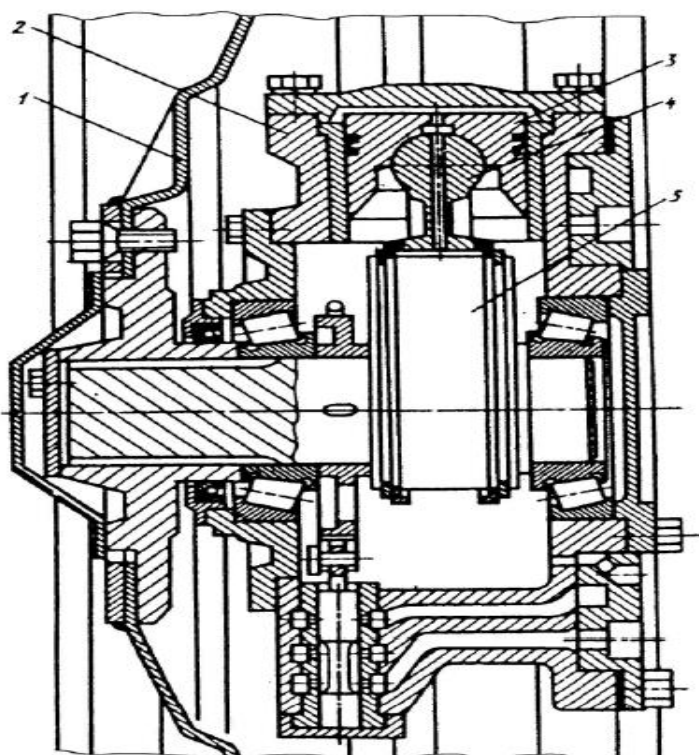
- плавное трогание с места;
- изменение скорости движения машины и крутящего момента на ведущих колесах в больших пределах, чем это возможно двигателем;
- длительный холостой ход;
- выполнение функций дифференциала при поворотах машины;
- плавное и экстренное торможение и исключают установку остановочных тормозов.

Предусматривается установка только стояночных тормозов, включаемых для удержания машины на подъемах и спусках.

На рис. 6.4, б показана схема гидрообъемной трансмиссии, в которой исключены механические агрегаты. Она содержит регулируемый насос и два

высокомомментных, низкооборотных гидромотора – «мотор-колесо», конструкция которого представлена на рис. 6.5.

На рис. 6.5 показано экспериментальное «мотор-колесо» МРО-1 конструкции «НАТИ». Оно содержит высокомоментный гидромотор с шатунной связью между поршнями и внутренним эксцентриковым валом. Гидромотор имеет неподвижный блок цилиндров 2, укрепленный на остова трактора и вращающийся эксцентрик 5, вал которого соединен с ободом колеса 1. В блоке цилиндров размещены поршни 3 с чугунными уплотнительными кольцами. Усилие от поршней к эксцентрику передается через шатуны 4 с гидростатическими опорами. Для создания гидростатической опоры рабочая жидкость через отверстие в поршне подается к головке шатуна и далее через отверстие в шатуне к «плавающим» по эксцентрику башмакам, выполненным как одно целое с шатунами.



колесо»

«Мотор-колесо» имеет клапанный распределитель. Рабочий объем гидромотора 1600 см³, номинальное давление – 16 МПа, номинальный крутящий момент – 3700 Нм, максимальная частота вращения 200 мин⁻¹, масса – 130 кг.

Функцию бесступенчатой коробки передач, как и в предыдущей трансмиссии, выполняет гидрообъемная передача, изменяя подачу от $Q_H = 0$ до Q_{Hmax} при разгоне трактора.

Рис. 6.5. Конструкция «мотор-

Гидрообъемная трансмиссия, включающая регулируемый насос, два регулируемых гидромотора и понижающие бортовые передачи предназначена для тракторов, погрузчиков, экскаваторов и дорожных катков, рисунок 6.2.1.в.

Для увеличения общего нагрузочного диапазона изменения передаточного отношения иногда применяют гидрообъемную трансмиссию с понижающими двухступенчатыми бортовыми редукторами, рисунок 6.2.1.г.

Для гидрообъемных трансмиссий с двумя гидромоторами, определенное место занимают схемы, в которых для увеличения общего нагрузочного диапазона изменения передаточного отношения производится переключение гидромоторов с параллельного соединения на последовательное, что позволяет получить два диапазона регулирования. Эти схемы отличаются от схем,

показанных на рисунке 6.2.1.а и 6.2.1.б наличием распределительного клапанов, осуществляющих изменение соединений гидромоторов.

Известны также гидромоторы, позволяющие выключать из работы часть цилиндров, что приводит к тому же эффекту. [1]

7. ГИДРОПРИВОД ГСТ-90

7.1. Устройство и принцип работы гидропривода

При замене новой высокопроизводительной техникой, позволяющей сократить сроки полевых работ и потери при уборке и транспортировке продукции много транспортных средств оснащались гидростатической трансмиссией ГСТ-90. К таким машинам относятся КСК-100, «Дон-1200», «Дон-1500», КПС-5Г, КСКУ-6, КС-6Б и другие, оснащенные гидростатической трансмиссией ГСТ-90.

Гидропривод ГСТ-90 (рис. 7.1) включает аксиально-плунжерные агрегаты:

- регулируемый гидронасос в сборе с шестеренным насосом подпитки и гидрораспределителей;
- нерегулируемый гидромотор в сборе с клапанной коробкой, а также бак для рабочей жидкости, фильтр тонкой очистки с вакуумметром, трубопроводы и шланги.

Вал 5 гидронасоса вращается в двух роликовых подшипниках. На шлицы вала посажен блок цилиндров, в отверстиях которого перемещаются плунжеры. Каждый плунжер сферическим шарниром соединен с пятой, которая упирается на опору, расположенную в люльке. Люлька соединена с корпусом гидронасоса при помощи двух роликовых подшипников, и благодаря этому может быть изменен наклон люльки относительно вала насоса. Изменение угла наклона люльки происходит под действием усилий одного из двух сервоцилиндров 4, поршни которых соединены с люлькой при помощи тяг.

Внутри сервоцилиндров находятся пружины, воздействующие на поршни и устанавливающие люльку так, чтобы расположенная в ней опора была перпендикулярна к валу. Вместе с блоком цилиндров вращается приставное дно, скользящее по распределителю, закрепленному на задней крышке. Отверстия в распределителе и приставном дне периодически соединяют рабочие камеры блока цилиндров с магистралями, связывающими гидронасос с гидромотором.

Сферические шарниры плунжеров и скользящие по опоре пяты смазываются под давлением рабочей жидкостью.

Внутренняя плоскость каждого агрегата заполнена рабочей жидкостью и является масляной ванной для работающих в ней механизмов. В эту полость поступают и утечки из сопряжений гидроагрегата.

К задней торцевой поверхности гидронасоса крепится насос подпитки 3 шестеренного типа, вал которого соединен с валом гидронасоса.

Насос подпитки всасывает рабочую жидкость из бака 10 и подает ее:

- в гидронасос через один из обратных клапанов 2;
- в систему управления через гидрораспределитель в количествах, ограниченных жиклером.

На корпусе насоса подпитки расположен предохранительный клапан 1, который открывается при повышении давления, развиваемого насосом.

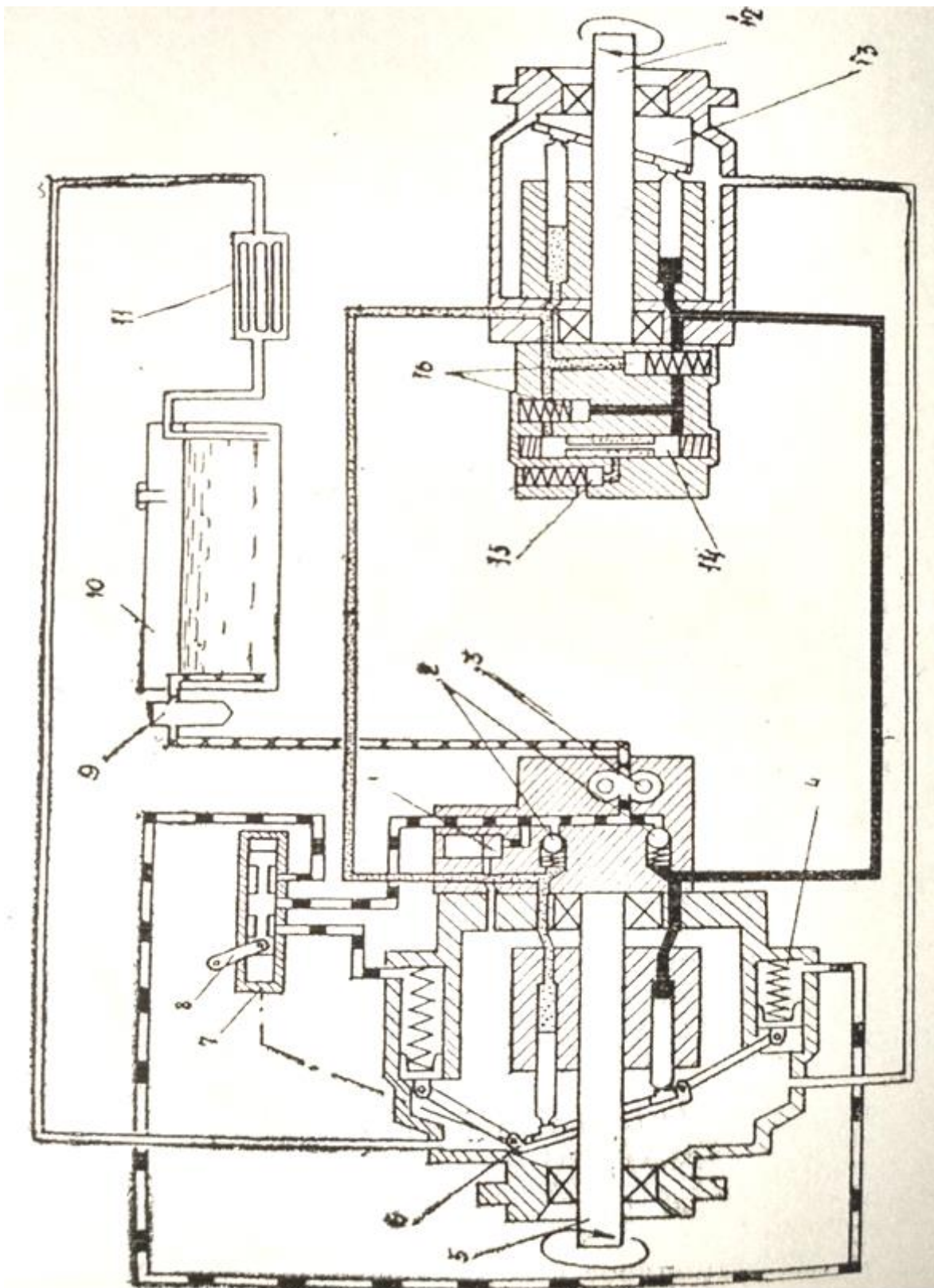


Рис. 7.1. Гидропривод ГСТ-90

Гидрораспределитель служит для распределения потока жидкости в системе управления, то есть для направления ее к одному из двух сервоцилиндров, в

зависимости от изменения положения рычага или запираения жидкости в сервоцилиндре.

Гидрораспределитель состоит из корпуса, золотника с возвратной пружиной, расположенной в стакане, рычаги управления с пружиной кручения, а также рычага и двух тяг, которые связывают золотник с рычагом управления и люлькой. Устройство гидромотора аналогично устройству насоса.

Основные отличия заключаются в следующем:

- пяты плунжеров при вращении вала скользят по наклонной шайбе 13, имеющей постоянный угол наклона, а поэтому люлька и механизм ее поворота с гидрораспределителем отсутствуют;

- вместо насоса подпитки к задней торцевой поверхности гидромотора крепится клапанная коробка.

Гидронасос с гидромотором связаны с двумя трубопроводами (магистралями «гидронасос - гидромотор»).

По одной из магистралей поток рабочей жидкости под высоким давлением движется от гидронасоса к гидромотору, по другой под низким давлением возвращается обратно.

В корпусе клапанной коробки находятся два клапана высокого давления, переливной клапан и золотник.

Клапаны высокого давления 16 предохраняют гидропривод от перегрузок, перепуская рабочую жидкость из магистрали высокого давления в магистраль низкого давления. Так как магистралей две и каждая из них в процессе работы может быть магистралью высокого давления, то и клапанов высокого давления тоже два. Переливной клапан 15 должен выпускать излишки рабочей жидкости из магистрали низкого давления, куда она постоянно подается насосом подпитки.

Золотник 14 в клапанной коробке подключает переливной клапан к той магистрали «гидронасос – гидромотор», в которой давление будет меньше.

При срабатывании клапанов системы подпитки (предохранительного и переливного) вытекающая рабочая жидкость попадает во внутреннюю полость агрегатов, где, смешавшись с утечками, по дренажным трубопроводам поступает в теплообменник 11 и далее в бак. Благодаря дренажному устройству, рабочая жидкость отводит тепло от трущихся деталей гидроагрегатов. Специальное торцевое уплотнение вала предотвращает вытекание рабочей жидкости из внутренней полости агрегата.

Бак служит резервуаром для рабочей жидкости, имеет внутри перегородку, разделяющую его на сливную и всасывающую полости; снабжен указателем уровня,

Фильтр тонкой очистки с вакуумметром задерживает посторонние частицы, Фильтрующий элемент выполнен из нетканого материала. О степени загрязненности фильтра судят по показаниям вакуумметра.

Дизельный двигатель вращает вал гидронасоса, а, следовательно, связанные с ним блок цилиндров и вал насоса подпитки.

Насос подпитки всасывает рабочую жидкость из бака через фильтр и подает ее в гидронасос.

Система подпитки включает насос подпитки 3, а также обратные, предохранительный и переливной, клапаны,

Назначение системы подпитки – снабжать рабочей жидкостью систему управления, обеспечивать минимальное давление в магистралях «гидронасос - гидромотор», компенсировать утечки в гидронасосе и гидромоторе, постоянно перемешивать рабочую жидкость, циркулирующую в гидронасосе и гидромоторе, с жидкостью в баке, отводя от деталей тепло.

При отсутствии давления в сервоцилиндрах пружины, расположенные в них, устанавливают люльку так, чтобы плоскость находящейся в ней опоры (шайбы) была перпендикулярна к оси вала. В этом случае при вращении блока цилиндров пяты плунжеров будут скользить по опоре, не вызывая осевого перемещения плунжеров, и гидронасос не будет посылать рабочую жидкость в гидромотор.

От регулируемого гидронасоса в процессе работы можно получить различный объем жидкости, подаваемый за один оборот (подачу).

Для изменения подачи гидронасоса необходимо повернуть рычаг гидрораспределителя, который кинематически связан с люлькой и золотником. Последний, переместившись, направит рабочую жидкость, поступающую от насоса подпитки, в систему управления, в один из сервоцилиндров, а второй сервоцилиндр соединить с полостью слива. Оказавшийся под действием давления рабочей жидкости поршень первого сервоцилиндра начнет движение, поворачивая люльку, перемещая поршень во втором сервоцилиндре и сжимая пружину. Люлька, поворачиваясь в положение, заданное рычагом гидрораспределителя, будет перемещать золотник, пока не возвратит его в нейтральное положение (при этом положении выход рабочей жидкости из сервоцилиндров закрыт поясками золотника).

При вращении блока цилиндров пяты, скользя по наклонной опоре, вызовут перемещение плунжеров в осевом направлении и вследствие этого произойдет изменение объема капельных мер, образованных отверстиями в блоке цилиндров и плунжерами. Причем половина камер будет увеличивать свой объем, другая половина – уменьшать. Благодаря отверстиям в приставном дне и распределителе эти камеры поочередно соединяются с магистралями «гидронасос - гидромотор».

В камеры, увеличивающие свой объем, рабочая жидкость, поступает из магистрали низкого давления, куда подается насосом подпитки через один из обратных клапанов. Вращающимся блоком цилиндров рабочая жидкость, находящаяся в камерах, переносится к другой магистрали и вытесняется в нее плунжерами, создавая высокое давление. По этой магистрали жидкость попадает в рабочие камеры гидромотора, где ее давление передается на торцевые поверхности плунжеров, вызывая их перемещение в осевом направлении и, благодаря взаимодействию пят плунжеров с наклонной шайбой, заставляет блок цилиндров вращаться. Пройдя рабочие камеры гидромотора, рабочая жидкость выйдет в магистраль низкого давления, по которой часть ее возвратится к гидронасосу, а излишки через золотник и переливной клапан

вытекут во внутреннюю полость гидромотора. При перегрузке гидропривода высокое давление в магистрали «гидронасос гидромотор» может возрасти до тех пор, пока не откроется клапан высокого давления, который перепустит рабочую жидкость из магистрали высокого давления в магистраль низкого давления, минуя гидромотор.

Объемный гидропривод ГСТ-90 позволяет бесступенчато изменять передаточное отношение: на каждый оборот вала гидромотор потребляет 89 см^3 рабочей жидкости (без учета утечек). Такое количество рабочей жидкости гидронасос может выдать за один или несколько оборотов своего приводного вала в зависимости от угла наклона его люльки. Следовательно, меняя подачу гидронасоса, можно изменить скорость движения машины.

Для изменения направления движения машины достаточно наклонить люльку в противоположную сторону.

Реверсивный гидронасос при том же вращении его вала изменит направление потока рабочей жидкости в магистралях «гидронасос - гидромотор» на обратное (то есть магистраль низкого давления станет магистралью высокого давления, а магистраль высокого давления магистралью низкого). Следовательно, для изменения направления движения машины необходимо рычаг гидрораспределителя повернуть в противоположную сторону (от нейтрального положения).

Если же снять усилие с рычага гидрораспределителя, то люлька под действием пружин возвратится в нейтральное положение, при котором плоскость находящейся в ней опоры станет перпендикулярной к оси вала. Плунжеры не будут перемещаться в осевом направлении. Подача рабочей жидкости прекратится. Самоходная машина остановится. В магистралях «гидронасос - гидромотор» давление станет одинаковым. Золотник в клапанной коробке под действием центрирующих пружин займет нейтральное положение, при котором переливной клапан не будет подключен ни к одной из магистралей. Вся жидкость, подаваемая насосом подпитки, через предохранительный клапан будет стекать во внутреннюю полость гидронасоса. При равномерном движении самоходной машины в гидронасосе и гидромоторе необходимо только компенсировать утечки, поэтому значительная часть рабочей жидкости, подаваемая насосом подпитки, окажется лишней и ее надо будет выпускать через клапаны. Чтобы излишки этой жидкости использовать для отвода тепла, через клапаны выпускают нагретую, прошедшую гидромотор жидкость, а охлажденную из бака. С этой целью переливной клапан системы подпитки, расположенный в клапанной коробке на гидромоторе, настроен на несколько меньшее давление, чем предохранительный на корпусе насоса подпитки. Благодаря этому при превышении давления в системе подпитки откроется переливной клапан и выпустит нагретую жидкость, вышедшую из гидромотора. Далее жидкость из клапана попадает во внутреннюю полость агрегата, откуда по дренажным трубопроводам через теплообменник направляется в банк.

7.2. Особенности эксплуатации, технического обслуживания гидропривода

Объемный гидропривод состоит из сложных дорогостоящих аксиально-плунжерных агрегатов, работающих под высоким давлением, достигающим 34,3 МПа (350 кг/см³). При таких давлениях предъявляются повышенные требования к качеству сопряжений (зазорам, чистоте поверхностей материалов), а также к чистоте и уровню рабочей жидкости.

В процессе длительного хранения машин, оснащенных ГСТ-90, масло из сопряжений «плунжер – блок цилиндров» «дно приставное – распределитель» гидронасоса и гидромотора стекает через дренажные каналы в масляную систему гидротрансмиссии.

В результате при пуске двигателя комбайна дорогостоящие дефицитные детали выходят из строя из-за недостатка смазки. Аналогичные явления возникают при замене гидронасоса или гидромотора.

Для предотвращения преждевременного (аварийного) выхода из строя деталей гидротрансмиссии технические службы Курганского агропрома изготовили и внедрили установку для прокачки ГСТ-90 рабочей жидкостью под давлением перед началом эксплуатации комбайнов.

Схема установки представлена на рис. 7.2.

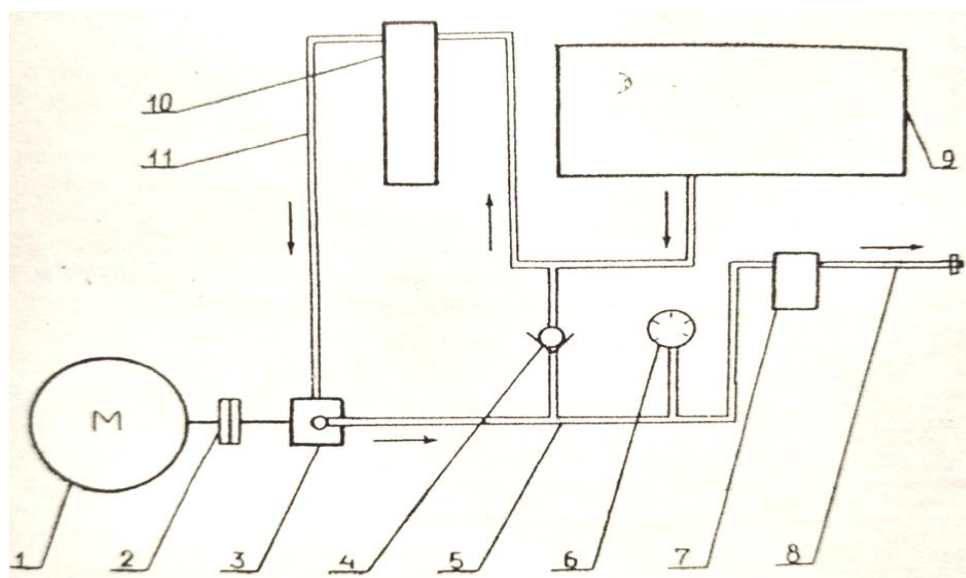


Рис. 7.2. Схема установки для прокачки ГСТ-90 рабочей жидкостью перед началом эксплуатации: 1 – электродвигатель ($n = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $N = 1,5 \text{ кВт}$) или двигатель ЗИД-4,5; 2 – соединительная муфта; 3 – насос НШ-10; 4 – клапан перепускной; 5 и 11 – маслопроводы; 6 – манометр на 2 МПа (20 кг/см²); 7 – распределитель или 2-ходовой кран; 8 – шланг высокого давления; 9 – бак для рабочей жидкости емкостью 40...50; 10 – фильтр от комбайна КСК-100

Рационализаторы Варгашинского и ряда других РАПО Курганской области применили для этой цели агрегат АТО-А, установив на него дополнительное оборудование по схеме (см. рис 7.2). Привод к насосу НШ-10 в этом случае взят от воздушного компрессора АТО-А.

Работы должны выполняться мастером-наладчиком в следующем порядке:

1. Вывернуть пробку на гидронасосе из отверстия для измерения давления в системе подпитки, на ее место ввернуть штуцер шланга высокого давления.

2. При помощи имеющейся установки заполнить гидропривод рабочей жидкостью под давлением. При этом необходимо проследить, чтобы ее уровень в баке не превысил верхней отметки.

3. Отсоединить шланг высокого давления от гидронасоса и ввернуть на его место манометр для измерения давления в системе подпитки.

4. Отсоединить тягу механизма управления от рычага гидрораспределителя.

5. Пустить дизель и установить обороты холостого хода. При этом давление в системе подпитки должно составлять от 0,98 до 1,27 МПа (10...13 кг/см²). Одновременно с этим проверить разрежение по вакуумметру на фильтре гидропривода, которое должно быть не более 0,0245 МПа (0,25 кг/см²).

6. Остановить дизель, соединить тягу механизма управления с рычагом гидрораспределителя.

7. Пустить дизель, установить частоту вращения 1500... 2000 мин⁻¹. Давление в системе подпитки должно быть от 1,47 до 1,76 МПа (15...18 кг/см²), разрежение по вакуумметру на фильтре гидропривода не более 0,0245 МПа (0,25 кг/см²).

8. Медленно перемещая рукоятку (педаль) управления, поочередно в каждую сторону снова проверить давление. При нормальной работе гидропривода давление в системе подпитки должно составлять от 0,98 до 1,27 МПа (10...13 кг/см²).

9. Установить минимально возможную частоту вращения коленвала, повернуть рычаг гидрораспределителя на полный угол.

Давление в системе подпитки при этом должно быть от 0,98 до 1,27 МПа (10...13 кг/см²).

10. Проверить герметичность всех соединений. Течь масла и подсос воздуха не допускаются.

Попадание во внутреннюю полость гидропривода или в рабочую жидкость посторонних частиц и загрязнений даже в незначительных количествах может вызвать отказ в работе и преждевременный выход агрегата гидропривода из строя, поэтому необходимо:

- строго следить за чистотой агрегатов, деталей и рабочей жидкости, исключив возможность попадания загрязнений в процессе технического обслуживания и при вскрытии агрегатов;

- применять рабочую жидкость, только рекомендованную заводом-изготовителем АТУ 38.101179-71;

- после длительного хранения проверить уровень масла и отсутствие в нем воды, для чего слить 100...150 см³ жидкости и отстоять в прозрачной посуде 1,5 часа. При отсутствии масла необходимо вывернуть на гидронасосе пробку из отверстия для измерения давления в системе подпитки. На ее место ввернуть штуцер и при помощи заправочного насоса заполнить гидротрансмиссию рабочим маслом под давлением по описанной выше схеме (см. рис. 7.2);

- разбирать гидронасос и гидромотор только в пределах, необходимых для устранения причины неисправности;
- при отсоединении трубопровода отверстие, ведущее внутрь агрегата, немедленно закрыть специальными заглушками или пробками, изготовленными из полимерных материалов, металла или резины;
- помнить, что все шлицевые и резьбовые соединения выполнены в дюймовой системе.

Категорически запрещается

1. Переключать передачи на ходу машины.
2. Запускать двигатель методом буксировки машины.
- 3 Буксировать машину с включенной передачей.
4. Оставлять машину при работающем двигателе и включенной передаче.
5. Производить подтяжку соединений и разъединять маслопроводы при работе дизеля.
6. Производить пуск гидропривода при недостаточном количестве масла в баке.
7. Применять деревянные пробки в качестве заглушек или использовать для этих целей ветошь.

7.3. Классификация отказов по степени сложности

При проведении технического обслуживания и устранении отказов гидропривода все работы подразделяются на три группы сложности [6]. К первой группе относятся работы, выполняемые без вскрытия агрегатов гидропривода, а именно:

- устранение подтекания рабочей жидкости подтяжкой резьбовых соединений;
- замена фильтра, рукавов высокого давления, тяг, болтов и гаек;
- устранение повреждения тяг управления к рычагу гидрораспределителя.

Эти работы выполняются прилагаемым к машине инструментом на ПТО или в ремонтных мастерских хозяйств.

Ко второй группе относятся работы, требующие частичного вскрытия агрегатов гидротрансмиссии:

- проверка технического состояния (осмотром и по давлению);
- выполнение контрольно-диагностических операций по выявлению неисправностей;
- устранение заеданий золотников и клапанов, засорений клапанов;
- замена гидромотора и гидронасоса;
- замена подпитывающего насоса;
- замена клапанной коробки и клапанов высокого давления;
- замена гидрораспределителя.

Работы этой группы сложности выполняются мастером - наладчиком в центральных ремонтных мастерских хозяйств или мастерских районных ремонтно-технических предприятий.

К третьей группе относятся работы по устранению неисправностей, требующих разборки агрегатов гидропривода:

– замена изношенных деталей;

– выполнение контрольно-регулирующих работ; проведение контрольных испытаний.

Работы 3-й группы сложности выполняются только на специализированных ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса квалифицированным персоналом, прошедшим специальную подготовку. Для Курганской области таким предприятием было определено Колташевское специализированное ремонтно-техническое предприятие с технологической линией ремонта агрегатов и испытательным стендом для оценки показателей надежности, разработанным сотрудниками кафедры тракторов и автомобилей Курганского СХИ [7].

7.4. Возможные неисправности, способы их выявления и устранения

Характерные неисправности гидротрансмиссии, возникающие в процессе эксплуатации, представлены в табл. 7.1. Как видно из таблицы, неисправности можно разделить на две группы. В первую группу входят неисправности, не связанные непосредственно с гидромотором и гидронасосом. Эти неисправности легко выявляются и устраняются.

Таблица 7.1

Характерные неисправности гидротрансмиссии

Характерные неисправности гидротрансмиссии				
Работа в одном направлении	Не работает ни в одном направлении	Шум при работе	Перегрев	Медленный разгон
Неисправность механизма управления	Низкий уровень масла	Воздух в системе	Течь масла через клапан маслоохладителя	Воздух в системе
	Повреждена тяга управления		Засорен маслоохладитель	
Внутренние повреждения насоса или мотора	Выход из строя соединительного устройства	Плохая шумоизоляция	Засорен всасывающий фильтр	
	Внутренние повреждения насоса или мотора	Внутренние повреждения насоса или мотора	Внутренние повреждения насоса или мотора	Внутренние повреждения насоса или мотора

Ко второй группе относятся неисправности, возникающие внутри гидромотора или гидронасоса. Для выявления внутренних неисправностей

гидромотора или гидронасоса необходимо произвести замеры давлений в четырех точках:

1 – давление в системе подпитки (управления), номинальное значение 1,5 МПа (14,2 кг/см²);

2 – разрежение на входе в насос подпитки (вакуум на всасывании), вакуум не более 0,0245 МПа (0,25 кг/см²);

3 – рабочее давление (высокое давление), номинальное значение 20,6 МПа (210 кг/см²), максимальное значение 35,6 МПа (360 кг/см²);

4 – давление во внутренних полостях гидронасоса и гидромотора (давление дренажа).

Максимальное значение 0,245 МПа (2,5 кг/см²).

В табл. 7.2 приведены внутренние неисправности гидропривода, которые выявляются замерами давлений.

Все эти неисправности устраняются под руководством мастера-наладчика в мастерской хозяйства или на специализированном ремонтном предприятии.

Таблица 7.2

Выявление неисправностей замером давлений

Внутренние повреждения насоса или мотора				
Давление подпитки	Давление дренажа	Рабочее давление	Вакуум	
Неисправность предохранительного клапана	Износ агрегатов	Неисправность клапана высокого давления	Повреждение привода подпитывающего насоса	
Неисправность переливного клапана		Неисправность золотника клапанной коробки	Засорение фильтра	
Повреждение привода подпитывающего насоса		Износ агрегатов	Износ агрегатов	Низкий уровень масла
Низкий уровень масла				

8. НЕИСПРАВНОСТИ ГОП

Основными неисправностями насосов могут быть следующие.

1. Насос не создает необходимого давления, и поэтому навесная машина поднимается медленно или совсем не поднимается при исправных распределителе, силовом цилиндре и запорных устройствах.

Общей причиной этой неисправности для насосов НШ-Е, НШ-У и НШ-К может быть низкий уровень рабочей жидкости в баке.

Устранить эту неисправность нужно доливанием рабочей жидкости до нормального уровня.

Индивидуальными причинами этой же неисправности могут быть перетекание рабочей жидкости через фигурную манжету насоса НШ-Е, через уплотнительную манжету крышки насоса или через специальное клиновидное (секторное) уплотнение насоса НШ-У, через манжету радиального уплотнения или через манжеты торцевого уплотнения насоса НШ-К.

Устранить неисправность можно заменой фигурной манжеты насоса НШ-Е, заменой манжеты крышки или клиновидного уплотнения насоса НШ-У, заменой насоса НШ-К (насос с вышедшими из строя манжетными уплотнениями отправить на ремонт в специализированную мастерскую).

2. Из горловины бака для рабочей жидкости выбивается пена. Она образуется в баке для рабочей жидкости из-за подсоса воздуха через уплотнительные манжеты ведущего вала насоса, через уплотнение крепления всасывающего патрубка к насосу или через штуцер всасывающей гидролинии.

Для устранения пенообразования необходимо заменить каркасные манжеты ведущего вала насоса, уплотнительное кольцо во всасывающем патрубке или подтянуть соединения всасывающей гидролинии.

3. Увеличение уровня масла в картере двигателя. Это происходит из-за износа манжет ведущего вала насоса. Их нужно заменить новыми манжетами (во всех новых насосах теперь ставят по две каркасные манжеты, сложенные юбками внутрь).

Для замены вышедших из строя каркасных манжет ведущего вала насоса типа НШ-К необходимо снять насос с машины, снять стопорное и опорное кольца. После этого осмотреть состояние рабочих кромок манжет и в случае непригодности удалить их. Затем очистить шейку вала от загрязнения и масла, проверить отсутствие забоин и смазать консистентной смазкой.

Новые манжеты необходимо промыть в чистой рабочей жидкости, смазать консистентной смазкой и установить в корпус насоса. После этого вставить на свои места опорное и стопорное кольца.

4. Рабочая жидкость протекает через стык корпуса и крышки насоса. Подтекание рабочей жидкости по стыку наблюдают при ослаблении затяжки болтов крепления крышки к насосу. В этом случае необходимо затянуть болты.

5. Быстрый нагрев насоса и бака для рабочей жидкости.

Нагрев насоса и бака происходит из-за быстрого нагревания рабочей жидкости вследствие ее протекания сквозь щели, образующиеся при заедании золотника или перепускного клапана в распределителе. Необходимо проверить распределитель и устранить неисправность.

6. Шум при работе насоса. Повышенный шум в гидросистеме наблюдают при низком уровне рабочей жидкости в баке или при соприкосновении металлических маслопроводов с металлическими частями трактора или сельскохозяйственной машины.

Чтобы устранить шум, необходимо долить до уровня рабочую жидкость и выяснить причины ее утечек или же ликвидировать соприкосновение маслопроводов с металлическими частями трактора.

Неисправности насосов устраняются в порядке сложности, сначала выявляют более простые, а затем – сложные, которые устраняются при снятии насоса с трактора. Работы по устранению сложных неисправностей выполняются в мастерской.

9. ПАРАМЕТРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОТ

Для характеристики гидрообъемной трансмиссии используют такие параметры, как кинематическое $u_{огп}$ и силовое (коэффициент трансформации) K передаточные числа, КПД $\eta_{огп}$.

Передаточное число гидрообъемной трансмиссии:

$$u_{огп} = \frac{\omega_H}{\omega_M}, \quad (9.1)$$

где ω_H и ω_M – угловые скорости валов роторов соответственно гидронасоса и гидромотора.

Коэффициент трансформации (силовое передаточное число):

$$K = \frac{M_M}{M_H}, \quad (9.2)$$

где M_M и M_H – крутящие моменты на валах роторов соответственно гидромотора и гидронасоса.

КПД гидрообъемной трансмиссии

$$\eta_{огп} = \frac{N_M}{N_H} = \frac{M_M \omega_M}{M_H \omega_H}, \quad (9.3)$$

где N_M и N_H – мощности на валах роторов гидромотора и гидронасоса.

Мощность на валу гидронасоса:

$$N_H = M_H \omega_H \eta_{оН} \eta_{вН}, \quad (9.4)$$

где $\eta_{оН}$ – КПД, учитывающий объемные потери в гидронасосе (потери на утечку жидкости); $\eta_{вН}$ – КПД, учитывающий внутренние потери в гидронасосе (механические и гидравлические).

Мощность на валу ротора гидромотора представляет собой мощность, подведенную от гидронасоса с учетом потерь в гидромоторе:

$$N_M = M_H \omega_H \eta_{оН} \eta_{вН} \eta_{оМ} \eta_{вМ}, \quad (9.5)$$

где $\eta_{оМ}$ – КПД, учитывающий объемные потери в гидромоторе; $\eta_{вМ}$ – КПД, учитывающий внутренние потери в гидромоторе.

Таким образом, КПД гидрообъемной трансмиссии:

$$\eta_{огп} = \eta_{оН} \eta_{вН} \eta_{оМ} \eta_{вМ}, \quad (9.6)$$

Для отдельных гидроагрегатов характерны следующие значения КПД:

объемный КПД $\eta_{оН} \approx \eta_{оМ} = 0,94 \dots 0,98$;

внутренний КПД $\eta_{вН} \approx \eta_{вМ} = 0,92 \dots 0,96$.

В соответствии с приведенными значениями $\eta_{огп} = 0,85 \dots 0,89$.

При определении $\eta_{огп}$ потери на привод гидронасоса подпитки и потери в трубопроводах не учитывались.

Основные гидроагрегаты – гидронасос и гидромотор – можно характеризовать такими параметрами, как подача соответственно Q_H и Q_M и моменты на валах роторов M_H и M_M :

$$Q_H = \frac{V_H \omega_H \eta_{oH}}{2\pi}, \quad (9.7)$$

где V_H – рабочий объем гидронасоса, т. е. объем, теоретически нагнетаемый за один оборот вала гидронасоса;

$$Q_M = \frac{V_M \omega_M}{2\pi \eta_{oM}}, \quad (9.8)$$

где V_M – рабочий объем гидромотора, т.е. объем жидкости, теоретически расходуемой за один оборот вала гидромотора

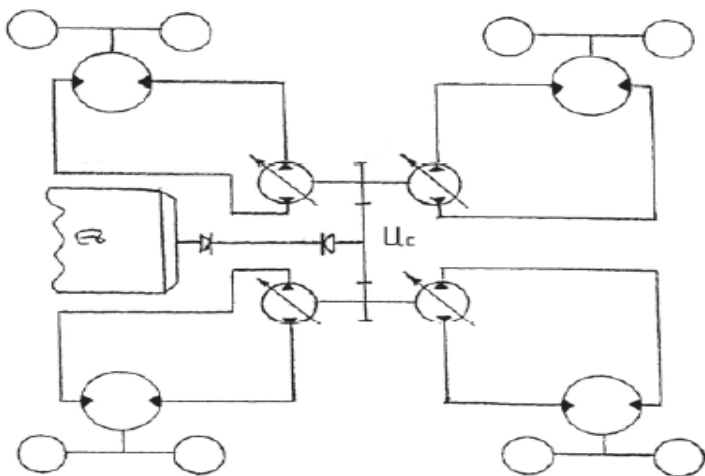
$$M_M = \frac{V_M p_{огп}}{\eta_{в.М}}, \quad (9.9)$$

$$M_M = \frac{V_H p_{огп}}{\eta_{в.Н}}, \quad (9.10)$$

где $p_{огп}$ – давление, создаваемое в системе.

Трансмиссия, схема которой изображена на рис. 9.1, включает четыре гидрообъемные передачи, кинематически связанные с ведущими колесами, колесной формулы 4x4.

Каждая из них содержит быстроходный регулируемый насос типоразмера «22» фирмы «Зауэр» и нерегулируемый двухступенчатый, высокомоментный гидромотор 13Н30 «Ройс», встроенный в ведущее колесо, образуя конструкцию «мотор-колесо».



Согласующий редуктор не только распределяет поток мощности двигателя, но и обеспечивает оптимальную частоту вращения приводных валов регулируемых насосов, при которых объемные потери мощности минимальны.

Рис. 9.1. Схема гидрообъемной трансмиссии трактора «БИМА-300»

Полнопоточная гидрообъемная передача трактора «БИМА-300» (рис. 9.2) обеспечивает высокие тяговые качества и возможность работы с комплексом навесного оборудования и прицепных сельскохозяйственных машин.



Рис. 9.2. Трактор «БИМА-300» (Франция, «Вима», 1983 – нет данных)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрообъемные трансмиссии до настоящего времени не получили сколь-нибудь широкого применения на автомобилях. Причинами этого являются их низкий КПД, в сравнении с механическими трансмиссиями, а также высокая стоимость, обусловленная требованиями:

- большой точности изготовления сопрягаемых деталей;
- недостаточная надежность трубопроводов, работающих в пульсирующем режиме при высоких давлениях;
- сравнительно низкая износостойкость, большие размеры и масса.

Однако они нашли свое применение в специальной технике, требующей от трансмиссии бесступенчатой работы в широком диапазоне скоростей.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ГОП «БИМА 300»

1. Найдем передаточное число ГОП:

Все необходимые данные возьмем данные из таблицы.

Характеристика гидравлических машин гидрообъемной передачи «Бима 300»

Оценочные показатели	Насос 22 ф. "Зауэр"	Гидромотор 13Н30 ф. "Ройс"
Установочная мощность, кВт	191,6	225
Макс. скорость вращения, мин ⁻¹	4000	67
Макс. крутящий момент, Нм	466,8	32770
Рабочий объем, см ³ /об	70	4900/2500
Макс. давление, МПа	42	42
Масса, кг	55	530

$$u_{\text{ГОП}} = \frac{\omega_H}{\omega_M}$$

$$u_{\text{ГОП}} = \frac{4000 \text{ мин}^{-1}}{67 \text{ мин}^{-1}} = 59,7$$

$$\eta_{\text{ГОП}} = \frac{N_M}{N_H} = \frac{M_M \omega_M}{M_H \omega_H}$$

2. КПД ГОП «Бима 300»:

Для этого подсчитаем мощности на валах насоса и гидромотора:

$$N_H = M_H \omega_H \eta_{\text{оН}} \eta_{\text{вН}} = 466,8 \text{ Нм} \cdot \frac{4000}{60} \text{ с}^{-1} \cdot 0,96 \cdot 0,94 = 28,1 \text{ кВт}$$

$$N_M = M_M \omega_M \eta_{\text{оМ}} \eta_{\text{вМ}} = 466,8 \text{ Нм} \cdot \frac{4000}{60} \text{ с}^{-1} \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 0,96 \cdot 0,94 = 25,4 \text{ кВт}$$

Тогда КПД ГОП «Бима 300»:

$$\eta_{\text{ГОП}} = \frac{25,4 \text{ кВт}}{28,1 \text{ кВт}} = 0,9$$

В ходе произведенного расчета были получены следующие результаты:

Передаточное число ГОП «Бима-300» $u_{огп} = 59,7$.

КПД ГОП «Бима-300» $\eta_{ГОП} = 0,9$.

Задания и вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Изучить назначение, требования, классификацию, конструкцию, работу гидрообъемных передач, решить тест.
2. Начертить кинематическую схему гидрообъемной передачи транспортного средства согласно задания преподавателя.
3. Объяснить принцип работы схемы.
4. Найти данные и подсчитать КПД и передаточное число гидрообъемной передачи, выданной преподавателем.

Оценочные показатели		
Макс скорость вращения, c^{-1}		
Макс. крутящий момент, Нм		

5. Сравнить полученный КПД и передаточное число с примером:

	«Бима 300»	
$\eta_{ГОП}$	0,9	
$u_{огп}$	59,7	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Кто впервые установил гидрообъемную трансмиссию на грузовой автомобиль?
2. Какими качествами обладает ГОТ?
3. Где применяется ГОТ?
4. Какие требования предъявляются к ГОТ?
5. Из чего состоит ГОТ?
6. Какие принципиальные схемы ГОП существуют?
7. Опишите принцип работы ГОТ по двум принципиальным схемам.
8. Какими могут быть по конструкции агрегаты ГОП?
9. Как регулируют момент на не саморегулируемом гидроагрегате?
10. Для каких целей используют нерегулируемые гидроагрегаты?
11. Приведите примеры транспортных средств с нераздельно-агрегатной гидрообъемной трансмиссией.
12. Перечислите основные неисправности гидронасосов.
13. Какие параметры используют для характеристики ГОТ?

ТЕСТ ПО ТЕМЕ «ГИДРООБЪЕМНЫЕ ПЕРЕДАЧИ»

1. Из чего состоит гидрообъемная трансмиссия:
 - а) насос, гидродвигатель, трубопроводы, система подпитки;
 - б) насос и гидродвигатель;
 - в) гидродвигатель, трубопроводы, система подпитки.
2. Основные параметры, влияющие на преобразование и передачу мощности:
 - а) КПД и гидростатическое давление подаваемой жидкости;
 - б) объем и гидростатическое давление подаваемой жидкости;
 - в) объем подаваемой жидкости и частота вращения ротора насоса.
3. Когда была первая попытка применения гидрообъемной трансмиссии?
 - а) XIX в;
 - б) XVIII в;
 - в) XX в.
4. В какой стране выпускался самосвал «Секмафер ТТ145» с ГОП?
 - а) Англия;
 - б) Франция;
 - в) Испания.
5. Главная цель применения ГОТ на тракторах:
 - а) повышение производительности;
 - б) уменьшение пространства, занимаемого трансмиссией;
 - в) повышение надежности.
6. Годы выпуска трактора «МТЗ-50» с ГОП:
 - а) 1962–1985;
 - б) 1950–1973;
 - в) 1999–2015.
7. Сколько положений имеет рычаг управления микротрактора «Кейс»?
 - а) 4;
 - б) 3;
 - в) 5.
8. На шасси какого автомобиля построен «Гидроход-49061» с ГОП?
 - а) УРАЛ-4320;
 - б) ЗИЛ-49061;
 - в) КАМАЗ-5490.
9. Минимальное число агрегатов, входящих в ГОП:
 - а) 2;
 - б) 5;
 - в) 4.
10. Какое преобразование энергий происходит в насосе?
 - а) механическая в гидравлическую;
 - б) гидравлическая в тепловую;
 - в) гидравлическая в механическую.
11. Какое преобразование энергий происходит в гидромоторе?
 - а) гидравлическая в тепловую;
 - б) механическая в гидравлическую;
 - в) гидравлическая в механическую.

12. Две принципиальные схемы ГОП:

- а) открытая и закрытая;
- б) внешняя и внутренняя;
- в) прямая и обратная.

13. На тракторах ГОП открытого типа применяют для:

- а) обслуживания вспомогательных устройств;
- б) для передачи мощности двигателя к ведущим колесам трактора;
- в) контроля основных частей двигателя.

14. Куда поступает рабочая жидкость из гидромотора в ГОП закрытого типа?

- а) в бак;
- б) во всасывающую магистраль насоса;
- в) в систему выпуска;
- г) в систему охлаждения.

15. Какими могут быть по конструкции гидроагрегаты (насос, мотор)?

- а) винтовыми;
- б) шестеренными;
- в) лопастными;
- г) поршневыми;
- д) все перечисленное.

16. В гидрообъемной трансмиссии возможно регулировать:

- а) гидронасос;
- б) гидромотор;
- в) гидронасос и гидромотор.

17. Годы выпуска трактора «International Harvester 656» с ГОП:

- а) 1973–1980;
- б) 1939–1945;
- в) 1965–1973.

18. Для автомобилей с какой колесной формулой применяют нераздельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии?

- а) 4x2;
- б) 4x4;
- в) 6x4.

19. Для автомобилей с какой колесной формулой применяют отдельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии?

- а) 4x2;
- б) 4x4;
- в) 6x4.

20. КПД гидрообъемных передач по сравнению с механическими:

- а) ниже;
- б) такой же;
- в) выше.

21. Двигатель какого автомобиля установлен в «Гидроход-49061»?

- а) УРАЛ-4320;
- б) ЗИЛ-49061;
- в) ЗИЛ-115;
- г) КАМАЗ-5490.

22. Кабина какого автомобиля установлена на «Гидроход-49061»?

- а) УРАЛ-4320;
- б) ЗИЛ-115;
- в) ЗИЛ-49061;
- г) КАМАЗ-5490.

23. Что сдерживало и ограничивало использование гидрообъемных передач в трансмиссиях самоходных машин?

- а) технология изготовления составных частей гидравлических машин;
- б) требует специализированные прецизионные производства;
- в) более низкий коэффициент полезного действия по сравнению с механическими трансмиссиями;
- г) высокая удельная масса на единицу мощности;
- д) всё перечисленное.

24. Гидрообъемная передача самосвала «Секмафер ТТ115» содержит:

- а) один регулируемый насос с рабочим объемом 1220 см³;
- б) два регулируемых насоса, каждый с рабочим объемом по 1220 см³;
- в) четыре регулируемых насоса, каждый с рабочим объемом по 1220 см³.

25. С какой частотой работают гидромоторы самосвала «Секмафер ТТ115»?

- а) 3000 мин⁻¹;
- б) 2000 мин⁻¹;
- в) 4000 мин⁻¹.

26. Сколько гидромоторов содержит ГОП самосвала «Секмафер ТТ115»?

- а) 6;
- б) 2;
- в) 4.

27. Нормальное давление рабочей жидкости, рассчитанное на продолжительную работу гидрообъемной передачи самосвала «Секмафер ТТ115»:

- а) 45 МПа;
- б) 60 МПа;
- в) 38 МПа.

28. Затраты на повороты трактора при установке ГОТ вместо механической трансмиссии:

- а) уменьшаются;
- б) увеличиваются;
- в) не изменяются.

29. Основное рабочее звено в ГОТ?

- а) насос;
- б) гидромотор;
- в) поток жидкости.

30. Что используется для управления гидрообъемной трансмиссией микротрактора Volens-Husky?

- а) двухконсольная ножная педаль;
- б) регулировочный рычаг;
- в) система тумблеров.

31. На каком из автомобилей применяется ГОТ?

- а) ЗИЛ-49061;
- б) УРАЛ-4320;
- в) КАМАЗ-5490;
- г) Гидроход-49061;
- д) на всех перечисленных.

32. Каким требованиям должна удовлетворять ГОТ?

- а) обеспечивать необходимый диапазон силовых передаточных отношений;

- б) иметь высокий КПД в области преобладающих режимов работы;
- в) обладать минимальной массой и минимальными размерами при гарантированной долговечности;
- г) иметь необходимый уровень технологичности и низкую стоимость изготовления;
- д) все перечисленное.

33. К чему приводит двухкратное преобразование мощности в ГОТ?

- а) к снижению КПД передачи;
- б) к увеличению КПД передачи;
- в) ничего не меняется.

34. Преимущества ГОП по сравнению с механическими передачами:

- а) бесступенчатое изменение крутящего момента в широком диапазоне и плавная передача его на ведущие колеса;
- б) стабильная работа двигателя в зоне оптимального режима;
- в) удобство компоновки;
- г) возможность торможения самой ГОП;
- д) реверсивность;
- е) все перечисленное.

35. Гидравлические системы гидрообъемной передачи содержат механизмы и устройства:

- а) ограничивающие высокое давление рабочей жидкости;
- б) осуществляющие ее охлаждение;
- в) осуществляющие фильтрацию и компенсацию объемных потерь;
- г) все перечисленное.

36. Объемные гидроагрегаты могут быть саморегулируемыми?

- а) да;
- б) нет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крумбольдт Л.Н., Головашкин Ф.П., Стрелков А.Г. Полнопоточные гидрообъемные и двухпоточные гидромеханические трансмиссии самоходных машин: учебное пособие / под общ. ред. Л.Н. Крумбольдта. – М.: МГТУ «НАМИ», 2010. – 78 с.
2. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
3. Прочко Е.И., Курмаев Р.Х., Анкинович Г.Г. Опыт создания и испытаний автомобиля с гидрообъемной трансмиссией (ГОТ) / (ГНЦ ФГУП НАМИ; ОАО «НАМИ-Сервис»).
4. Петров В.А. «Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. – М.: Машиностроение, 1988.
5. Дроздов В.Б. Совершенствование поршневых агрегатов гидропривода в тракторах и сельскохозяйственных машинах. –2-е изд. – Екатеринбург: Уральское аграрное издательство, 2017. – 420 с.
6. Гидропривод объемный ГСТ-90. Руководство по текущему ремонту РТ 70 0001.031-83. – М. ГОСНИТИ. 1984. – 80 с.
7. Лепехин А.Т., Камчугов Н.В., Бахарев Ю.А. Стенд оценки технического состояния гидротрансмиссий // Земля сибирская, дальневосточная. – 1984. – № 9. – С. 42–43.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Область применения	5
2. Требования, предъявляемые к гидрообъемным передачам	11
3. Гидрообъемные передачи	11
4. Гидравлические системы, обеспечивающие функционирование гидрообъемной передачи	12
5. Гидроагрегаты	13
6. Принципиальные схемы гидрообъемных трансмиссий	14
6.1. Нераздельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии	15
6.2. Раздельно-агрегатные гидрообъемные трансмиссии	17
7. Гидропривод ГСТ-90	
7.1. Устройство и принцип работы гидропривода	19
7.2. Особенности эксплуатации, технического обслуживания гидропривода	24
7.3. Классификация отказов по степени сложности	26
7.4. Возможные неисправности, способы их выявления и устранения	27
8. Неисправности ГОП	28
9. Параметры, используемые для характеристики ГОТ	30
Заключение	32
Пример расчета ГОП «Бима 300»	32
Контрольные вопросы	33
Тест по теме «Гидрообъемные передачи»	34
Библиографический список	38

Учебное издание

**Камерлохер Владимир Антонович,
Краснокутский Василь Васильевич,
Русанов Михаил Алексеевич,
Штыка Михаил Григорьевич**

ГИДРООБЪЕМНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Учебное пособие

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 12.12.2018. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,32. Тираж 50 экз. Заказ 513/177.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.