

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод»

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
(ПРАКТИКУМ)**

по дисциплинам «Гидродинамические передачи»
и «Лопастные машины и передачи»
для студентов специальности I 36.01.07 –
"Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин"

Минск 2002

УДК 681.587:681.3

В издании освещены вопросы устройства лопастных машин и станков, методики испытаний этих машин, дано описание лабораторных установок и приборов, которые используются при выполнении лабораторных работ.

Составитель П.Р. Бартош

Рецензент Г.П. Грибко

Учебное издание

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
(ПРАКТИКУМ)**

по дисциплинам "Гидродинамические передачи"
и "Лопастные машины и передачи"
для студентов специальности I 36.01.07 –
"Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин"

Составитель БАРТОШ Петр Романович

Редактор Т.А. Палилова. Корректор М.П. Антонова
Компьютерная верстка А.Г. Гармаза

Подписано в печать 30.09.2002

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ.л. 4,6. Уч.-изд.л. 3,6. Тираж 100. Заказ 131.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.98. 220027, Минск, проспект Ф. Скорины, 65.

© Бартош П.Р., составление, 2002

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторных работ каждый студент *обязан* строго выполнять следующие *правила техники безопасности*:

1. Включать учебные стенды только в присутствии преподавателя (инженера) после проверки технического состояния стенда и получения разрешения преподавателя на его включение.
2. Тщательно следить за исправностью гидроагрегатов. При обнаружении неисправностей экспериментальной установки или измерительных приборов немедленно прекратить работу и сообщить об этом руководителю занятий.
3. По окончании работы выключить электропитание стенда и измерительной аппаратуры.
4. В случае травмы немедленно выключить экспериментальные установки, вызвать при необходимости врача и до его прибытия оказать помощь пострадавшим.

Категорически *запрещается*:

1. Оставлять без надзора работающий стенд.
2. Проводить монтаж-демонтаж и устранять неисправности элементов гидросистемы, находящихся под давлением.
3. Пользоваться неисправными инструментами и приборами.
4. Переставлять (без согласования с преподавателем) оборудование и макетные образцы.
5. Поднимать тяжелые агрегаты и узлы.

Лабораторная работа № 1

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЛОПАСТНЫХ МАШИН И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы

Изучение контрольно-измерительных приборов, используемых при исследовании лопастных машин и гидродинамических передач.

1.1. Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Изучить приборы, применяемые при исследовании лопастных машин и гидродинамических передач.

2. Кратко описать в отчете по лабораторной работе эти приборы и привести схемы приборов (по одной схеме для каждого вида измеряемой величины).

1.2. Измеряемые величины

При испытаниях и экспериментальных исследованиях лопастных машин и гидродинамических передач измеряются и контролируются различные физические величины. К ним относятся:

- 1) уровень жидкости в резервуаре;
- 2) давление жидкости;
- 3) скорость потока жидкости;
- 4) количество жидкости;
- 5) расход жидкости;
- 6) крутящие моменты;
- 7) температура;
- 8) частота вращения деталей;
- 9) перемещение органов управления, деталей;
- 10) усилия, действующие на деталь, и др.

1.3. Приборы для измерения уровня жидкости (уровнемеры)

1. Уровнемерное (водомерное) стекло (рис. 1.1) – стеклянная трубка 1, подсоединенная к резервуару 2, в котором измеряется высота уровня жидкости, снабженная шкалой 3, отградуированной в линейных единицах.

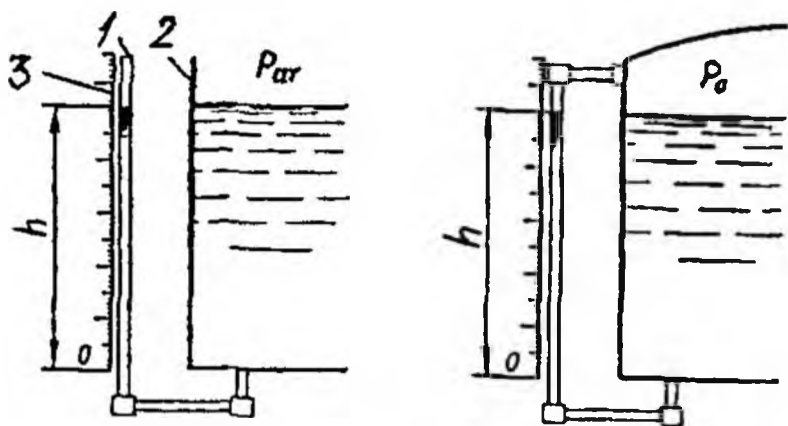


Рис.1.1. Уровнемерное стекло:

P_{at} – атмосферное давление; P_0 – давление в замкнутом объеме

2. Игольчатый уровнемер (рис. 1.2) – игла 1, укрепленная на нижнем конце штанги 2, снабженной указателем 3, перемещаемая по вертикали вдоль шкалы 4.

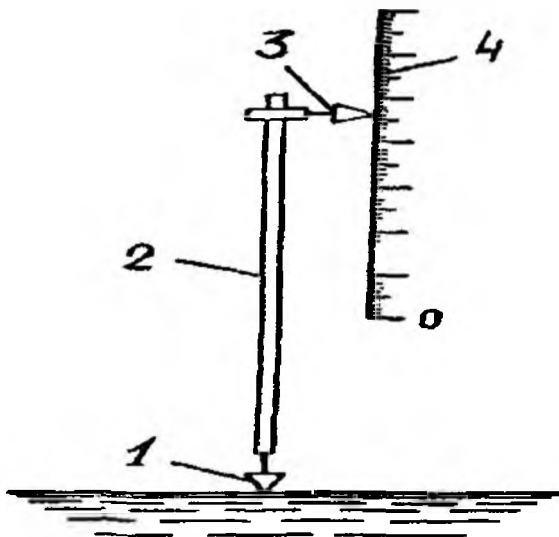


Рис. 1.2. Игольчатый уровнемер

3. Поплавковый уровнемер имеет различные конструкции, одна из которых приведена на рис. 1.3. Поплавок 1, помещенный на измеряемый уровень жидкости, снабжен вертикальной штангой 2 с указателем 3, скользящим вдоль неподвижной шкалы 4.

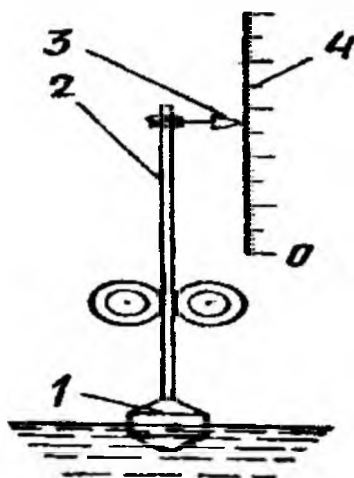


Рис.1.3. Поплавковый уровнемер

4. Датчики уровня, основанные на использовании физических свойств жидкости (омические, емкостные, термические и др.).

1.4. Приборы для измерения давления

Эти приборы делятся на группы по различным признакам.

По характеру измеряемой величины:

1. Приборы для измерения атмосферного давления – барометры.
2. Приборы для измерения избыточного давления – манометры, вакуума – вакуумметры.
3. Приборы для измерения разности давлений – дифференциальные манометры.

По принципу действия:

1. Жидкостные приборы для измерения избыточного давления – пьезометры (рис. 1.4). Пьезометр 1 представляет собой стеклянную трубку с открытым в атмосферу верхним концом; нижний конец

соединяется с местом измерения давления жидкости, – например, в трубопроводе 2 (в точке А).

Избыточное давление P в точке А:

$$P = \rho g (h + h_1),$$

где h – показание пьезометра; h_1 – глубина точки А под уровнем нулевого штриха шкалы пьезометра; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; ρ – плотность жидкости.

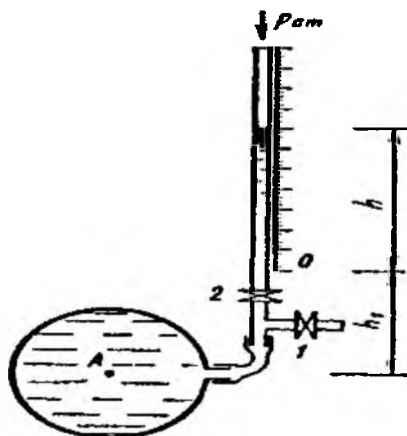


Рис. 1.4. Жидкостный прибор для измерения давления

По такому же принципу работают жидкостные манометры и вакуумметры.

2. Электрические устройства – это приборы, в которых при изменении давления изменяются электрические свойства специальных чувствительных материалов, – например, электрическое сопротивление при деформации последних.

Они используются при действии быстроменяющихся давлений жидкости. В частности, электрические приборы (тензодатчики) содержат проволочный датчик (рис. 1.5 а) из сплава с высоким электрическим сопротивлением в виде тонкой изогнутой проволоки и помещенной между двумя слоями изоляционной пленки 2.

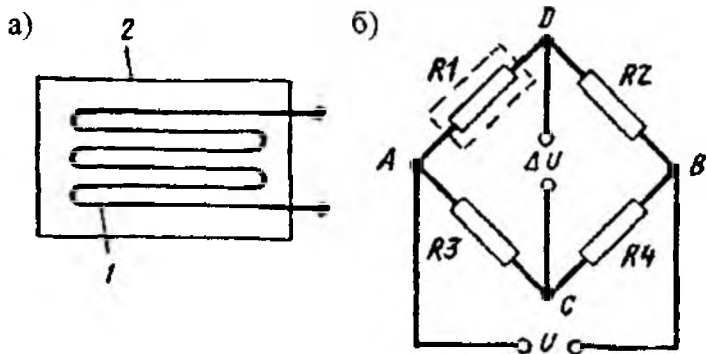


Рис.1.5. Электрическое устройство для измерения давления:

R_1, R_2, R_3, R_4 – сопротивления; U – напряжение источника тока; ΔU – напряжение разбаланса, пропорциональное давлению, подаваемому на измерительный прибор (например, осциллограф)

Для измерения давления датчик R_1 (рис. 1.5 б) наклеивают на упругий элемент, деформирующийся под действием измеряемого давления, и включают в одно из плеч моста Уитстона. Для балансировки моста сопротивление одного из плеч часто делается регулируемым.

3. Пружинные приборы – это устройства, в которых действию измеряемого давления подвергается упругий элемент (труба, мембрана, сильфон). Конструкции таких приборов – самые разнообразные. Одна из них показана на рис. 1.6.

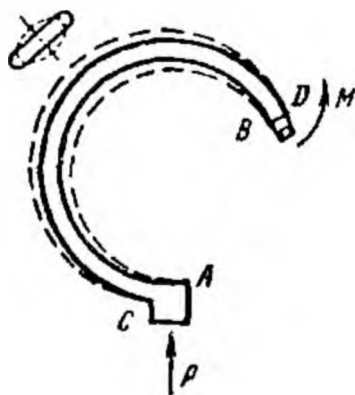


Рис.1.6. Пружинный прибор с разгибасмой трубкой

Если жидкость подается под давлением P во внутреннюю полость закрытой на конце трубки с овальным сечением, возникает момент M , разгибающий трубку. Использование такого прибора позволяет получать различные манометры и вакуумметры. Один из них показан на рис. 1.7.

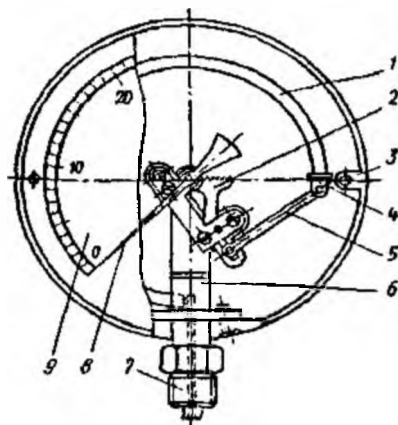


Рис.1.7. Манометр

Он содержит: упругую трубку 1; зубчатый сектор 2; корпус 3; поводок 5, соединенный с концом 4 трубки и сектором 2; держатель 6; штуцер 7; указательную стрелку 8; циферблат 9.

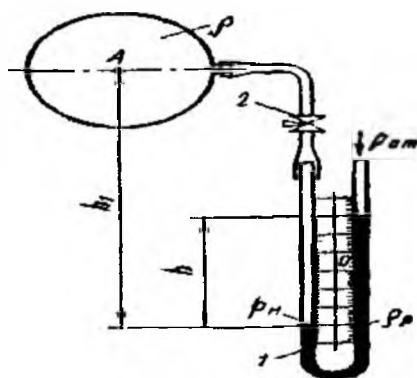


Рис.1.8. U-образный манометр

На рис. 1.8 показан U-образный манометр, представляющий собой U-образную стеклянную трубку 1, заполненную до некоторого уровня жидкостью (водой, спиртом, ртутью и др.). Один конец трубки соединен через кран 2 с местом измерения жидкости (точкой А), имеющей плотность ρ . Избыточное давление в точке А

$$P = \rho_p g h - \rho g h_1,$$

где ρ_p – плотность рабочей жидкости, которой частично заполнена трубка.

Приборы для измерения давления также могут быть грузопоршневыми и комбинированными.

1.5. Приборы для измерения скорости потока жидкости

Для измерения местных скоростей потока часто используются гидродинамические трубки (рис. 1.9) и термоэлектрические анемометры (рис. 1.10).

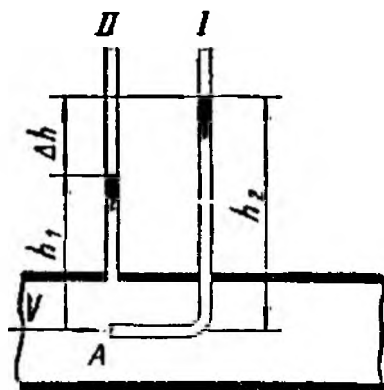


Рис. 1.9. Гидродинамическая трубка:
I – полный напор; II – статический напор

Гидродинамическая трубка – это комбинация в одном приборе трубок полного и статического напоров (рис. 1.9). Срез трубки II расположен параллельно потоку жидкости, трубки I – перпендикулярно. Скорость потока воздействует на внутреннюю полость трубки I.

Определение скорости потока V основано на измерении динамического давления $\rho V^2/2$:

$$\rho V^2/2 = P_2 - P_1,$$

где P_1 – статическое давление в потоке; P_2 – полное давление.

$$P_1 = \rho g h_1; \quad P_2 = \rho g h_2;$$

$$\rho V^2/2 = P_2 - P_1 = \rho g h_2 - \rho g h_1 = \rho g \Delta h;$$

$$V = \sqrt{2g \Delta h}.$$

Термоэлектрические анемометры (термоанометры) работают на основе использования зависимости между электрическим сопротивлением проводников и их температурой.

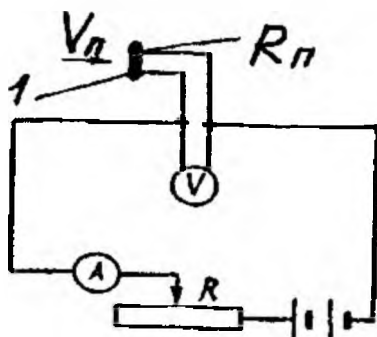


Рис. 1.10. Термоэлектрический анемометр (термоанометр)

В них имеется проволока 1 из специального металла, которая помещается в поток, обтекающий ее (рис. 1.10) со скоростью V_n . Она нагревается электрическим током. Поток, обтекающий проволоку с различными скоростями V_n , охлаждает ее по-разному, поэтому электрическое сопротивление R_n проволоки изменяется в зависимости от скорости потока, что позволяет регистрировать изменение последней приборами, – например, вольтметром V .

1.6. Приборы для измерения количества жидкости

К ним относятся мерные баки, механические счетчики. Рабочий орган в них приводится в периодическое движение жидкостью, протекающей через прибор.

1.7. Приборы для измерения расхода жидкости

Расход жидкости определяют по объему жидкости, который измеряется мерным баком или счетчиком за определенный промежуток времени, или по местным скоростям потока.

Для измерения расходов используются турбинные расходомеры с электромагнитным тахометром, ротаметры, индукционные расходомеры.

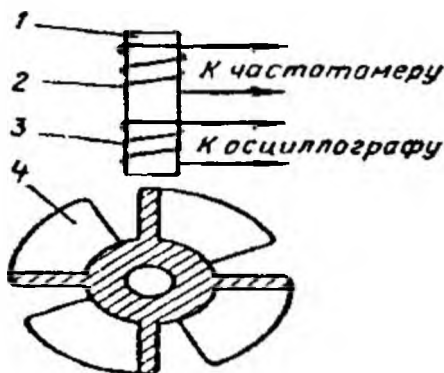


Рис. 1.11. Электромагнитный тахометр

Электромагнитный тахометр (рис. 1.11) содержит магнит 1, катушки 2 и 3, лопасти колеса 4 из проводящего материала. При вращении колеса 4 индуцируется пульсирующая ЭДС. Импульсный сигнал подается на частотомер, показания которого пропорциональны расходу потока.

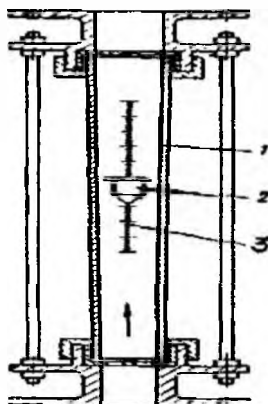


Рис. 1.12. Ротаметр

Ротаметр (рис. 1.12) имеет коническую трубку с помещенным в нее поплавком 2. Он устанавливается на вертикальном участке трубопровода. Если сила, возникающая от действия потока на поплавок, превышает его вес, он всплывает, увеличивая площадь для перетекания жидкости. Выходная величина – высота подъема поплавка, регистрируемая с помощью шкалы.

Измерение расхода может осуществляться и по перепаду статических напоров путем уменьшения сечения трубопровода с помощью специальных сужающих устройств (диафрагм, сопла, трубы Вентури). Перепад напоров обычно измеряется дифференциальными манометрами, а расход рассчитывается по соответствующим зависимостям.

1.8. Приборы для измерения температуры

К ним относятся различные термометры, реле и датчики. Широкое применение нашли термоэлектрические датчики (термопары) – устройства, состоящие из двух проводников, спаянных соответствующим образом между собой и соединенных с электрическими измерительными приборами.

1.9. Приборы для измерения частоты вращения деталей

К ним относятся специальные стрелочные приборы, тахометры, частотомеры, электромагнитные датчики – тахогенераторы; импульсные индукционные датчики, магнитные тахометры.

Тахогенераторы – это электрические машины постоянного тока с независимым возбуждением или с постоянными магнитами.

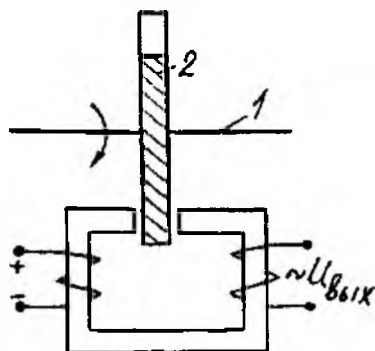


Рис. 1.13. Импульсный индукционный датчик

Импульсные индукционные датчики – приборы, работающие на основе изменения магнитной проводимости цепи постоянного магнита (рис. 1.13). При вращении детали 1 вращается закрепленный диск с зубьями 2, изменяется магнитная проводимость магнита и индуцируется ЭДС. Выходная величина – частота следования импульсов на выходной обмотке.

1.10. Приборы для измерения прилагаемых сил

К ним относятся различные динамометры, весовые устройства. Передаваемые усилия измеряются также с помощью проволочных датчиков, приведенных на рис. 1.5 а. Они наклеиваются на деталь, которая подвержена нагрузке. Схема соединения может быть аналогичной приведенной на рис. 1.5 б, только тарировка производится в зависимости от прилагаемого усилия.

1.11. Приборы для измерения перемещений

К ним относятся специальные датчики перемещений, индуктивные датчики и магнитные сопротивления.

Следует отметить, что индуктивные датчики позволяют контролировать не только перемещение, но и силу, температуру, уровень жидкости, расход и т.п.

Измерение перемещений можно производить и с помощью тензодатчиков.

1.12. Приборы для измерения крутящего момента

Момент измеряется различными способами.

Широко применяют для этого проволочные тензодатчики, показанные на рис. 1.14.

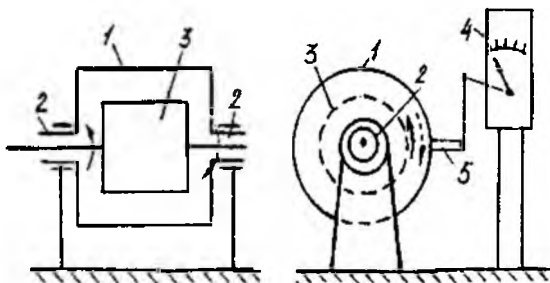


Рис. 1.14. Балансирная машина

Для измерения моментов в стендовых условиях используются балансирующие машины (рис. 1.14), состоящие из статора машины 1 (насоса, электродвигателя, гидромотора, электро- или гидромотора и т.д.), установленного на подшипниках 2. При этом момент на роторе 3 равен моменту на статоре 1. Статор стремится повернуться на своих подшипниках, однако этому вращению препятствует весовой механизм 4, связанный через рычаги 5 со статором. Поэтому весовое устройство нагружается, и с его помощью можно зафиксировать крутящий момент.

Следует отметить, что при испытаниях лопастных машин и гидродинамических передач широко используются: осциллографы, самописцы, магнитографы, усилители и т.д. Они здесь не рассматриваются, т.к. изучаются в других курсах.

Контрольные вопросы:

1. Знать измеряемые величины, которые обычно регистрируются при испытаниях лопастных машин и гидродинамических передач.
2. Приборы, используемые для измерения давления, усилия, крутящих моментов, уровня рабочей жидкости, скорости потока, количества, расхода и температуры жидкости, перемещения, частоты вращения.
3. Схема и принцип действия приборов.

Лабораторная работа № 2

КОНСТРУКЦИИ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

Цель работы

1. Изучение принципа действия и устройства лопастных насосов.
2. Определение подачи и напора центробежного насоса.

2.1. Порядок выполнения лабораторной работы

1. На одном занятии изучить приведенный в данном пособии материал по лопастным насосам.
2. На другом занятии по имеющимся в лаборатории натурным образцам лопастных насосов изучить их устройство, научиться рассчитывать подачу и напор для одного из типов насосов (на основе проведенных замеров его геометрических параметров, сведенных в таблицу, приведенную ниже).
3. Составить отчет, содержание которого указывается преподавателем.

2.2. Основные сведения о лопастных насосах

Насос – гидромашина, предназначенная для сообщения энергии жидкости.

Лопастной насос – гидромашина, преобразующая механическую энергию, полученную от двигателя, в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости на основе взаимодействия лопастей рабочего колеса насоса с обтекающим их потоком жидкости.

Центробежный насос – лопастная машина, в которой жидкость перемещается через рабочее колесо от центра его вращения к периферии (приблизительно в радиальном направлении).

Осевой насос – лопастная машина, в которой перекачиваемая жидкость движется через рабочее колесо в направлении, параллельном оси его вращения.

Диагональный насос – лопастная машина, в которой жидкость перемещается через рабочее колесо в промежуточном направлении между его радиусом и осью.

Вихревой насос – лопастная гидромашина, в которой жидкость движется по криволинейным траекториям (в кольцевых каналах), периодически попадая в межлопаточное пространство рабочего колеса, где получает приращение энергии.

Схема лопастного центробежного насоса показана на рис. 2.1.

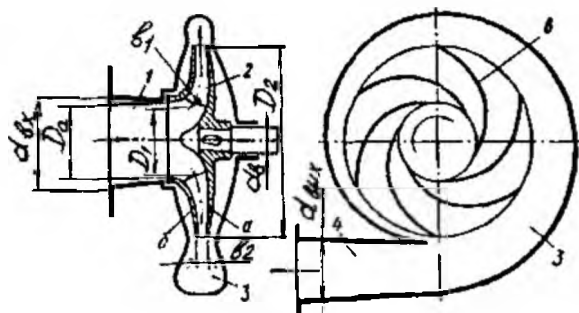


Рис. 2.1. Лопастный центробежный насос

Проточная часть насоса состоит из подвода (входа) 1, рабочего колеса 2 и спирального отвода 3. Колесо 2 передает жидкости энергию приводного двигателя. Оно состоит из ведущего диска А и ведомого диска Б, между которыми находятся лопатки В, ширина которых на входе и выходе колеса равна соответственно B_1 и B_2 . К потребителю жидкость направляется через напорный патрубок (диффузор) 4. При вращении колеса силы давления лопаток на жидкость создают вынужденное движение жидкости (вращательное и поступательное), увеличивая ее давление и скорость.

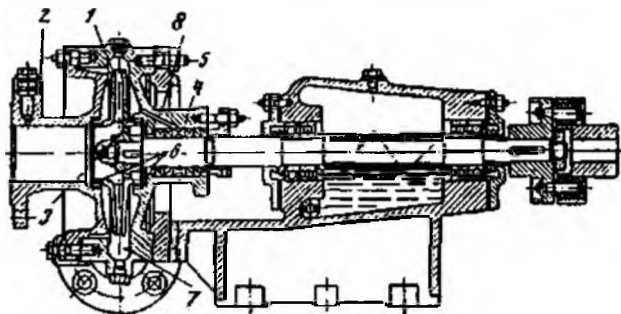


Рис. 2.2. Консольный центробежный насос

На рис. 2.2 приведена конструкция консольного центробежного насоса, содержащего рабочее колесо 1, подвод 2, разгрузочные отверстия 3 (для уменьшения осевых сил, действующих на колесо 1), гидравлический затвор 4 (для исключения подсоса воздуха), шпильки 5, симметричные уплотнения (кольца) 6, спиральный отвод 7, канал 8 для подвода жидкости к узлу 4.

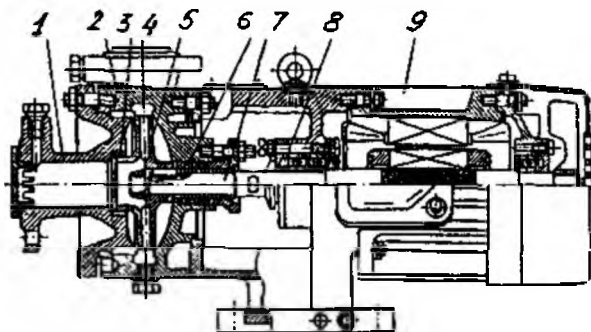


Рис. 2.3. Моноблочный насос типа КМ

На рис. 2.3 приведен моноблочный насос типа КМ, в котором насос и электродвигатель имеют общий корпус. Он содержит вход 1, корпус 2, уплотнительное кольцо 3, колесо 5, уплотнительный узел 6, отвод 4, приводной вал 7, подшипник электродвигателя 8 и электродвигатель 9.

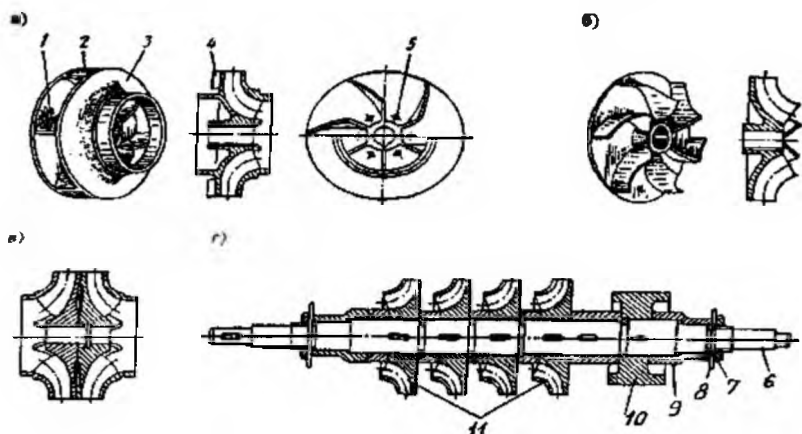


Рис. 2.4. Рабочее колесо и ротор центробежного насоса:
а – закрытое колесо; *б* – открытое колесо; *в* – колесо с двухсторонним входом;
г – ротор многоступенчатого насоса; 1 – лопасть; 2 – задний основной диск;
 3 – передний (покрывающий) диск; 4 – радиальный импеллер; 5 – разгрузочное
 отверстие; 6 – вал; 7 – шлицевая гайка; 8 – маслоотражательное кольцо;
 9 – распорная и защитная втулка; 10 – барабан гидравлической разгрузки;
 11 – блок рабочих колес

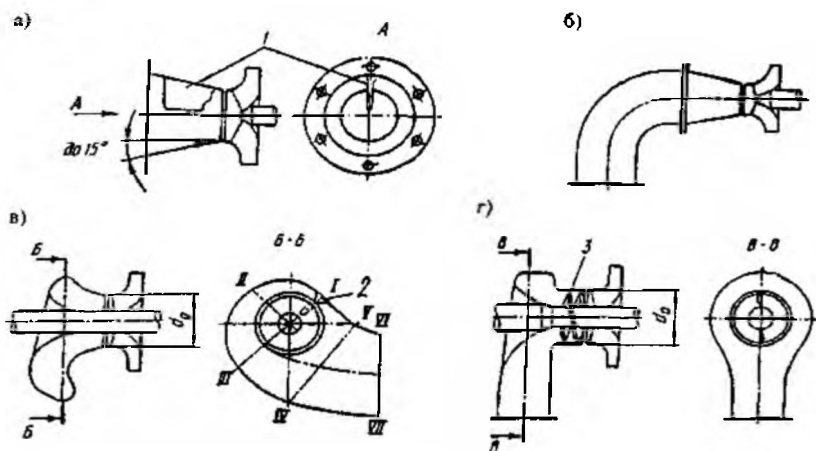


Рис. 2.5. Схемы подводных устройств центробежных насосов:
а – осевой конусный подвод; *б* – боковой коленообразный подвод; *в* – боковой полу-
 спиральный подвод; *г* – боковой кольцевой подвод; 1 – ребро стабилизации потока; 2 –
 ребро; 3 – предвключенное шнековое колесо; I – II – III – IV – спиральная часть подвода;
 V – VI – VII – VIII – подводный патрубок

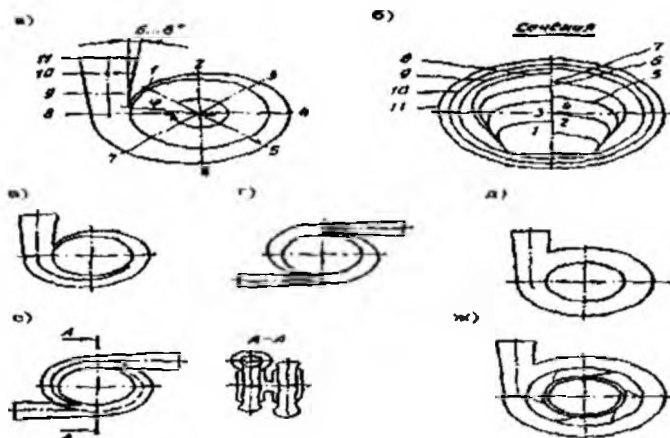


Рис.2.6. Схемы отводящих устройств центробежных насосов:
 а – спиральный отвод; б – сечения спирального отвода; в – полуспиральный однопоточный отвод; г – двухпоточный отвод; д – кольцевой отвод; е – двухвитковый отвод;
 ж – отвод с направляющим аппаратом (комбинированный)

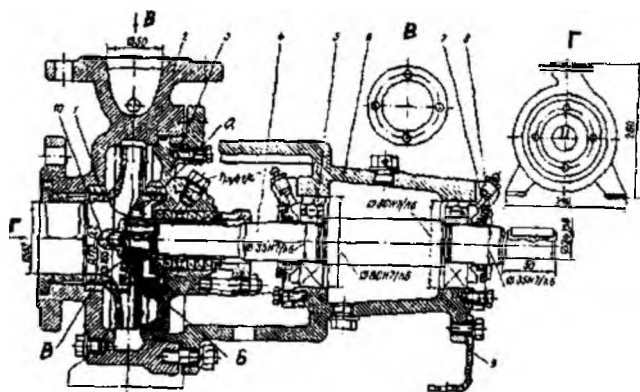


Рис.2.7. Насос центробежный типа К (консольный):
 1 – колесо; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – вал; 5 – подшипник; 6 – опорный кронштейн;
 7 – штуцер; 8 – маслосбрасывающее кольцо; 9 – опорная стойка; 10 – обтекатель

На рис. 2.4 показаны типы рабочих колес центробежных насосов, а на рис. 2.5 и рис. 2.6 – соответственно схемы подводящих и отводящих устройств таких насосов.

Консольный центробежный насос типа К приведен на рис. 2.7, а на рис. 2.8 – типа ЭЦГ.

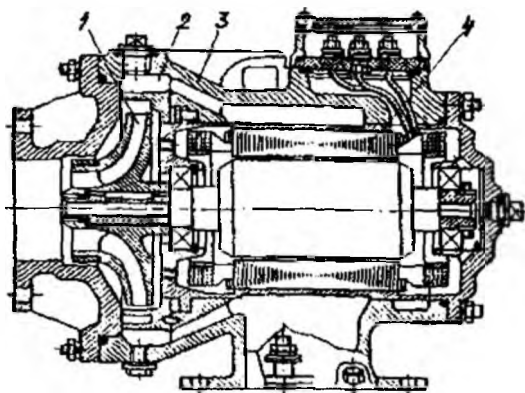


Рис.2.8. Электронасос герметичный типа ЭЦТ:

1 – рабочее колесо; 2 – лопаточный отвод; 3 – корпус; 4 – электродвигатель

В приведенных выше конструкциях возникает осевая сила на лопатном колесе из-за различия эпюр давлений P_n и P_n на правую II и левую I поверхности колеса (см. рис. 2.9, эпюры давлений 1 и 2).

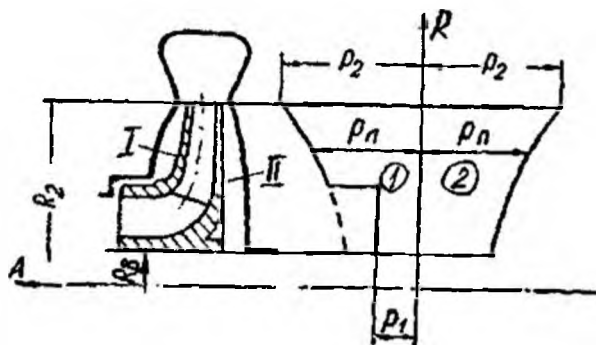


Рис.2.9. Эпюра давлений на лопатное колесо

Чтобы снизить осевые усилия, действующие на колеса насосов, применяют различные устройства:

- 1) разгрузочные отверстия А (рис. 2.7);
- 2) симметричные уплотнения Б и В (рис. 2.7);
- 3) гидравлическую пяту (рис. 2.10);
- 4) колеса с симметричными двухсторонними входами (рис. 2.4 в и 2.11);
- 5) радиальные импеллеры (рис. 2.4 а) и др.

Один из осевых насосов показан на рис. 2.11. Выправляющий аппарат способствует направлению жидкости по траекториям, параллельным валу 8, что снижает потери напора.

Чтобы увеличить кавитационный запас насоса (исключить возможность возникновения кавитации), иногда перед входом в рабочее колесо устанавливается дополнительное шнековое колесо 3 (см. рис. 2.5 г).

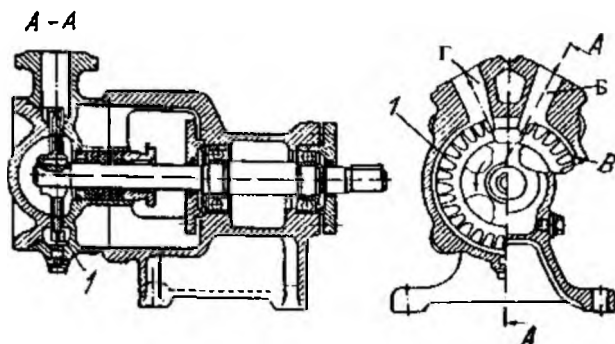


Рис. 2.12. Вихревой насос

На рис. 2.12 показан вихревой насос, предназначенный для перекачки керосина. Рабочее колесо имеет выфрезерованные на обоих торцах радиальные лопатки 1. В таких насосах жидкость многократно попадает на лопатки колеса и выбрасывается из последнего, что позволяет получить большой напор. Однако соединение всасывающего Г и напорного Б отверстий с боковыми каналами В значительно ухудшает самовсасывающую способность таких насосов.

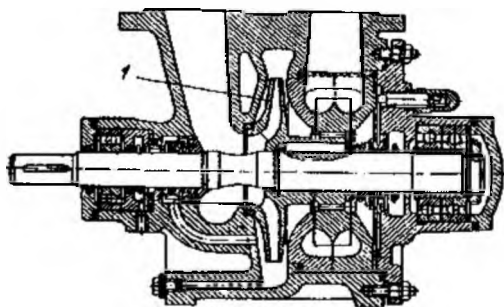


Рис. 2.13. Центробежно-вихревой насос

В качестве первой ступени применяют центробежное рабочее колесо (рис. 2.13). Такие насосы называются центробежно-вихревыми.

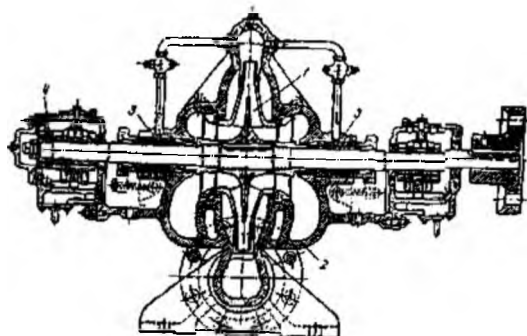


Рис. 2.14. Одноступенчатый насос двухстороннего всасывания

Одноступенчатый насос (рис. 2.14) с двухсторонним входом (всасыванием) увеличивает подачу жидкости. Конструкция колеса 1 позволяет исключить осевую силу, действующую на него. В корпусе 2 установлены два уплотнительных узла, имеющих гидравлические затворы 3. Фиксация приводного вала осуществляется радиально-упорными подшипниками 4.

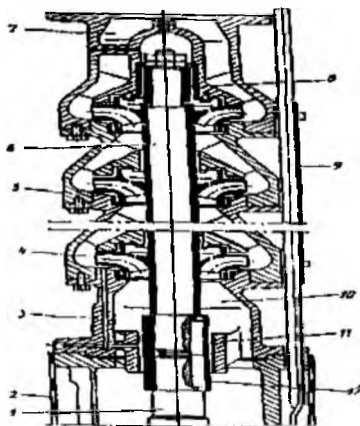


Рис. 2.15. Центробежный многоступенчатый скважинный погружной насос типа АП (агрегат погружной): 1 – вал электродвигателя; 2 – сетчатый фильтр; 3 – канал системы смазывания подшипника, 4 – рабочее колесо первой ступени; 5 – секция корпуса насоса; 6 – вал насоса; 7 – отвод; 8 – верхний подшипник; 9 – электрокабель; 10 – подвод первой ступени ротора; 11 – нижняя подшипниковая опора; 12 – жесткая соединительная муфта

Для увеличения напора используются многоступенчатые насосы (рис. 2.15). Ротор таких насосов имеет несколько рабочих колес (рис. 2.4 г, 2.15), установленных жестко на приводном валу. Перекачиваемая жидкость проходит все ступени ротора последовательно, что позволяет увеличивать напор пропорционально числу ступеней (числу рабочих колес). Такие насосы имеют большие осевые силы на валу (роторе), что часто требует установки гидравлической пяты (см. рис. 2.10).

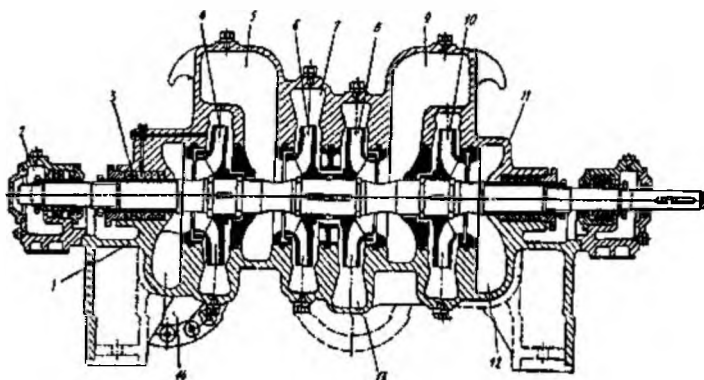


Рис. 2.16. Центробежный четырехступенчатый спиральный насос:

1 – нижняя часть корпуса (основание); 2 – подшипниковая опора; 3 – наружное уплотнение с гидрозатвором; 4 – рабочее колесо первой ступени; 5 – отвод первой ступени и подвод второй ступени; 6 – рабочее колесо второй ступени; 7 – отвод второй ступени; 8 – рабочее колесо четвертой ступени; 9 – подвод четвертой и отвод третьей ступеней; 10 – рабочее колесо третьей ступени; 11 – верхняя часть (крышка корпуса); 12 – подвод третьей ступени; 13 – отвод четвертой ступени; 14 – всасывающий патрубок

На рис. 2.16 показан насос со спиральными каналами. В насосе отсутствует осевая сила из-за напорно-встречного потока жидкости, но он имеет большие габариты и вес. Спиральные каналы увеличивают гидropотери. Напор повышается числом ступеней.

Для снижения радиальных усилий, действующих на рабочее колесо насоса, можно использовать в последнем два отвода (см. рис. 2.6 г).

После проведения замеров геометрических параметров рабочего колеса какого-нибудь насоса, задавшись частотой вращения n , можно рассчитать с определенной точностью подачу и напор насоса.

Результаты замеров и расчетов сводятся в табл. 2.1.

D_0 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_0 , мм	B_1 , мм	B_2 , мм	Z	n_s , об./мин	H , м	Q_s , м ³ /с

2.3. Формулы для расчета

Коэффициент быстроходности

$$n_s = \frac{(14,3 \cdot 10^2 \cdot B_2)^{3/4}}{D_2^{3/4}},$$

где B_2 – ширина лопатки на выходе колеса, м;

D_2 – диаметр колеса на выходе потока, м.

Коэффициент скорости при выходе потока из колеса

$$k_{U_2} = C_{U_2} / U_2 = 1,87 n_s^{-0,28},$$

где C_{U_2} – проекция абсолютной скорости на окружную (переносную) скорость U_2 ,

$$U_2 = \frac{\pi n D_2}{60},$$

где n – частота вращения колеса, об./мин.

Теоретический напор насоса

$$H_T = k_{U_2} U_2^2 / g.$$

Гидравлический КПД насоса

$$\eta_{\Gamma} = 0,83 \dots 0,9.$$

Действительный напор, м,

$$H = \eta_{\Gamma} H_T.$$

Подача насоса, м³/с,

$$Q = \frac{n^2 H^{3/2}}{(3,65n)^2},$$

где n – частота вращения колеса, об./мин.

Контрольные вопросы

1. Знать классификацию лопастных насосов и их схемы.
2. Знать принцип действия, конструкцию и назначение лопастных насосов.
3. Уметь определять напор и подачу лопастного насоса по результатам замеров геометрических параметров рабочего колеса.

Лабораторная работа № 3

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ

Цель работы

Изучение схем и конструкций гидротурбин.

3.1. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить по методическому пособию схемы и конструкции лопастных турбин.
2. Изучить по лабораторным макетам конструкцию лопастных турбин.
3. Составить отчет по лабораторной работе, включив в него краткое описание и схемы основных типов гидротурбин.

3.2. Общие сведения о лопастных гидротурбинах

Гидротурбина – гидромашина, преобразующая энергию движущейся жидкости в механическую энергию вращения вала, от которого приводятся во вращение механизмы (например, ротор генератора электрического тока).

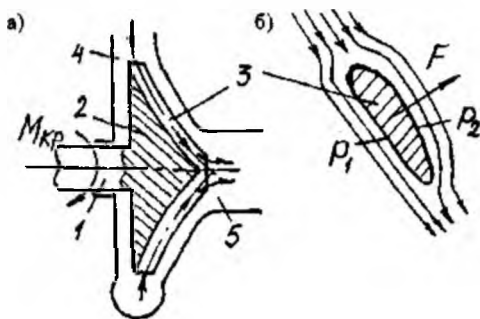


Рис. 3.1. Лопастная гидротурбина

На рис. 3.1 а показана схема одной из лопастных гидротурбин. Поток жидкости поступает в подвод (вход) 4 и проходит через лопастную систему турбины 2, обтекая лопатки 3 и вытекая через выход 5. Профиль и кривизна лопаток 3 (рис. 3.1 б) выполнены так, что этот поток обтекает лопатку с двух сторон по большому и малому пути. Там, где путь длиннее, скорость жидкости больше и давление на лопатку 3 меньше, а где путь короче, скорость жидкости меньше и давление на лопатку больше. Таким образом, возникает разность давлений P_1 и P_2 , действующих на лопатки, а следовательно, образуется сила F , действующая на каком-либо из плеч относительно оси вращения турбины, т.е. механический момент $M_{кр}$ на ее валу 1.

Гидротурбины можно разделить на два класса (рис. 3.2):

1. **Активные** (ковшовые).
2. **Реактивные** (осевые, диагональные, радиально-осевые).

Применение того или другого класса турбин связано с напором жидкости (см. рис. 3.2).

Основные схемы гидротурбин показаны на рис. 3.3.

Ковшовая гидротурбина (турбины Пельтона, рис. 3.3 а) состоит из: рабочего колеса 3, вращающегося в воздухе, с лопатками ковшового типа 5; направляющего аппарата 6, в который входит сопло с регулирующей иглой и диффлектор для отсечения или отклонения струи; корпуса рабочей камеры 2 с крышкой 4; отводящей камеры 1.

Диагональная гидротурбина (турбина В.С. Квятковского, рис. 3.3 б) содержит рабочее колесо 3 с лопатками 11, посаженное на вал 8; спиральную камеру (подвод) 7; статор 9; направляющий аппарат 10; отвод (выход) 12. В такой турбине колесо затоплено в потоке жидкости.

Принцип действия – такой же, как турбины, описанной выше (см. рис. 3.1).

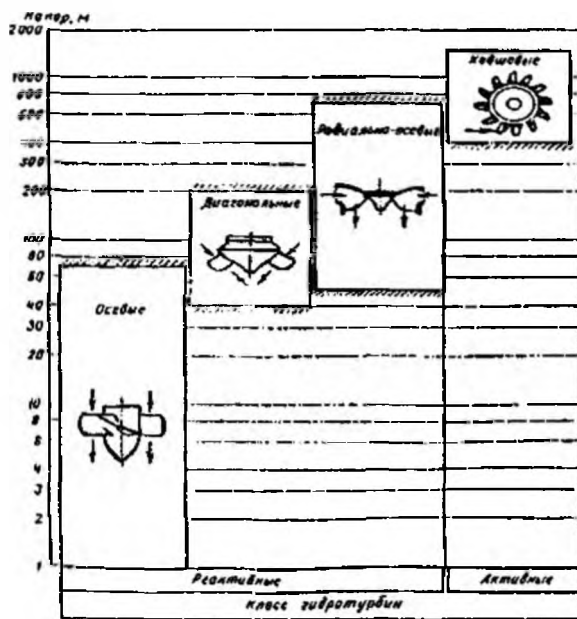


Рис. 3.2. Классификация турбин

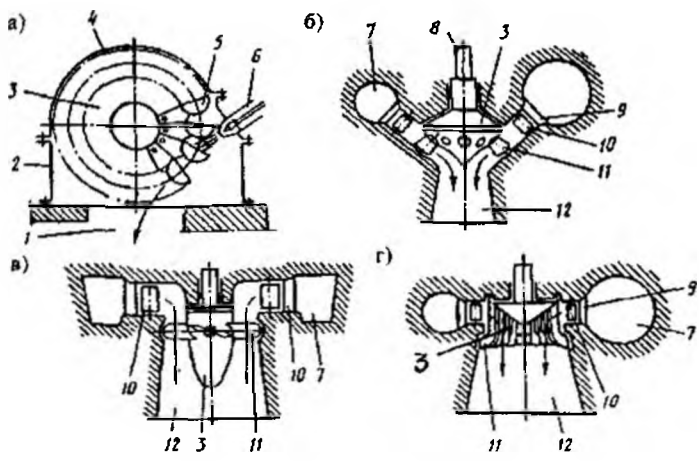


Рис.3.3. Основные схемы гидротурбин

Осевая гидротурбина (турбина Каплана, рис. 3.3 в) содержит: рабочее колесо 3 с лопатками 11; подвод 7; направляющий аппарат 10; отвод 12. Колесо 3 затоплено в потоке жидкости.

Радиально-осевая гидротурбина (турбина Френсиса, рис. 3.3 г) содержит рабочее колесо 3 с лопатками 11, подвод 7, отвод 12, направляющий аппарат 10, статор 9. Его колесо также затоплено в потоке жидкости. Принцип действия таких турбин аналогичен описанному выше (см. рис. 3.1).

На рис. 3.4 и 3.5 показаны осевые поворотные-лопастные турбины. Турбина (см. рис. 3.5) содержит рабочее колесо 1 с лопастями, крышку турбины 2, вал 3 и гидрогенератор 4.

Диагональная турбина Зейской ГЭС (рис. 3.6) содержит лопасти 1 рабочего колеса, укрепленные с помощью цапф 2 в конусообразной втулке 3 под углом 45° к оси вращения колеса. На каждой цапфе имеется рычаг 4, через шаровой шарнир соединенный с тягой 5, перемещаемой поршнем сервомотора 6, что приводит к одновременному повороту всех лопастей на один и тот же угол.

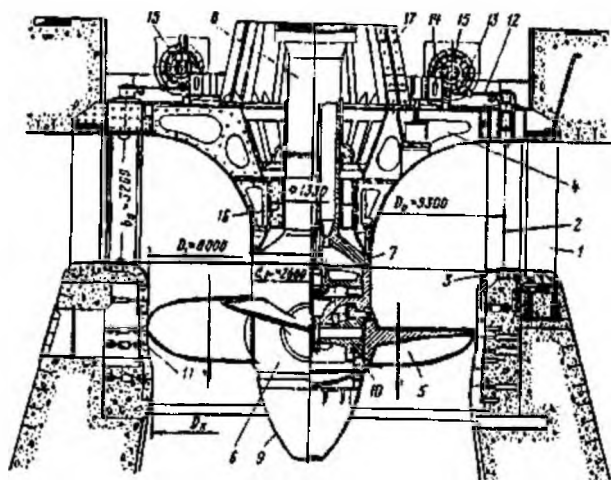


Рис.3.4. Осевая поворотная-лопастная турбина, установленная на Кременчугской ГЭС: 1 – колонны статора; 2 – направляющие лопатки; 3 – нижнее кольцо; 4 – крышка турбины; 5 – лопасти рабочего колеса; 6 – втулка; 7 – фланец вала; 8 – вал; 9 – обтекатель рабочего колеса; 10 – камера рабочего колеса; 11 – выдвижной сегмент; 12 – рычаг направляющей лопатки; 13 – серья; 14 – регулирующее кольцо; 15 – сервомоторы; 16 – подшипник; 17 – опорная конструкция подпятника генератора

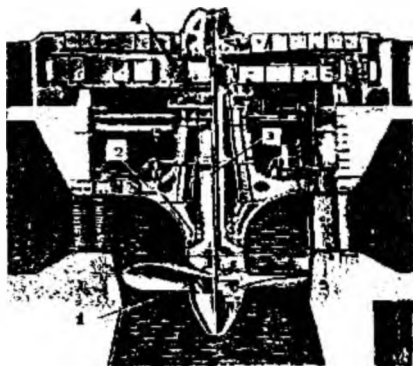


Рис.3.5. Осевая поворотно-лопастная турбина

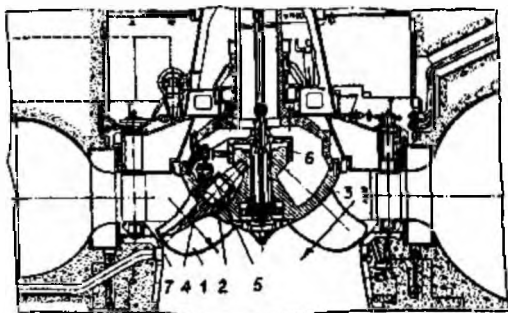


Рис.3.6. Диагональная поворотно-лопастная турбина

Радиально-осевая турбина (рис. 3.7) имеет вал 1, рабочее колесо 2 с лопатками 3, подвод 4, отвод 5, лабиринтные уплотнения 6.

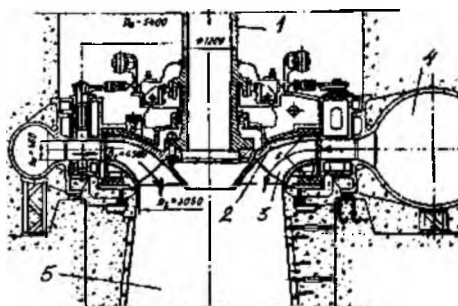


Рис.3.7. Радиально-осевая турбина Ингурской ГЭС

В ряде случаев применяются горизонтальные капсульные агрегаты (рис. 3.8). Последние выполнены в виде капсулы, омываемой потоком жидкости

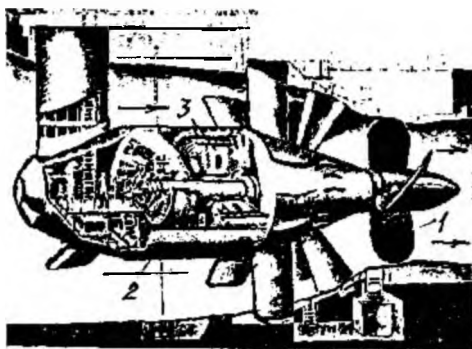


Рис.3.8. Горизонтальный капсульный гидроагрегат:
1 – рабочее колесо турбины; 2 – стальная капсула; 3 – гидрогенератор

На рис. 3.9 показан разрез по втулке рабочего колеса турбины. Крепление лопастей 2 в корпусе втулки 1 осуществляется с помощью цапф фланцем 3 на подшипниках скольжения 4 и 5. Рычаги 6 лопастей 2 с серьгами 9 посредством шарниров соединены с поршнем 7. Масло подводится в полость под поршнем 7 по трубе 10 или над поршнем по трубе 11. Такое соединение деталей обеспечивает одинаковый поворот лопастей.

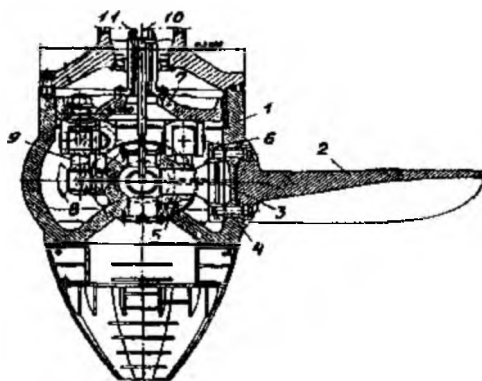


Рис.3.9. Механизм поворота лопастей рабочего колеса турбины Саратовской ГЭС

Схема свободнотруйной ковшовой (активной) турбины представлена на рис. 3.10. Основными элементами ее являются: сопло 1; подвод 2; рабочее колесо 3, посаженное на вал 4; лопатки (ковши) 5, содержащие ножи 6. Для устранения удара о струю при вращении колеса в лопасти 5 предусматривается специальная прорезь 7. Регулирование потока жидкости в сопле 1 осуществляется с помощью иглы 8. Нож 6 делит струю на две равные части, каждая из которых обтекает на криволинейную поверхность. Изменяется направление потока, возникает момент на колесе. Такая форма ковша снижает гидравлические потери.

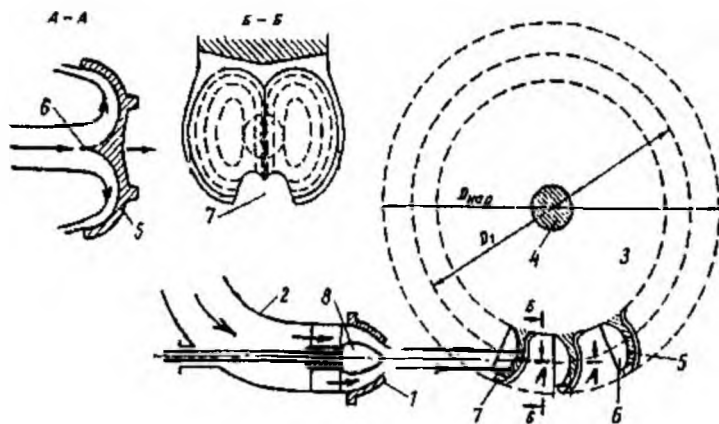


Рис.3.10. Схема ковшовой турбины

По положению вала все ковшовые турбины делятся на две группы: горизонтальные и вертикальные. Виды подвода жидкости к таким турбинам показаны на рис. 3.11.

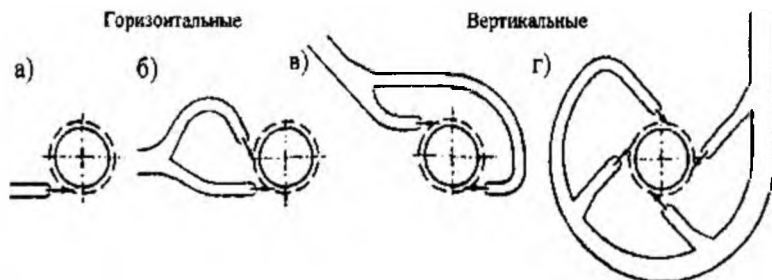


Рис.3.11. Виды подвода жидкости к горизонтальным и вертикальным турбинам

На рис. 3.12 показан общий вид рабочего колеса ковшовой турбины.



Рис.3.12. Рабочее колесо ковшовой турбины

На рис. 3.13 представлена установка шестисопловой ковшовой турбины на ГЭС Сестримо (Болгария), изготовленной на Украине. Сопла обозначены позицией 1, рабочее колесо с лопатками – соответственно 2 и 3.

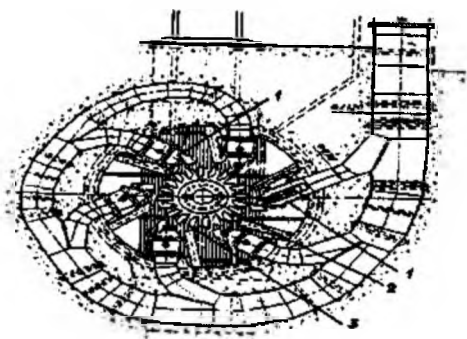


Рис.3.13. Шестисопловая ковшовая турбина на ГЭС Сестримо (Болгария)

Контрольные вопросы

1. Назначение, применение и принцип действия гидротурбин.
2. Классификация и конструктивные особенности лопастных гидротурбин.

Лабораторная работа № 4

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Цель работы

1. Изучение методики проведения параметрических испытаний центробежного насоса.
2. Проведение испытаний.
3. Построение характеристик насоса.

4.1. Описание лабораторной установки

Принципиальная схема такой установки представлена на рис. 4.1.

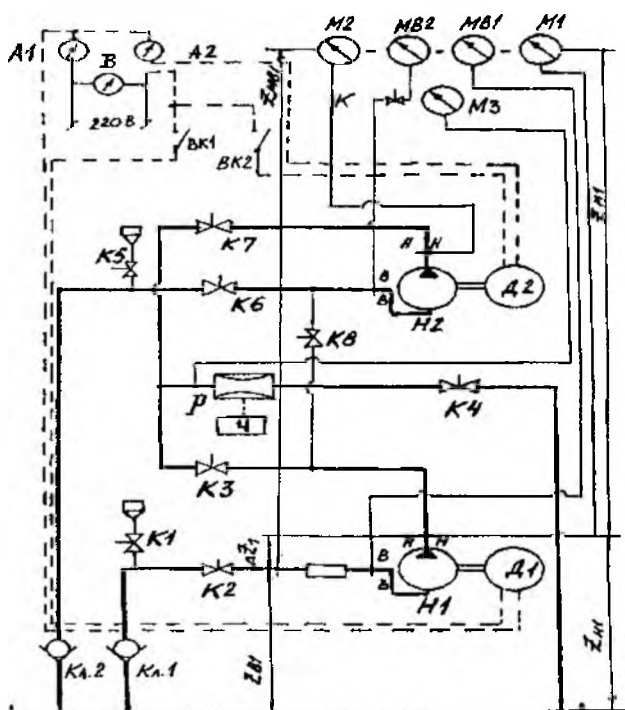


Рис. 4.1. Принципиальная схема лабораторной установки

На стенде смонтировано два исследуемых центробежных насоса Н1 и Н2 (типа НБЦ 1,5/2,0 “Кама-5”). В процессе исследований можно испытывать любой из этих насосов, т.к. они включены в гидросистему так, что образуется два отдельных гидравлических контура. Первый контур: бак – обратный клапан Кл.1 – кран К2 – насос Н1 – кран К3 – расходомер Р – кран К4 – бак; второй контур: бак – обратный клапан Кл.2 – кран К6 – насос Н2 – кран К7 – расходомер Р – кран К4 – бак. Расходомер соединен с частотомером Ч.

Рабочая жидкость – вода. Насосы приводятся во вращение электродвигателями Д1 и Д2. Напряжение электросети – 220 В. Включение двигателей производится с помощью выключателей ВК1 и ВК2. Контроль за напряжением и величиной тока осуществляется с помощью вольтметра В и амперметров А1 и А2.

Бак расположен ниже насосов Н1 и Н2. Заполнение всасывающих контуров насосов осуществляется через специально установленные воронки и краны К1 и К5. Давления в напорных магистралях контролируются с помощью манометров М1 – М3, во всасывающих – с помощью мановакуумметров МВ1 и МВ2. Отключение мановакуумметра МВ2 осуществляется с помощью крана (дресселя) К.

4.2. Основные теоретические положения

Под рабочими характеристиками насоса понимаются зависимости напора H , потребляемой (N) и полезной ($N_{\text{п}}$) мощностей и КПД η от подачи Q при постоянной частоте вращения вала насоса ($\omega = \text{const}$).

Напор насоса (в м) – это удельная энергия, приобретенная единицей веса жидкости, прошедшей через насос, и израсходованная на преодоление статической (или геометрической) высоты подъема жидкости $H_{\text{ст}}$ (H_r) и сопротивлений движению жидкости во всасывающем и напорном трубопроводах, а также на создание необходимого напора у потребителя.

Допустим, производятся испытания насоса Н1. Согласно уравнению Бернулли, напор насоса равен разности значений полного напора жидкости непосредственно за насосом (сечение Н–Н) и перед ним (сечение В–В):

$$H = \left(Z_{H1} + \frac{P_{H1}}{\rho g} + \frac{V_{H1}^2}{2g} \right) - \left(Z_{B1} + \frac{P_{B1}}{\rho g} + \frac{V_{B1}^2}{2g} \right) = \quad (4.1)$$

$$= Z_{H1} - Z_{B1} + \frac{P_{H1} - P_{B1}}{\rho g} + \frac{V_{H1}^2 - V_{B1}^2}{2g},$$

где Z_{H1} и Z_{B1} – высоты (ординаты) размещения точек подключения манометра М1 и мановакуумметра МВ1;

P_{H1} и P_{B1} – давления в сечениях Н–Н и В–В гидролиний насоса Н1;

V_{H1} и V_{B1} – скорости жидкости в сечениях Н–Н и В–В;

ρ – плотность жидкости (для воды $\rho = 10^{-3}$ кг/м³).

Если диаметры напорной и всасывающей магистралей одинаковы, можно записать:

$$H = Z_{H1} - Z_{B1} + \frac{P_{H1} - P_{B1}}{\rho g} = \Delta Z_1 + \frac{P_{H1}^2 - P_{B1}^2}{\rho g}. \quad (4.2)$$

Давления P_{H1} и P_{B1} измеряются соответственно манометром М1 и мановакуумметром МВ1.

$$P_{H1} = P_a + P_{M1} + \rho g Z_{M1}; \quad (4.3)$$

$$P_{B1} = P_a \pm P_{MB1} + \rho g Z_{MB1}, \quad (4.4)$$

где Z_{M1} и Z_{MB1} – соответственно высоты положений манометра и мановакуумметра по отношению к сечениям Н–Н и В–В;

P_a – атмосферное давление.

В формуле (4.4) P_{MB1} берется со знаком “+”, если мановакуумметр показывает избыточное давление, и со знаком “-”, если мановакуумметр показывает разрежение.

В формулах (4.3) и (4.4) предполагается, что трубки этих приборов полностью заполнены жидкостью.

Из выражений (4.3) и (4.4) можно записать:

$$\frac{P_{H1} - P_{B1}}{\rho g} = \frac{P_{M1} - P_{MB1}}{\rho g} + (Z_{M1} - Z_{MB1}). \quad (4.5)$$

Подставляя выражение (4.5) в уравнение (4.2), получим расчетную формулу напора насоса

$$H = \frac{P_{M1} - P_{MB1}}{\rho g} + (Z_{M1} - Z_{MB1}) + \Delta Z_l.$$

Подача Q насоса — это количество жидкости в м³/с, подаваемое им в единицу времени. Она измеряется на практике различными типами расходомеров, например, турбинным расходомером P , подключенным к частотомеру $Ч$. С помощью частотомера регистрируется частота f в Гц.

Подача

$$Q = a + bf,$$

где a и b — коэффициенты, полученные после тарировки турбинного расходомера (принимаются по его паспортным данным, при отсутствии паспорта указываются преподавателем).

Потребляемая насосом мощность N , кВт:

$$N = IU\eta_s/1000,$$

где I , U — соответственно сила тока и напряжение в электросети электродвигателя;

η_s — КПД электродвигателя (указывается на его корпусе или оговаривается преподавателем).

Полезная мощность, кВт,

$$N_{\Pi} = \rho g Q H / 1000.$$

КПД насоса

$$\eta = \frac{N_{\Pi}}{N} \cdot 100\%.$$

4.3. Порядок проведения испытаний

1. Подготовить к работе один из двух контуров стенда. Перекрыть краны К8 и К7 и открыв краны К2, К3 и К4, включить рабочий контур насоса Н1. Перекрыть краны К3, К8 и открыв краны К6, К7, К4, включить рабочий контур насоса Н2.

2. Заполнить впускные патрубки насосов. Для этого открыть краны К1 и К5 и через воронки залить рабочую жидкость. При этом следует приоткрыть пробки в корпусах насосов Н1 и Н2 для выпуска воздуха из гидромагистралей.

3. При испытании насоса Н1 включается его рабочий контур.

4. В начале испытаний насоса кран К4 необходимо закрыть, чтобы пусковой момент был минимальным, т.к. при подаче $Q = 0$ насос потребляет минимальную мощность.

5. Выключателем ВК1 включить в работу электродвигатель Д1, выключателем ВК2 – электродвигатель Д2; включить частотомер Ч.

6. Снять показания вольтметра, амперметра, манометров, вакуумметров и частотомера при $Q = 0$ и записать в табл. 4.1.

7. Приоткрыть кран К4, чтобы установилась небольшая подача Q насоса, снять показания приборов и записать в табл. 4.1.

8. Еще несколько раз приоткрыть кран К4, записывая показания приборов (процесс повторять до полного открытия крана К4, т.е. до получения Q_{max}).

9. Закрыть кран К4. Выключить электродвигатель и контрольно-измерительную аппаратуру (частотомер).

10. После заполнения таблицы исходными данными определить Q, H, N, N_p, η . Расчетные величины записать в табл. 4.1.

Таблица 4.1

№ п п	f , Гц	$P_{н1}$, МПа	$P_{мв1}$, МПа	U , В	I , А	$Z_{н1}$, М	$Z_{мв1}$, М	ΔZ , М	Q , м ³ /с	H , м	N , кВт	N_p , кВт	η
1													
2													
...													

11. По данным табл. 4.1 построить характеристики насоса:
 $H = f_1(Q)$; $N_n = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$.

12. В отчет по работе включить схему стенда или схему контура с испытуемым насосом, основные определения и расчетные формулы, а также полученные характеристики насоса.

Контрольные вопросы

1. Знать принцип действия стенда и методику проведения испытаний.

2. Знать расчетные формулы и порядок расчета характеристик насоса.

Лабораторная работа № 5

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МУФТЫ

Цель работы

Изучение принципа действия и устройства различных типов гидродинамических муфт (ГДМ).

5.1. Порядок выполнения работы

1. На первом этапе изучить основные положения, схемы и чертежи ГДМ, приведенные в данном методическом пособии.

2. На втором этапе изучить конструкции ГДМ и их узлов по имеющимся макетам и образцам.

3. Составить отчет по лабораторной работе, в котором привести основные определения и схемы ГДМ (схемы указываются преподавателем).

5.2. Основные положения и принцип действия ГДМ

Гидродинамическая муфта – это передача, обеспечивающая гибкое соединение и передачу мощности с ведущего на ведомый вал при взаимодействии жидкости с лопастями без изменения крутящего момента.

Вначале подобная передача энергии осуществлялась по упрощенной схеме (рис. 5.1). Двигатель M приводил во вращение с частотой ω_d рабочее колесо P центробежного насоса. Жидкость из трубопровода 1 подавалась в нагнетательную магистраль 2, затем поступала в турбину T и возвращалась в трубопровод 1. Турбина приводила во вращение с частотой ω_T винт E . В такой передаче имеются значительные потери в трубопроводах 1 и 2, диффузорах насоса и турбине D_1^1 из-за трения и вихреобразования жидкости. Передача имела значительные габариты и вес.

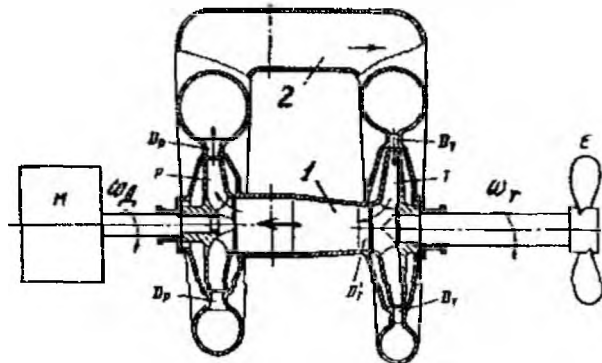


Рис.5.1. Схема гидродинамической передачи мощности в ее первоначальном исполнении:

M – приводной двигатель; P – центробежный насос; T – турбина; 1, 2 – соединительные трубопроводы; D_p – диффузор насоса; D_T – диффузор турбины; E – пропеллер (или винт в случае корабельной передачи)

С целью устранения этих недостатков немецкий инженер Г. Феттингер предложил объединить в одном корпусе насос и турбину, что позволило получить ГДМ и гидродинамический трансформатор, который рассмотрен в лабораторной работе № 6.

Гидродинамическая муфта состоит из двух основных элементов: насосного H и турбинного T лопастных колес. Некоторые схемы ГДМ показаны на рис. 5.2, а конструкция их колес – на рис. 5.3, 5.4.

Колеса ГДМ могут быть без внутреннего тора (рис. 5.2 а, в) или с внутренним тором 1 (рис. 5.2 б). На рис. 5.3 (позиции 1 и 2), 5.4 показаны конструкции лопастных колес ГДМ с внутренним тором, на рис. 5.3 (позиция 3) – без него. Межлопаточный канал 4 в колесе образуется лопатками 2 и 3, внутренним 1 и внешним 5 торами (рис. 5.5).

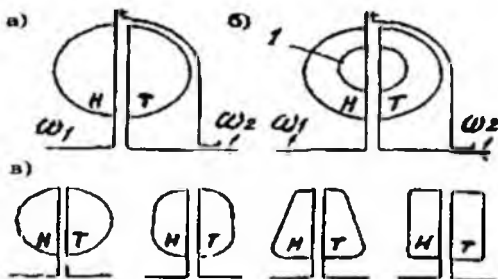


Рис.5.2. Гидромуфты:
a – без тора; *б* – с тором; *в* – формы меридионального сечения

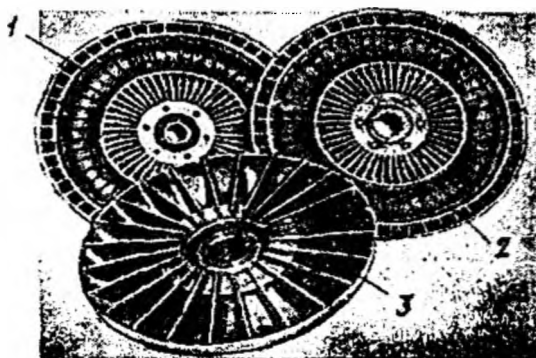


Рис.5.3. Рабочие колеса гидромуфт

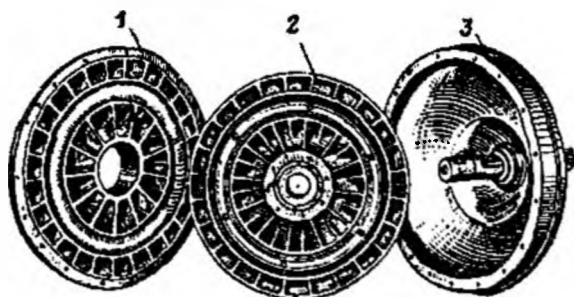


Рис.5.4. Рабочие колеса гидродинамической муфты:
1 – турбинное колесо; *2* – насосное колесо; *3* – полукорпус

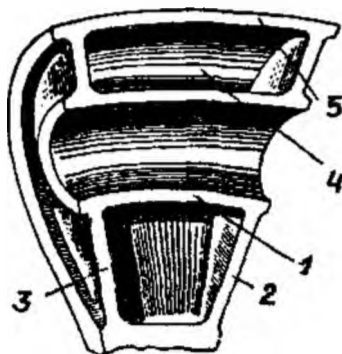


Рис.5.5. Межлопаточный канал

Колеса ГДМ могут иметь различную форму меридионального сечения (рис. 5.2).

Рассмотрим принцип действия ГДМ.

Насосное колесо Н, вращаясь от приводного двигателя, передает энергию последней жидкости, заполняющей ГДМ, т.е. сообщает жидкости запас кинетической энергии и энергии давления. Эта жидкость обтекает лопасти турбины Т, где происходит упомянутый выше переход энергии в механическую работу на ведомом валу, что вызывает вращение последнего.

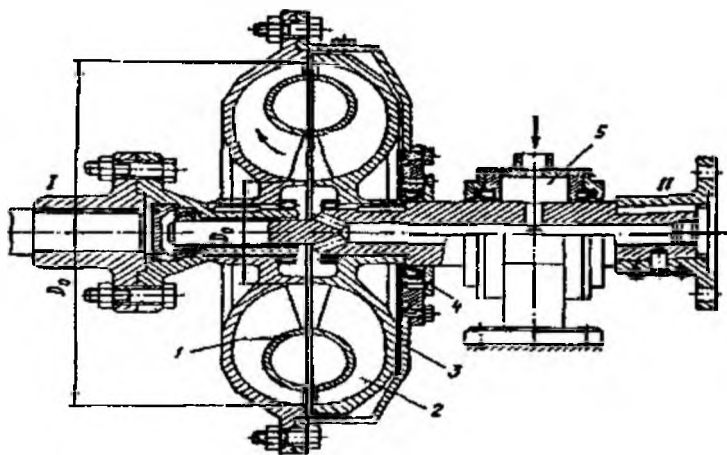


Рис.5.6. конструкция ГДМ с внутренним тором

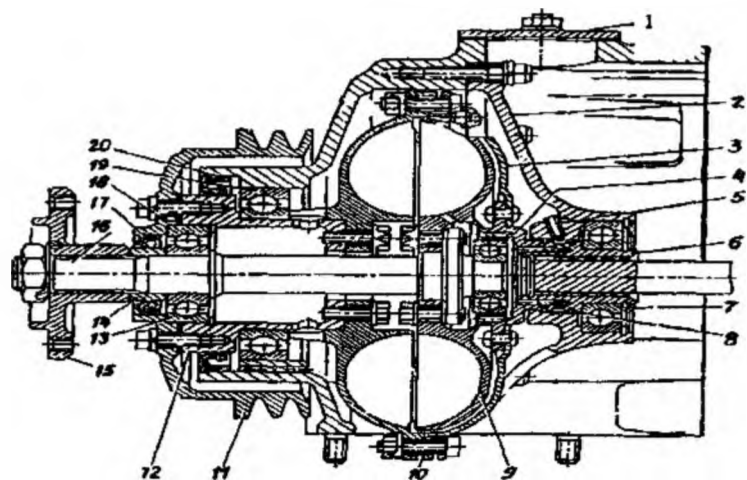


Рис. 5.7. Гидромуфта привода вентилятора: (без внутреннего тора):

1 – передняя крышка; 2 – корпус подшипника; 3 – кожух; 4, 7, 13, 19 – шарикоподшипники; 5 – трубка корпуса подшипника; 6 – ведущий вал; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – ведомое колесо; 10 – ведущее колесо; 11 – шкив; 12 – вал шкива; 14 – упорная втулка; 15 – ступица вентилятора; 16 – ведомый вал; 17 и 20 – манжеты с пружинами; 18 – прокладки

На рис. 5.6, 5.7 показаны соответственно конструкции ГДМ с внутренним тором и без него. ГДМ (рис. 5.6) содержит насосное колесо 1, турбину 2, кожух 3, уплотнение 4, узел подвода жидкости 5. Через D_2 обозначен активный диаметр ГДМ (максимальный диаметр проточной части гидромуфты).

ГДМ (см. рис. 5.7) предназначена для привода во вращение вентилятора двигателя автомобиля КамАЗ после достижения определенной величины температуры жидкости и заполнения ею рабочей полости ГДМ.

При установившихся режимах крутящие моменты насоса N и турбины T ГДМ приблизительно равны

$$M_N \approx M_T;$$

$$M_1 \approx M_2.$$

При остановке ведомого вала ($\omega_2 = 0$) возникает большой стоповый момент.

Передаточное отношение ГДМ

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

где ω_1 и ω_2 – соответственно частоты вращения ведущего и ведомого колес.

Скольжение

$$S = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \cdot 100\%.$$

КПД ГДМ

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2 \omega_2}{M_1 \omega_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = i,$$

где N_1 и N_2 – соответственно мощности на ведомом и ведущем колесе.

Коэффициент трансформации ГДМ

$$K = M_T / M_H = M_2 / M_1.$$

ГДМ может в ряде случаев частично заполняться рабочей жидкостью. В таком случае возможны различные формы потока в прочной части ГДМ без внутреннего тора (рис. 5.8).

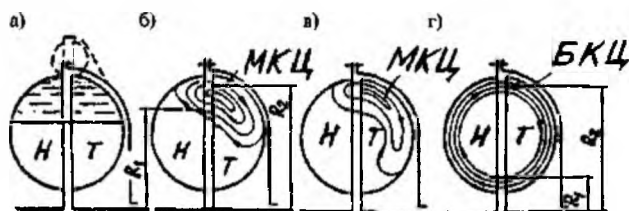


Рис. 5.8. Расположение жидкости в прочной части гидромuffты при частичном заполнении в зависимости от режима работы: а – $S = 0$; б – $S \approx 5 \dots 10\%$; в – $S \approx 30 \dots 35\%$; г – $S > 40 \dots 45\%$

При малых нагрузках на ведомом валу (турбине) жидкость движется по малому кругу циркуляции (МКЦ), а при больших нагрузках и больших скольжениях S – по большому кругу циркуляции (БКЦ). Так как при больших нагрузках турбины частота вращения последней уменьшается, то и центробежные силы, действующие на жидкость в турбине, уменьшаются, поэтому жидкость может перемещаться вдоль внутренней поверхности внешнего тора колес ГДМ. Радиус R_1 входа жидкости в насос значительно уменьшится, следовательно, согласно уравнению

$$M = \rho Q (C_{ин1} R_2 - C_{ин2} R_1),$$

возрастет момент M . Это вызывает в ряде случаев колебательные процессы и вибрацию ГДМ.

В некоторых случаях, чтобы исключить перепад потока жидкости из МКЦ, на БКЦ устанавливают порог 6 (см. рис. 5.9).

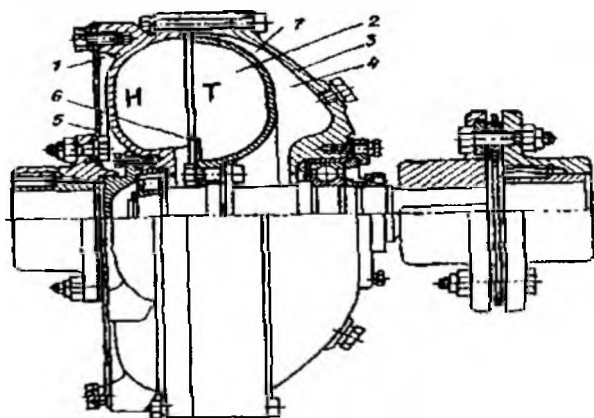


Рис. 5.9. Тяговая гидромуфта типа Вулкан-Синклер (Англия):

1 – насосное колесо; 2 – турбинное колесо; 3 – кожух; 4 – дополнительный объем; 5 – упругая диафрагма; 6 – порог

На рис. 5.9 показана ГДМ со статическим самоопорожнением, предназначенная для передачи крутящего момента с ограничением по его максимальной величине. Такие муфты часто называют ограничивающими.

ГДМ содержит: насос 1, турбину 2, кожух 3, порог 6, упругую диафрагму 5, предназначенную для лучшей установки ведомой и ведущей частей. Дополнительная камера 4 предназначена для слива в нее жидкости из рабочей полости (круга циркуляции) через канал 7 при увеличении скольжения S , что способствует уменьшению передаваемого крутящего момента ГДМ. При уменьшении S давление в полости 4 увеличивается, и жидкость перетекает в рабочую полость.

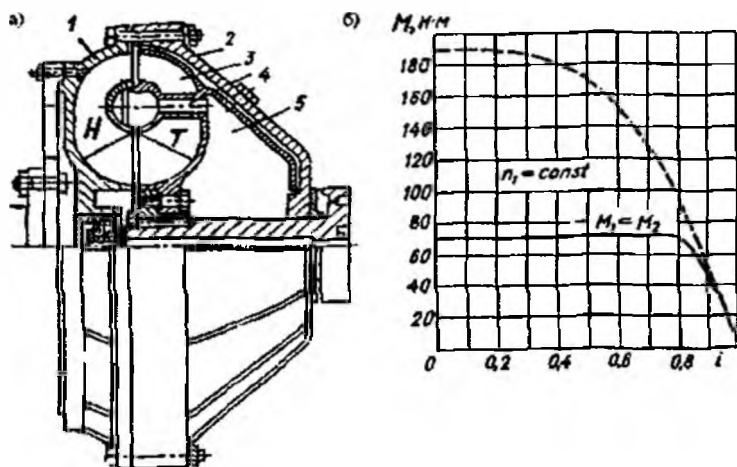


Рис.5.10. Тяговая гидромуфта Фойт-Синклер (Англия) (а) и ее внешняя характеристика (б):
 1 – насосное колесо; 2 – вращающийся кожух; 3 – турбинное колесо; 4 – каналы;
 5 – дополнительный объем

Характеристика такой ГДМ схожа с характеристикой, приведенной на рис. 5.10 б.

Несколько другая конструкция ГДМ показана на рис. 5.10 а. Она содержит насос 1, кожух 2, турбину 3, отверстия 4, дополнительную камеру 5. Принцип действия такой ГДМ аналогичен описанному выше. При увеличении ω_2 (снижении S) жидкость через отверстия 4 и внутренний тор поступает в рабочую полость ГДМ.

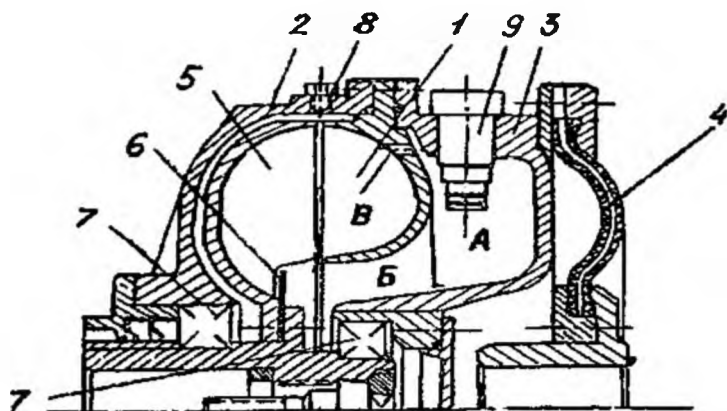


Рис. 5.11. ГДМ с динамическим самоопорожнением

На рис. 5.11 показана ГДМ с динамическим самоопорожнением. Передача момента происходит с ограничением его максимальной величины. Она состоит из насоса 1, кожухов 2 и 3, гибкой диафрагмы 4, турбинного колеса 5, порога 6, подшипников 7, пробки 8, предохранителя 9 с легкоплавким элементом. Между наружной полостью насоса и кожухом 3 имеется дополнительная камера *A*, которая соединена через полость *B* с рабочей полостью (кругом циркуляции). В периферийной части имеются жиклерные отверстия *B*.

При увеличении нагрузки на ведомом валу возрастает скольжение S (ω_2 падает), и часть жидкости сбрасывается с полости турбины в камеру *A*. Поэтому количество жидкости в рабочей полости ГДМ снижается, и передаваемый крутящий момент уменьшается. При значительной перегрузке ГДМ под действием высокой температуры предохранитель 9 срабатывает, и через специальное устройство, соединенное с предохранителем, разрывается электроцепь двигателя.

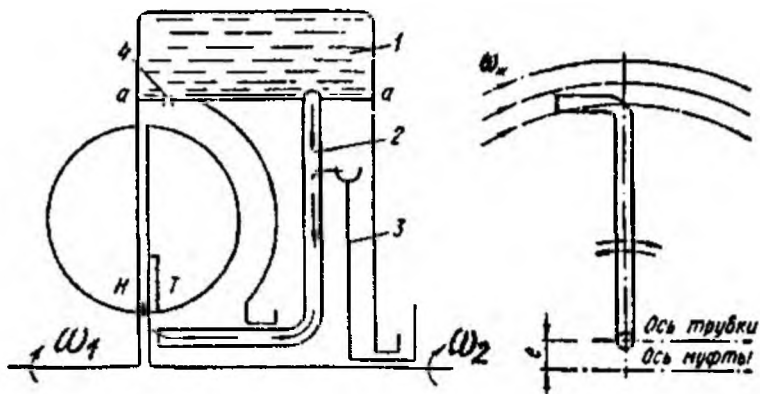


Рис.5.12. Гидромуфта с поворотной черпательной трубкой и вращающимся резервуаром:
 1 – вращающийся резервуар; 2 – поворотная черпательная трубка; 3 – рычаг управления;
 4 – жиклер

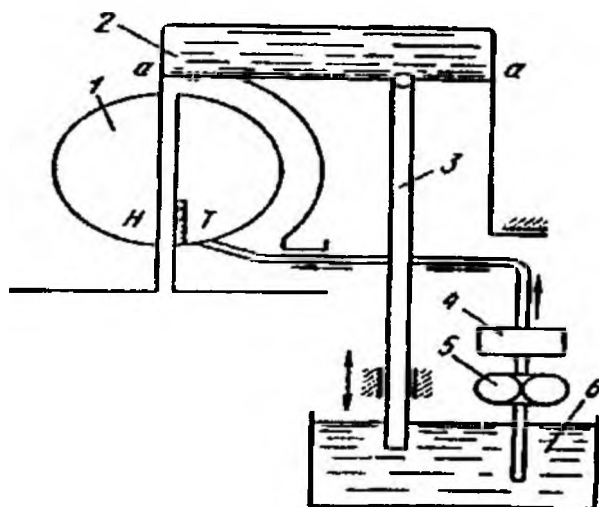


Рис.5.13. Гидромуфта со скользящей черпательной трубкой и вращающимся резервуаром:
 1 – рабочая полость; 2 – вращающийся резервуар; 3 – скользящая черпательная трубка;
 4 – теплообменник; 5 – подпиточный насос; 6 – бак

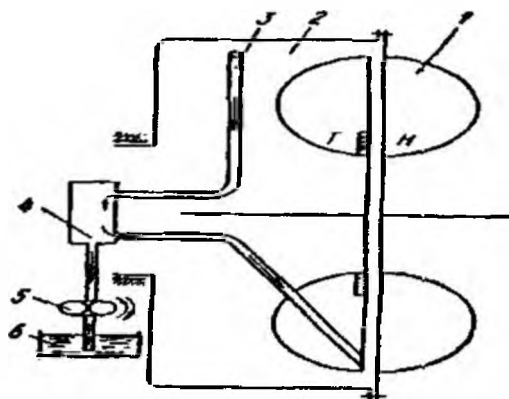


Рис. 5.14. Гидромуфта с неподвижной черпательной трубкой:

1 – рабочая полость; 2 – дополнительная камера; 3 – неподвижная черпательная трубка;
4 – коллектор; 5 – подпиточный насос; 6 – бак

На рис. 5.12 ... 5.14 показаны ГДМ с объемным регулированием с помощью черпательной (черпаковой) трубки. С ее помощью регулируется количество жидкости в круге циркуляции ГДМ, а следовательно, изменяются параметры муфты.

Имеются также ГДМ с механическим регулированием. Изменение параметров таких муфт осуществляется с помощью наклона, перемещения лопастей колес, изменения геометрии круга циркуляции и других способов.

Контрольные вопросы

1. Знать назначение, применение, принцип действия, схемы и конструкции различных типов ГДМ.
2. Знать назначение элементов ГДМ (порога, дополнительных камер и т.д.).

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Цель работы

Изучение принципа действия, схем и конструкций гидродинамических трансформаторов (ГДТ).

Порядок выполнения работы

1. На первом этапе изучить схемы и чертежи ГДТ, приведенные в данном учебном пособии.
2. На втором этапе изучить конструкции ГДТ и их узлы по имеющимся макетным образцам.
3. Составить отчет по лабораторной работе, в котором привести основные определения и схемы ГДТ (схемы указываются преподавателем).

6.1. Основные положения и принцип действия ГДТ

Гидродинамический трансформатор – это устройство, обеспечивающее гибкое соединение валов и передачу мощности с ведущего вала на ведомый с преобразованием крутящего момента и изменением частоты вращения ведомого вала по сравнению с частотой ведущего.

На рис. 6.1 приведены принципиальные схемы гидродинамической передачи в двух вариантах. В одной схеме колеса насоса и турбины расположены в разных корпусах, в другой – размещены в одном корпусе. Второй вариант впервые был предложен немецким инженером Г. Феттингером (в 1902 г.) и называется гидродинамическим трансформатором.

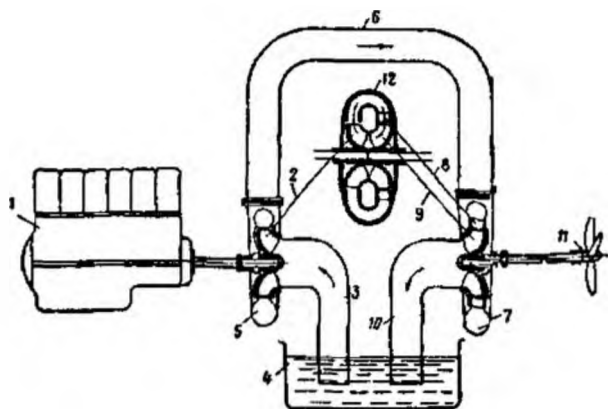


Рис. 6.1. Принципиальная схема гидродинамической передачи:

1 – двигатель; 2 – рабочее колесо центробежного насоса; 3 – всасывающая труба насоса; 4 – сборный бак; 5 – спиральная камера насоса; 6 – соединительный трубопровод; 7 – спиральная камера турбины; 8 – направляющий аппарат; 9 – рабочее колесо гидравлической турбины; 10 – отсасывающая труба гидравлической турбины; 11 – гребной винт; 12 – принципиальная схема гидродинамической передачи

ГДТ отличается от гидромуфт наличием еще одного типа рабочих колес (реактора). Благодаря реактору Р в ГДТ происходит изменение крутящего момента M_2 на ведомом валу (турбине) по отношению к моменту на ведущем валу (насосе) вследствие изменения нагрузки на турбине.

Классификация ГДТ:

1. По направлению вращения валов насоса Н и турбины Т:

1) прямого хода (первого класса), когда реактор Р расположен перед Н (см. рис. 6.2 а, б, в, г), а Н и Т вращаются в одну и ту же сторону;

2) обратного хода (второго класса), когда Р расположен перед Т (см. рис. 6.2 д, е, ж), а Н и Т вращаются в разные стороны;

3) реверсивные, когда в круг циркуляции включается один из двух реакторов (Р1 или Р2), имеющих различные профили лопаток (Л1 и Л2), что позволяет Н и Т вращаться в одну и ту же или в разные стороны (см. рис. 6.3).

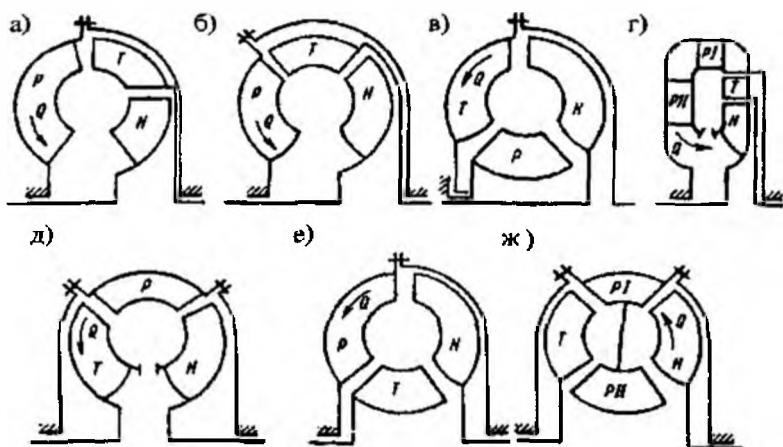


Рис.6.2. Схемы одноступенчатых ГДТ

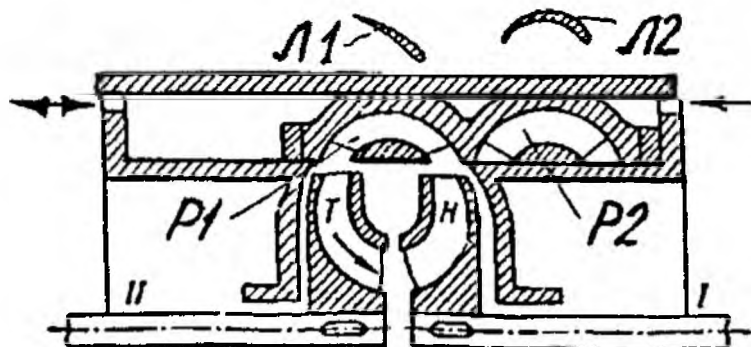


Рис.6.3. Схемы реверсивного гидротрансформатора

2. По числу турбин в одной рабочей полости:

- 1) одноступенчатые (рис. 6.2), имеющие одну ступень турбинного колеса;
- 2) многоступенчатые (рис. 6.4);
- 3) с поворотными лопатками насоса (рис. 6.5).

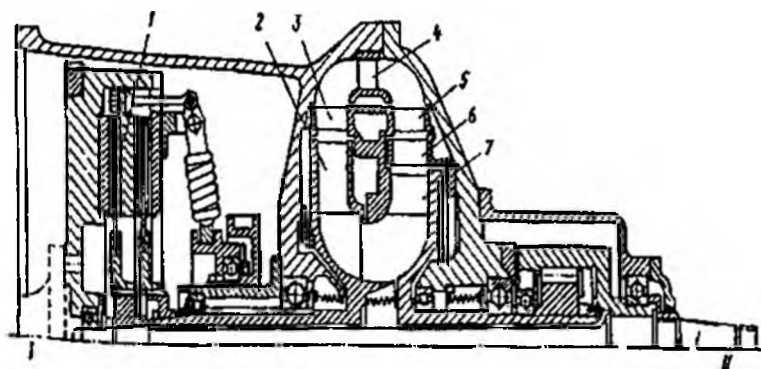


Рис. 6.4. Многоступенчатый гидротрансформатор:

I – ведущий вал; *II* – ведомый вал; 1 – фрикцион; 2 – насос; 3 – турбина первой ступени; 4 – направляющий аппарат первой ступени; 5 – турбина второй ступени; 6 – направляющий аппарат второй ступени; 7 – турбина третьей ступени

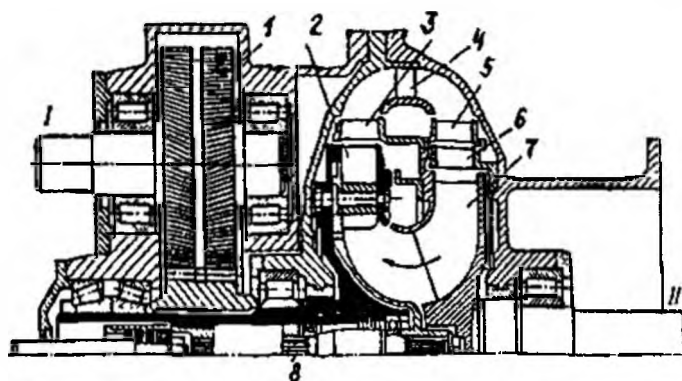


Рис. 6.5. Многоступенчатая гидропередача с поворотными лопастями насоса:
I – ведущий вал; *II* – ведомый вал; 1 – шестеренчатая передача; 2 – поворотные лопасти насоса; 3 – ступени турбины; 4 – ступени направляющего аппарата; 5 – турбина второй ступени; 6 – направляющий аппарат второй ступени; 7 – турбина третьей ступени; 8 – механизм поворота лопастей

Различные схемы многоступенчатых ГДТ приведены на рис. 6.6.

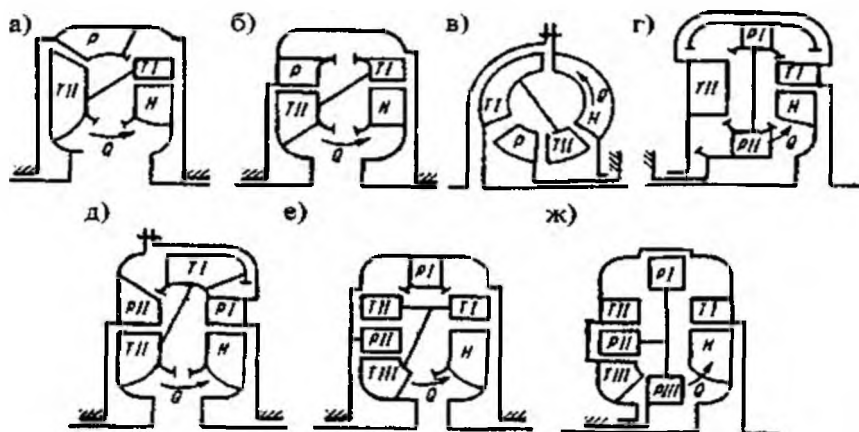


Рис.6.6. Схема многоступенчатых ГДТ

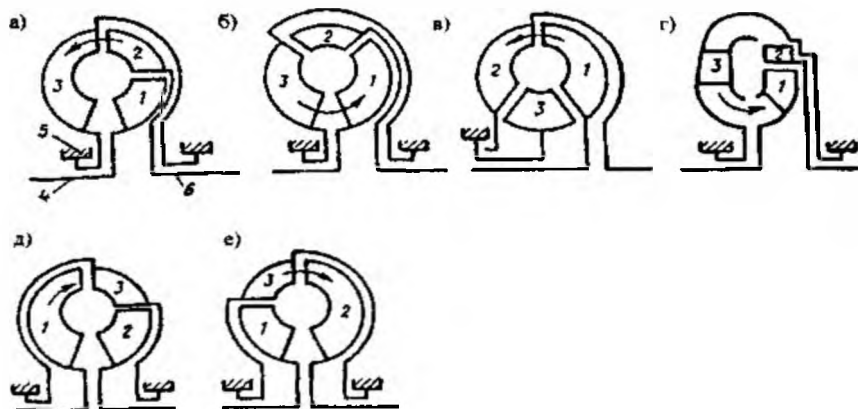


Рис.6.7. Схемы расположения колес в рабочей полости
одноступенчатых гидротрансформаторов:

а, в, е – первого класса (а, е – с центробежной турбиной – Кудрявцева, МВТУ, ТГМ-1, «Фойт», «Феттингер», «Твин-диско», «Дивабус»; б – с осевой турбиной – ТРО-375, ПТ2-300 «Трилюк»; в – с центростремительной турбиной – «Волга», «Чайка», «Форд», «Уайт»);
д, е – второго класса («Фойт», «Феттингер»); 1 – насос; 2 – турбина; 3 – реактор;
4 – ведущий вал; 5 – корпус; 6 – ведомый вал

3. По размещению колес в ГДТ (по типу турбины):

1) с центробежной турбиной (рис. 6.7 а, г), в которой поток жидкости – центробежный;

2) с осевой турбиной (рис. 6.7 б), в которой поток жидкости имеет осевое направление;

3) с центростремительной турбиной (рис. 6.7 в, д, е), в которой поток жидкости – центростремительный.

4. По числу рабочих полостей в ГДТ:

1) одноциркуляционные (рис. 6.2 ... 6.7);

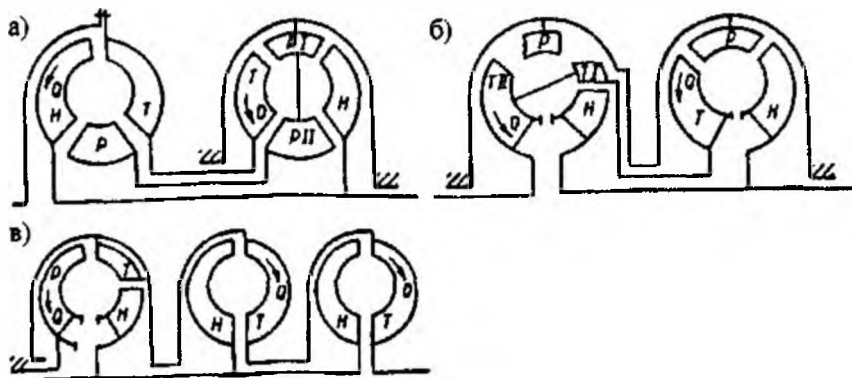


Рис.6.8. Многоциркуляционные ГДТ

2) многоциркуляционные (рис. 6.8), содержащие два или три круга циркуляции, поочередно заполняемые рабочей жидкостью, что позволяет получать реверсирование, изменение скоростей и т.д.

5. По числу реакторов:

1) двухреакторные (рис. 6.9);

2) однореакторные (рис. 6.10).

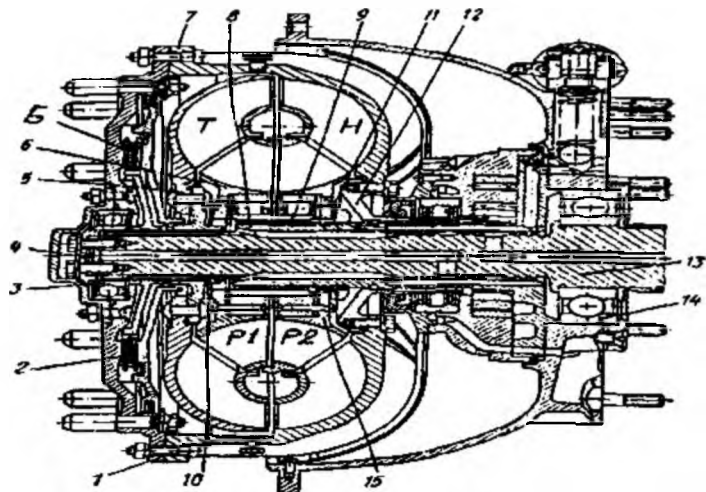


Рис.6.9. Гидротрансформатор ЛГ-340 (четырёхколёсный):

- 1 – крышка гидротрансформатора; 2 – сцепление; 3, 14 – шарикоподшипники; 4 – заглушка; 5 – турбина; 6 – первое колесо реактора; 7 – насос; 8 – неподвижный вал реактора; 9 – неподвижная втулка; 10, 11 – бронзовые шайбы; 12 – ступица насоса; 13 – вал турбины; 15 – второе колесо реактора

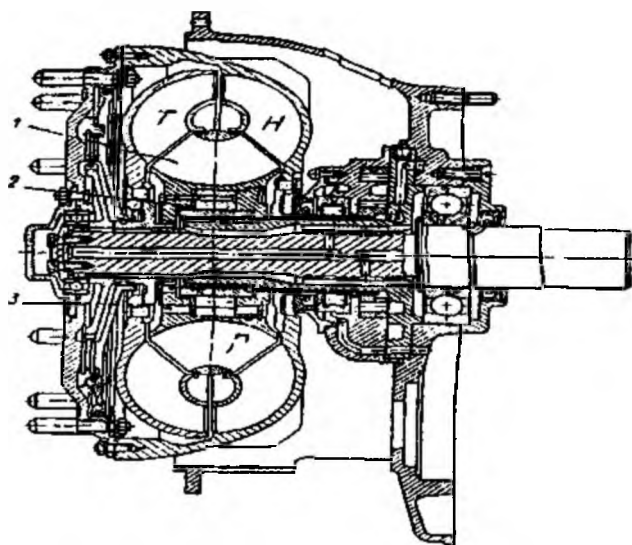


Рис.6.10. Гидротрансформатор ЛГ-340 (трехколёсный):

- 1 – колесо реактора; 2,3 – бронзовые шайбы

7. По наличию блокирующего механизма:

- 1) неблокируемые, – например, представленный на рис. 6.11;
- 2) блокируемые (рис. 6.9), имеющие блокирующий механизм, – например, блокировочные фрикционы Б, с помощью которых Н и Т могут вращаться как единое целое звено.

8. По диапазону регулирования:

- 1) нерегулируемые, – например, представленные на рис. 6.9, 6.10;
- 2) регулируемые – например, с изменением характеристик путем поворота лопаток (рис. 6.5) или каким-либо другим способом.

6.2. Принцип действия ГДТ

Принцип действия гидродинамического гидротрансформатора можно пояснить на примере ГДТ, схема которого показана на рис. 6.14, а развертки лопаток его колес – на рис. 6.15.

Насосное колесо Н приводится во вращение от вала двигателя. При движении лопаток Н имеет место их силовое воздействие на жидкость. Энергия двигателя преобразуется в кинетическую (увеличение скорости жидкости) и потенциальную (повышение давления). Затем жидкость поступает в турбину Т, где она обтекает лопатки Т и вызывает вращение последней, т.е. энергия жидкости преобразуется в механическую энергию (вращение выходного вала Т).

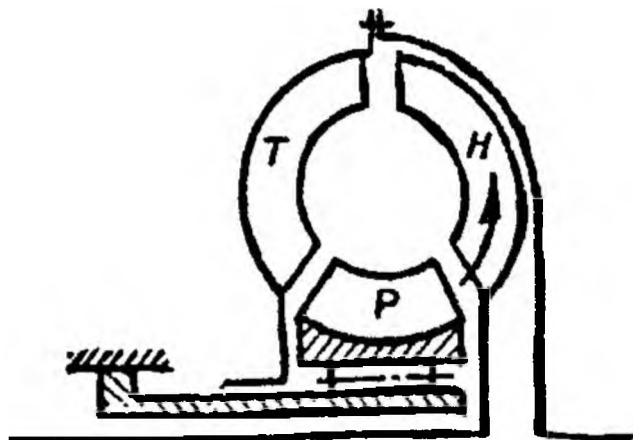


Рис.6.14. Схема комплексной гидропередачи

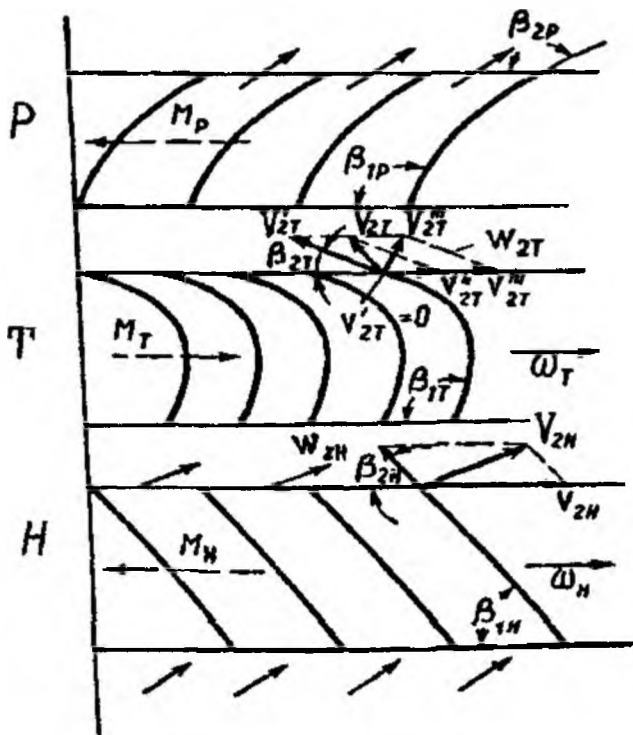


Рис. 6.15. Развертки лопаток

В зависимости от приложенной к турбине Т внешней нагрузки окружная скорость турбины может быть разной (v'_{2T} , v''_{2T} , $v'''_{2T} = 0$), относительную скорость w_2 жидкости можно принять приблизительно одинаковой. Следовательно, векторы абсолютной скорости V'_{2T} , V''_{2T} , V'''_{2T} при изменении нагрузки будут иметь различные направления.

Если ГДТ работает в режиме гидротрансформатора, реактор Р заблокирован (неподвижен). Поток жидкости, вытекающий из турбины, воздействует на неподвижные лопатки реактора, и возникает реактивный момент, передаваемый дополнительно на турбину Т. Следовательно, момент M_T на турбине

$$M_T = M_H + M_P,$$

где M_H и M_P – моменты на насосе Н и реакторе Р.

Если же поток жидкости действует на лопатки колеса реактора Р так, что последнее разблокируется, то ГДТ будет работать в режиме гидромфты. В этом случае $M_T = M_H$, так как $M_P = 0$.

Коэффициент трансформации ГДТ

$$K = \frac{M_T}{M_H} = \frac{M_2}{M_1},$$

Передаточное отношение ГДТ

$$i = \frac{\omega_T}{\omega_H} = \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

где ω_1 и ω_2 – частоты вращения ведущего и ведомого колеса (Н и Т).

КПД ГДТ

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2 \omega_2}{M_1 \omega_1} = K i.$$

Комплексный ГДТ позволяет расширить зону максимальных КПД. Применение двух реакторов в конструкции тоже позволяет расширить зону этих КПД.

Контрольные вопросы

1. Знать назначение, принцип действия и схемы различных ГДТ.
2. Знать конструкции ГДТ, чертежи которых приведены в данном издании.
3. Знать основные понятия и формулы для описания характеристик ГДТ

ИСПЫТАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы

Изучение схем, конструкций стендов и методики испытания гидродинамических передач.

7.1. Порядок выполнения работы

1. Изучить схемы и конструкции стендов для испытания гидродинамических передач.
2. Изучить методику проведения таких испытаний.
3. Составить отчет по лабораторной работе, в который включить краткое описание и схемы одного из стендов для испытания гидротрансформатора; построить безразмерную характеристику гидромолфты или гидротрансформатора (при отсутствии опытных данных последние предоставляются преподавателем).

7.2. Стенды и методика испытаний

Практика создания гидродинамических передач показала, что изготовленные опытные образцы их в большинстве случаев нуждаются в доводке, для чего необходимы различные стенды (так как универсальный стенд создать сложно).

Простейший стенд для испытания гидромолфт содержит, как правило, испытываемую гидродинамическую молфту (ГДМ), насос которой соединен с приводным двигателем, а турбина – с нагрузочной установкой.

Изменяя тормозной момент этой установки, получают различные режимы работы ГДМ.

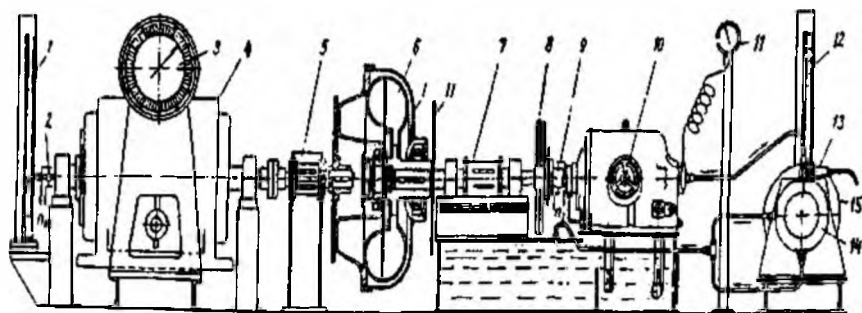


Рис. 7.1. Динамические испытания гидромуфт:

- 1 – жидкостный тахометр; 2 – прерыватель; 3 – весовой механизм; 4 – приводной двигатель; 5 – токосъемное устройство; 6 – предохранительная гидромуфта; 7 – токосъемное устройство; 8 – маховик; 9 – прерыватель; 10 – насос регулируемой производительности; 11 – манометр; 12 – жидкостный тахометр; 13 – датчик давления; 14 – вращающийся золотник; 15 – двигатель

На рис. 7.1 показана схема стенда для динамических испытаний ГДМ, которые необходимы для выбора привода машин, работающих в условиях переменных нагрузок. Стенд имеет приводной двигатель 4 в балансирном исполнении с весами 3. Нагрузочное устройство состоит из насоса 10 с регулируемой подачей, который трубопроводами соединен с вращающимся золотником 14. В зависимости от регулировки золотника и насоса устанавливается определенное давление, контролируемое манометром 11. При этом на насосе M_1 и турбине M_2 замеряются частоты вращения этих колес (числа оборотов n_1 и n_2). При динамических испытаниях золотник 14 приводится в движение от специального двигателя 15, скорость которого определяется с помощью жидкостного тахометра 12. Приводной двигатель 4 постоянного тока позволяет изменять частоту вращения его вала. Нагрузочное устройство способно создать устойчивые колебания момента на выходном валу испытуемой ГДМ в широком диапазоне частот.

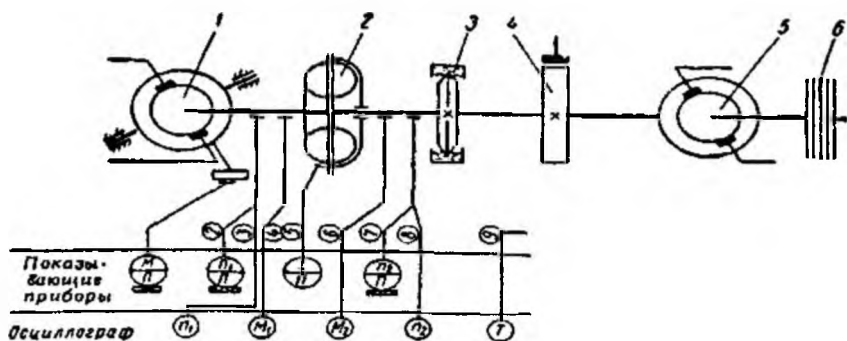


Рис.7.2. Схема стенда для испытания гидромуфт:

1 – электродвигатель; 2 – гидромуфта; 3 – гидротормоз; 4 – фрикционный тормоз; 5 – электрический тормоз; 6 – маховик со сменными дисками

На рис. 7.2 показана схема другого стенда для испытания ГДМ, нагрузочное устройство которого содержит гидравлический 3, электрический 5 и фрикционный 4 тормоза. Приводной двигатель 1 связан с весовым устройством. При снятии характеристик ГДМ в тяговом режиме удобнее пользоваться гидротормозом 3. Стоповый режим обеспечивается фрикционным тормозом 4. Электротормоз (порошковый электротормоз, генератор постоянного тока) используется в широком диапазоне нагрузок. При исследовании режима работы ГДМ для разгона больших маховых масс подключаются массы 6, позволяющие изменять момент инерции.

Установленные на стенде приборы позволяют контролировать и момент M , обороты насоса n_1 и турбины n_2 и регистрировать их с помощью осциллографа на пленке.

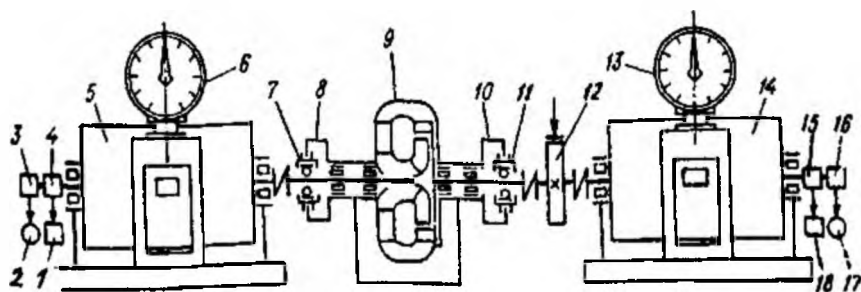


Рис.7.3. Схема стенда для испытаний гидротрансформаторов

Схема стенда для испытаний гидротрансформатора показана на рис. 7.3. Он состоит из балансирного электродвигателя 5, испытуемого гидродинамического трансформатора (ГДТ) 9, балансирного генератора (нагрузочного устройства) 14. Балансирные машины оборудованы весовыми устройствами 6 и 13. Стоповый режим обеспечивается тормозом 12. На корпусе ГДТ установлены специальные устройства 8 и 10, служащие для измерения осевых сил, передаваемых от насоса и турбины на подшипники 7 и 11. Для установки и контроля стабильности частоты вращения предусмотрены показывающие тахометры 2 и 17 с датчиками 3 и 16. Частота вращения валов измеряется счетчиками 1 и 18, получающими импульсы от установленных на валах датчиков 4 и 15.

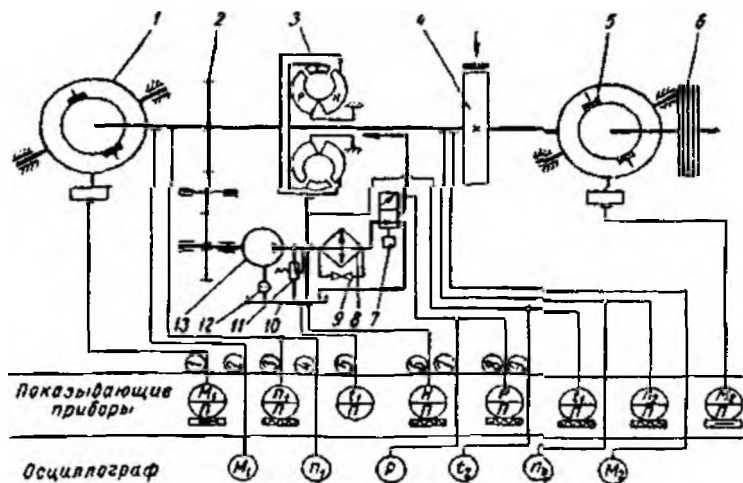


Рис. 7.4. Стенд для динамических испытаний гидротрансформатора:

- 1 – приводной двигатель; 2 – механическая передача; 3 – гидротрансформатор;
- 4 – фрикционный тормоз; 5 – электрический тормоз; 6 – маховик;
- 7 – золотник управления; 8 – холодильник; 9 – вентиль; 10 – бак;
- 11 – предохранительный клапан; 12 – фильтр; 13 – насос (цифры в кружках обозначают измерительные каналы)

На рис. 7.4 показана другая схема для испытания ГДТ, в общем аналогичная рассматриваемой выше (см. рис. 7.2). На ней также изображены схемы питания ГДТ рабочей жидкостью, подсоединения измерительных (показывающих) приборов и осциллографа.

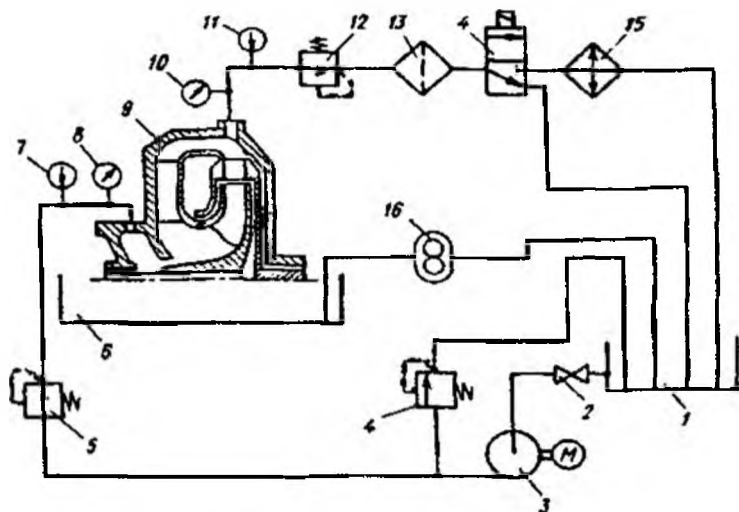


Рис.7.5. Схема системы питания и охлаждения

Схема одной из систем питания и охлаждения ГДМ приведена на рис. 7.5. Рабочая жидкость из бака 1 через вентиль 2 подается насосом 3 в рабочую полость ГДТ 9. Величины давления и расхода жидкости устанавливаются регуляторами 4, 5 и 12. Из ГДТ жидкость поступает через фильтр 13 в теплообменник 15 или непосредственно в бак через канал 14. Из картера 6 жидкость откачивается шестеренным насосом 16. Давления регистрируются манометрами 8 и 10, расход жидкости – расходомерами 7 и 11.

Крутящие моменты измеряются на статорах балансирных машин (рис. 7.6), статоры которых выполнены качающимися на подшипниках. Со статором 1 машины соединен рычаг 2, который воздействует на измерительное устройство 3. С другой стороны установлен рычаг с призмой 4. Длина тарировочных рычагов l_1 и l_2 тщательно измеряется (точность $\pm 0,5$ мм).

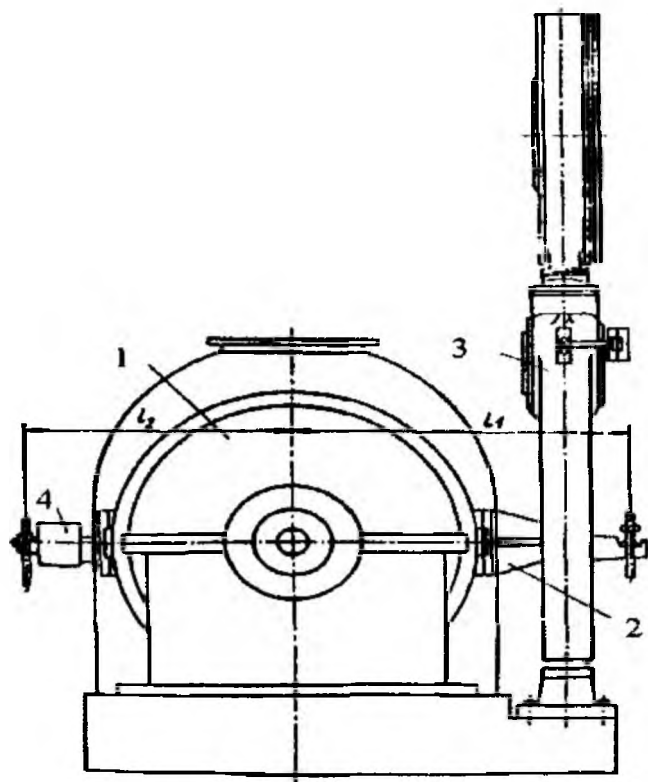


Рис.7.6. Схема измерения момента на статоре балансирной машины

В качестве нагружающего устройства в ряде случаев используется лопастной тормоз Фруда (рис. 7.7). Как было показано выше, в качестве нагружающих устройств используются и другие агрегаты.

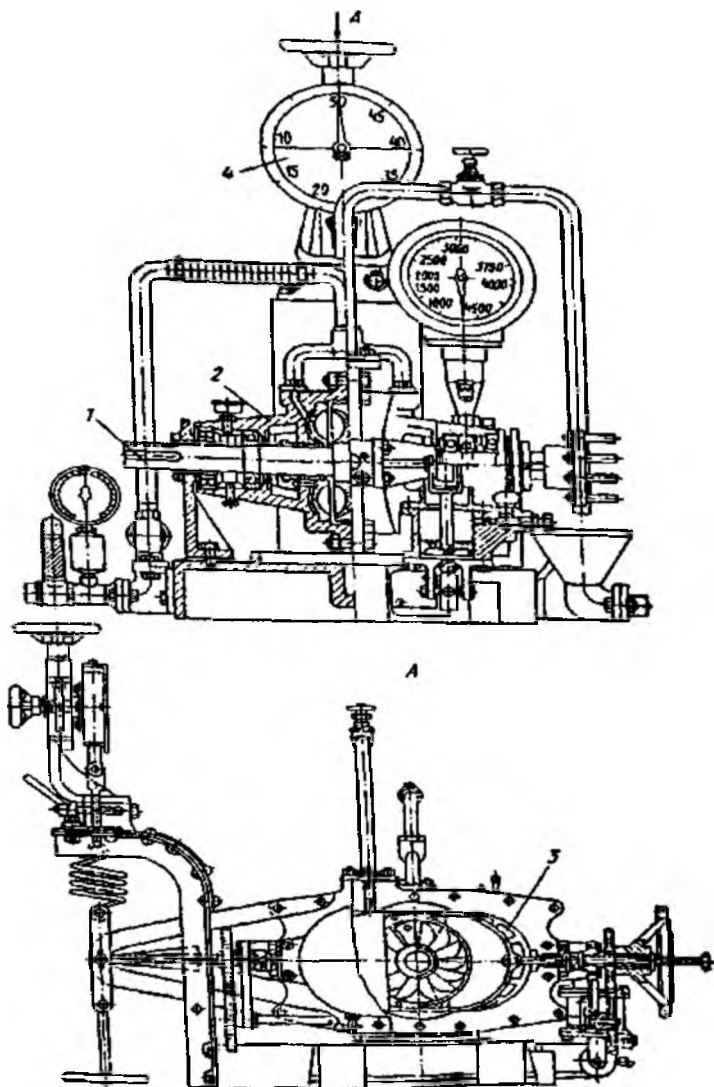


Рис. 7.7. Гидротормоз Фруда:
 1 – вал с ротором; 2 – статор; 3 – заслонка; 4 – весовое устройство

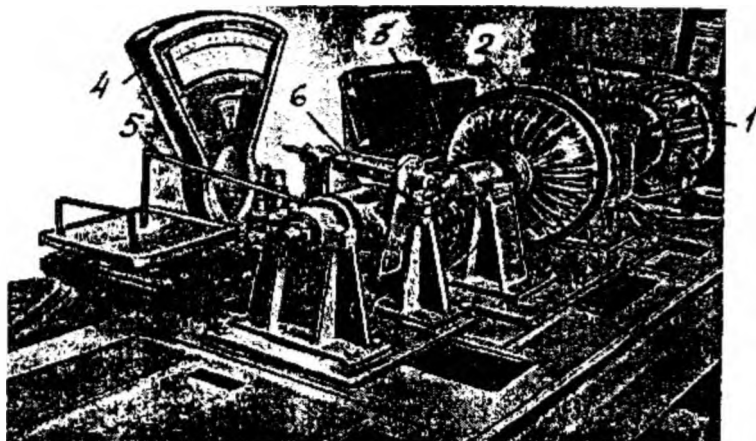


Рис. 7.8. Стенд с прозрачной моделью гидромuffты

На рис. 7.8 показан общий вид стенда с прозрачной моделью гидромuffты, позволяющий изучать процессы в ГДМ при частичном заполнении ее рабочей полости. Стенд состоит из следующих основных узлов: приводного двигателя 1; ГДМ 2; электростробоскопа 3, импульсная лампа которого освещает прозрачную НДМ; нагрузочного устройства 6, соединенного с рычагом 5, воздействующим на весы 4. Регистрация действующего на весы усилия позволяет определять момент.

Для построения безразмерной характеристики ГДТ или ГДМ регистрируются обороты насоса и турбины n_1 и n_2 , а также крутящие моменты на этих колесах M_1 и M_2 при различных нагрузках, т.е. при различных передаточных отношениях $i = n_2/n_1 = \omega_2/\omega_1$.

Частота вращения

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

Мощности N_1 и N_2 на колесах Н и Т гидropередачи определяются по выражению

$$N = M\omega$$

КПД гидродинамической передачи

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2 \omega_2}{M_1 \omega_1} = K i.$$

Результаты испытаний записываются в табл. 7.1. В нее вносятся и расчетные значения.

Таблица 7.1

№ пп	M_1	n_1	ω_1	M_2	n_2	ω_2	i	N_1	N_2	K	η
1											
2											
...											

На рис. 7.9 показан образец безразмерной характеристики ГДТ, где КПД обозначен через $\eta_{гт}$, а коэффициент момента – λ_1 . Здесь $\gamma = \rho g$ (ρ – плотность жидкости).

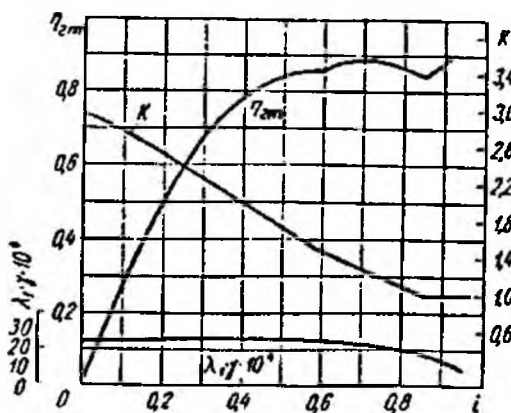


Рис. 7.9. Характеристика гидротрансформатора НАМИ ЛГ-340-438

При отсутствии опытных данных преподавателем указываются численные значения M_1 , M_2 , n_1 , n_2 при различных нагрузках турбины (по известным ранее данным).

Рассчитываются и строятся характеристики $K = f_1(i)$ и $\eta = f_2(i)$.

Контрольные вопросы

1. Знать основные схемы стенов для испытания ГДМ и ГДТ.
2. Знать методику проведения испытаний ГДМ и ГДТ по снятию безразмерных характеристик.
3. Знать порядок построения безразмерных характеристик.

Лабораторная работа № 8

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Цель работы

Изучить схему, принцип действия, конструкцию гидромеханической передачи (ГМП) ЛАЗ–НАМИ и ее гидросистему.

8.1. Порядок выполнения работы

1. Изучить схему и конструкцию ГМП по данному методическому пособию.
2. Изучить конструкцию ГМП по серийному образцу и принцип действия ее отдельных узлов.
3. На втором этапе выполнения работы изучить работу гидросистемы и схему управления ГМП.
4. Составить отчет по лабораторной работе, в котором привести кинематическую схему ГМП и схему ее гидросистемы.

8.2. Основные понятия, принцип действия и устройство ГМП

Такая ГМП устанавливается на автобусах ЛиАЗ–677 и ЛАЗ–698. Назначение ГМП – непрерывно и автоматически трансформировать силовой поток двигателя к ведущим колесам в зависимости от встречающихся на пути движения автобуса внешних сопротивлений.

Эту функцию выполняет гидродинамический трансформатор (ГДТ). Он может охватить относительно низкий диапазон дорожных сопротивлений. Чтобы его расширить, к ГДТ присоединяется

механический ступенчатый трансформатор (коробка перемены передач). В результате получается ГМП.

Дополнительные функции ГМП:

- 1) обеспечение заднего хода автобуса;
- 2) отсоединение работающего двигателя от силовой передачи на стоянках.

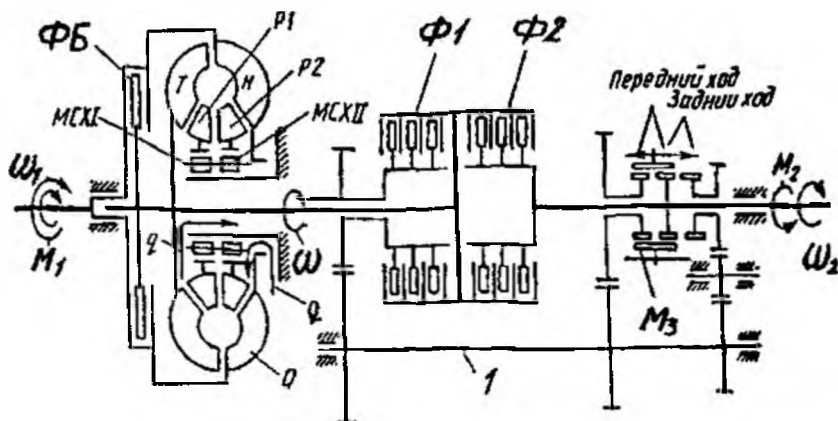


Рис. 8.1. Схема гидромеханической передачи автобуса

Схема ГМП представлена на рис. 8.1. Крутящий момент на входе ГМП – момент двигателя M_1 , на выходе – M_2 . Частоты вращения входного и выходного валов – соответственно ω_1 и ω_2 . Передний и задний ход включаются зубчатой муфтой МЗ. Переключение передач осуществляется многодисковыми фрикционными муфтами Ф1 и Ф2. Блокировка ГДТ происходит при включении в работу фрикциона блокировки ФБ. Через Q обозначен подвод и отвод рабочей жидкости в ГДТ.

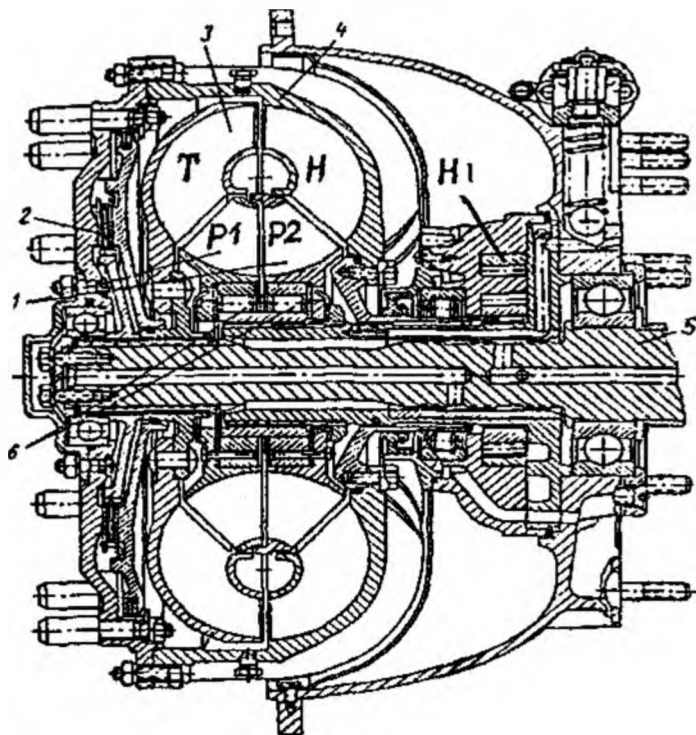


Рис.8.2. Гидротрансформатор НАМИ ЛГ-340-438:

1 – направляющий аппарат; 2 – фрикционная муфта; 3 – турбинное колесо;
4 – насосное колесо; 5 – выходной вал; 6 – автологи

На рис. 8.2 приведен чертеж конструкции комплексного ГДТ, содержащего два реактора (P1 и P2), иногда называемые в литературе направляющими аппаратами; фрикционную муфту блокировки 2; турбинное 3 и насосное 4 колеса; выходной вал 5; автологи (муфты свободного хода) 6. На рисунке также показан один из насосов H1, установленный в ГМП.

Управление ГМП производится с помощью рычажного контроллера, установленного в кабине водителя.

В нейтральном положении фрикционы ФБ, Ф1, Ф2 выключены. При работе ГМП (рис. 8.1) на понижающей передаче (первой) включается Ф1 и передний ход МЗ. Поток мощности проходит через ГДТ, фрикцион Ф1, промежуточный вал 1, муфту МЗ и выходной вал. Прямая передача с

ГДТ (вторая) осуществляется при включении Ф2 и выключении Ф1. Поток мощности проходит через ГДТ, фрикцион Ф2 и выходной вал. Прямая передача с блокировкой ГДТ (третья) происходит при включенных Ф2 и ФБ. Задний ход включается фрикционом Ф1 и задним ходом муфты МЗ. Поток мощности проходит через ГДТ, фрикцион Ф1, задний ход МЗ и выходной вал.

Конструкция ГМП приведена на рис. 8.3. Схемы масляной системы (гидросистемы) показаны на рис. 8.4 и 8.5.

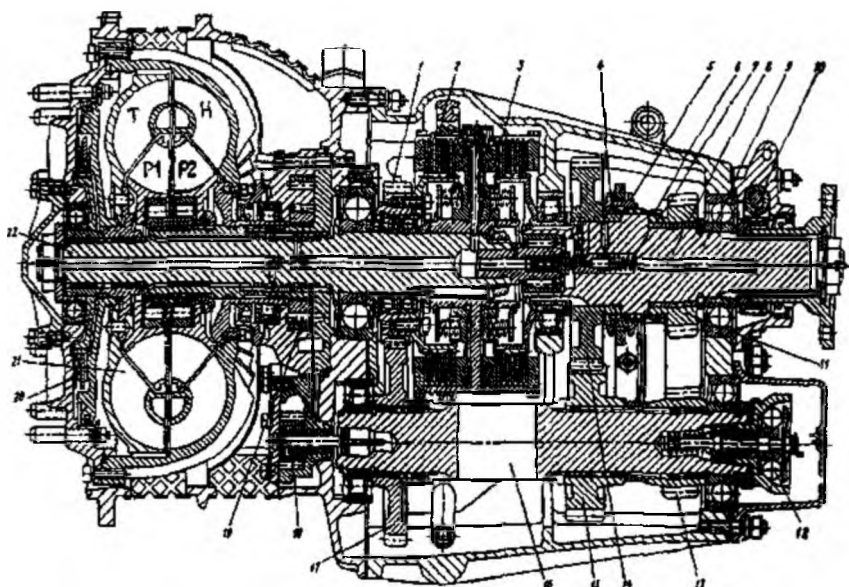


Рис.8.3. Конструкция ГМП:

- 1, 10, 11, 13, 14, 15, 17 – зубчатые колеса; 2 – фрикцион первой передачи; 3 – фрикцион второй передачи; 4, 6 – зубчатые венцы; 5 – зубчатая муфта; 7 – пружина; 8 – канал; 9 – ведомый вал; 12 – центробежный регулятор; 16 – промежуточный вал; 18 – задний насос; 19 – передний насос; 20 – фрикцион блокировки гидротрансформатора; 21 – гидротрансформатор; 22 – ведущий вал

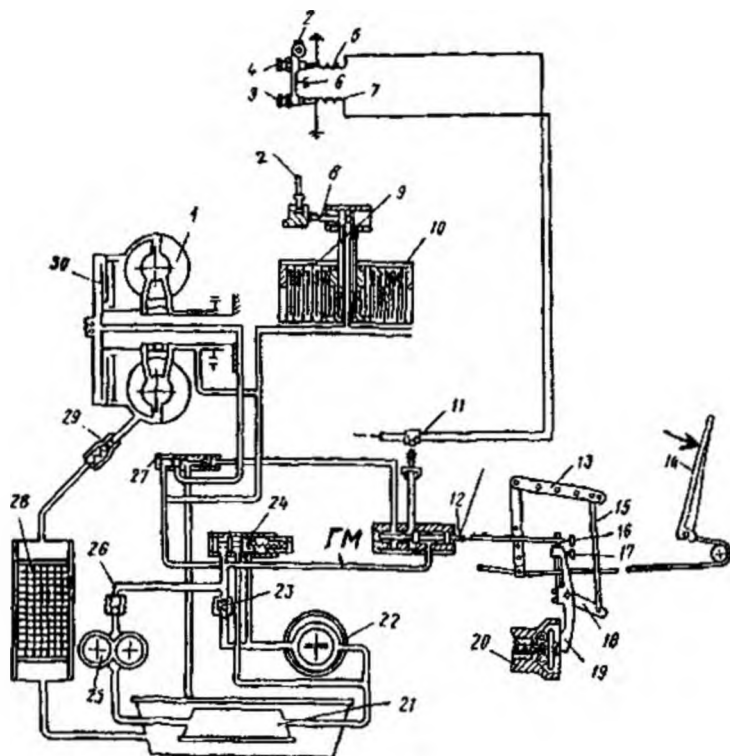


Рис.8.4. Схема масляной системы:

- 1 – гидротрансформатор; 2 – поводок; 3 – регулировочный винт II передачи;
 4 – регулировочный винт I передачи; 5 – электромагнит I передачи;
 6 – рычаг; 7 – электромагнит II передачи; 8 – периферийный золотник;
 9 – фрикцион I передачи; 10 – фрикцион II передачи; 11 – микропереключатель;
 12 – главный золотник; 13, 18 – рычаги привода к главному рычагу автомата;
 14 – педаль управления дросселем; 15 – тяга; 16 – винт главного золотника;
 17 – винт регулировки скорости при переключении передач;
 19 – главный рычаг; 20 – центробежный регулятор; 21 – маслоприемник;
 22 – большой масляный насос; 23 – обратный клапан большого насоса;
 24 – редукционный клапан; 25 – малый масляный насос;
 26 – обратный клапан малого насоса; 27 – клапан блокировки;
 28 – радиатор; 29 – клапан слива; 30 – фрикцион блокировки гидротрансформатора

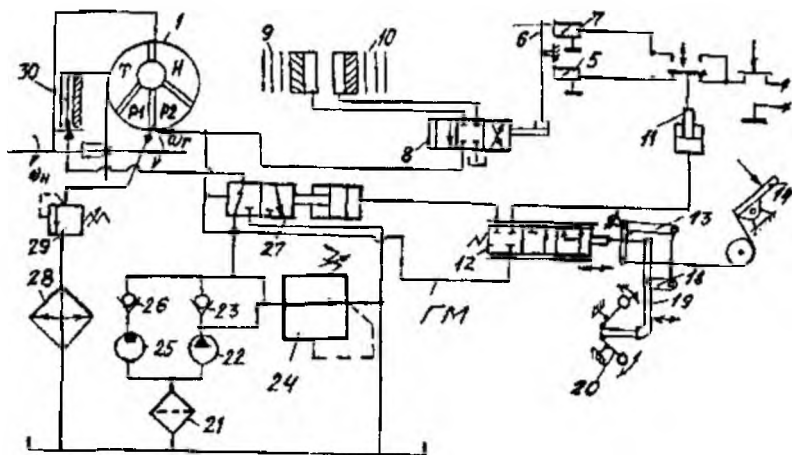


Рис.8.5. Принципиальная схема управления коробкой передач

Главный насос (большой передний насос) 19 (рис. 8.3) имеет шестерни внутреннего зацепления и работает всегда при вращении насосного колеса.

Вспомогательный насос (малый задний насос) 18 (рис. 8.3) имеет шестерни внешнего зацепления, связан с передним торцом промежуточного вала. Оба насоса подают жидкость в главную магистраль.

Центробежный регулятор 12 (рис. 8.3) установлен на заднем конце промежуточного вала. Он состоит из водила, в пазах которого установлены шарики, чашек и пружины. Шарики выполняют роль центробежных грузиков; водило связано с главным рычагом силового регулятора.

Гидросистема (рис. 8.4, 8.5) работает следующим образом. Рабочая жидкость из поддона ГМП поступает через маслоприемник (фильтр) 21 к главному насосу 22. Вспомогательный насос 25 работает при движении автобуса. Оба насоса подают жидкость в главную магистраль, открывая обратные клапаны 23 и 26.

Если автобус стоит, то давлением жидкости от насоса 22 закрывается шариковый клапан 26 насоса 25. При движении автобуса открывается клапан 26. Редукционный клапан 24 понижает давление жидкости до 0,6 ... 0,65 МПа и поддерживает его величину постоянной.

При движении автобуса накатом или при его буксировке давление жидкости создается только вспомогательным насосом 25.

Из главной магистрали ГМ жидкость под давлением поступает в круг циркуляции гидротрансформатора 1, в полость фрикциона блокировки 30, к периферийным золотникам 8, на смазку втулок шестерен, дисков фрикционов I и II передач. Из круга циркуляции ГДТ жидкость через клапан 29 слива поступает в радиатор 28 охлаждения. Клапан 29 открывается при давлении 0,3 МПа и поддерживает постоянный расход 28...32 л/мин.

Блокировка ГДТ осуществляется, когда клапан блокировки 27 закрыт, т.е. когда он закрывает подвод жидкости из главной магистрали и открывает слив жидкости из передней полости фрикциона блокировки 30. Это происходит после подвода жидкости от главного золотника 12 к поршеньку клапана 27.

К гильзе золотника 12 жидкость из магистрали поступает по сверлениям в корпусе коробки передач (ГМП) и крышке заднего люка, к нижней части которого крепится корпус гильзы. Наверху люка установлен микропереключатель 11 автомата и штуцер, от которого жидкость поступает к клапану блокировки 27.

8.3. Работа системы управления

Питание электросистемы осуществляется от аккумуляторов и генератора.

В нейтральном положении электромагниты 5 и 7 (рис. 8.4, 8.5) включения I и II передач обесточены. Пуск двигателя может осуществляться только в нейтральном положении коробки передач.

При движении вперед водитель устанавливает контроллер в положение А. Замыкается цепь электромагнита 5, переключающего золотник периферийного клапана 8 в крайнее левое положение; происходит включение фрикциона 9 (I передачи).

С увеличением скорости движения автобуса центробежный регулятор 20 через рычаг 19 передвигает главный золотник 12 в положение, при котором жидкость поступит к клапану микропереключателя 11. Контакты последнего включают электромагнит 5 вместо электромагнита 7. Следовательно, включится и фрикцион 10 II передачи.

При дальнейшем повышении скорости автобуса происходит изменение положения рычагов и главного золотника 12. При этом жидкость поступает и в канал управления клапаном блокировки 27, что приводит к блокировке ГДТ (включению III передачи).

При снижении скорости автобуса главный золотник 12 перемещается в обратном направлении, включая низшие передачи.

Задний ход включается контроллером в два этапа. Первый этап: рукоятка переводится из положения Н в положение ЗХ (“точка”). Срабатывает клапан, открывающий подачу воздуха из пневмосистемы под поршень камеры заднего хода. Второй этап – перевод рычага в положение ЗХ. Включается электромагнит понижающей передачи.

При включении контроллера в положение ПП включается I передача и отключается автоматика.

Контрольные вопросы

1. Знать назначение, схему, конструкцию и принцип действия ГМП.
2. Знать принцип действия гидросистемы ГМП.
3. Знать, как осуществляется управление ГМП.

Литература

1. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач / Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
2. Лопастные насосы: Справочник / Под.ред. В.А. Зимнецкого и В.А. Умова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 334 с.
3. Чиняев И. А. Лопастные насосы: Справочное пособие. – Л.: Машиностроение, 1973. – 184 с.
4. Кравченко Г. И. Гидравлические машины. Турбины и насосы. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
5. Кабанов В. И. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Лопастные машины и гидродинамические передачи. – Мн.: Выш. школа, 1989. – 183 с.
6. Стесин С.П. и др. Гидродинамические передачи. – М.: Машиностроение, 1973. – 352 с.
7. Вишняков Н. Н. и др. Автомобиль. Основы конструкции. – М.: Машиностроение, 1986. – 304 с.
8. Дзядык М. Н. и др. Гидромеханическая передача автобуса. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с.

Содержание

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.....	3
Лабораторная работа № 1 Контрольно-измерительные приборы, используемые при исследовании лопастных машин и гидродинамических передач.....	3
Лабораторная работа № 2 Конструкции лопастных насосов.....	16
Лабораторная работа № 3 Гидравлические турбины.....	27
Лабораторная работа № 4 Параметрические испытания центробежных насосов.....	35
Лабораторная работа № 5 Гидродинамические муфты.....	40
Лабораторная работа № 6 Гидродинамические трансформаторы.....	51
Лабораторная работа № 7 Испытания гидродинамических передач.....	63
Лабораторная работа № 8 Гидромеханическая передача.....	72
Литература.....	79