Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени С.М.Кирова»

Кафедра промышленного транспорта

ГИДРАВЛИКА

ГИДРОПРИВОД

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех форм обучения по направлениям
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
23.03.01 «Технология транспортных процессов»,
23.03.03 «Эксплуатация транспортных
и технологических машин и комплексов»,
350302 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
Институтом технологических машин и транспорта леса
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета

Составители:
кандидат технических наук, доцент **И.Н. Дмитриева**
кандидат технических наук, доцент **Г.В. Григорьев**
кандидат технических наук, старший преподаватель **А.В. Калистратов**

Отв. редактор
доктор технических наук, профессор **Б.Г. Мартынов**

Гидравлика. Гидропривод: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной и заочной форм обучения направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 23.03.01 «Технология транспортных процессов», 23.03.03 «Эксплуатация транспортных и технологических машин и комплексов», 350302 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / сост.: И. Н. Дмитриева, Г. В. Григорьев, А. В. Калистратов. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 28 с.

В методических указаниях к лабораторным работам по курсу «Гидравлика» представлены теоретические материалы, позволяющие выполнить индивидуальные аналитические расчеты по итогам проведенных лабораторных работ по разделу «Гидропривод».

Темплан 2017 г. изд.№

Оглавление

Введение и инструкция по технике безопасности **3**
Лабораторная работа № 1 **4-12**
Определение характеристик центробежного насоса
Лабораторная работа № 2 **13-17**
Определение характеристик объемного насоса
Лабораторная работа № 3 **17-27**
Изучение элементов гидропривода возвратно-поступательного и вращательного движения

Введение и инструкция по технике безопасности

В данном пособии представлены указания для выполнения лабораторных работ по разделу «Гидропривод» учебного курса «Гидравлика» для студентов дневной и заочной форм направлений 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 23.03.01 «Технология транспортных процессов», 23.03.03 «Эксплуатация транспортных и технологических машин и комплексов», 350302 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

Каждая работа снабжена кратким теоретическим материалом, позволяющим студентам более грамотно подойти к подготовке, выполнению лабораторных работ и обработке опытных данных.

К практическим лабораторным работам в гидравлической лаборатории допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности у руководителя лабораторными занятиями с соответствующим оформлением его в журнале.

Запрещается самостоятельно включать электродвигатели насосов, открывать и закрывать задвижки трубопроводов, включать измерительные приборы и установки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

1.1. Основные положения и расчетные зависимости.

Рабочими параметрами центробежного насоса являются:

- напор насоса $H_{нас}$, м
- подача Q, м^3/с
- потребляемая мощность N, кВт
- к.п.д. насоса η,
- частота вращения рабочего колеса насоса n, 1/с.

Напор насоса - величина, равная разности напоров потока жидкости на выходе из насоса $H_{вых}$ и на входе в него $H_{вх}$

$$H_{нас} = H_{вых} - H_{вх} = \left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{1g} \right)_{вых} - \left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{1g} \right)_{вх} \qquad (1.1)$$

или

$$H_{нас} = (z_{вых} - z_{вх}) + \frac{p_н - p_в}{\rho g} + \frac{\alpha_{вых} V_{вых}^2 - \alpha_{вх} V_{вх}^2}{2g} \qquad (1.2)$$

Т.к. напор потока представляет собой значение удельной (отнесенной к единице веса жидкости) механической энергии жидкости в рассматриваемом сечении потока, то напор насоса выражает приращение удельной механической энергии жидкости при протекании ее через насос.

Подача насоса - объем жидкости, нагнетаемой насосом в напорный трубопровод в единицу времени.

К.п.д. насоса - величина, равная отношению полезной мощности насоса $N_П$ к потребляемой мощности

$$\eta = \frac{N_П}{N} \qquad (1.3)$$

Учитывая определение $H_{нас}$ и Q следует, что:

$$N_П = \rho g H_{нас} Q \qquad (1.4)$$

К.п.д. насоса учитывает все три вида потерь механической энергии в проточной части насоса: механические, гидравлические и объемные.

Рабочими характеристиками центробежного насоса являются зависимости:

$$\begin{gathered} H_{нас} = f(Q) \\ N = \varphi(Q) \\ \eta = \psi(Q) \end{gathered} \qquad (1.5)$$

при следующих условиях работы насоса: n = const;

1. кавитация в насосе и подсос воздуха отсутствуют.

Рабочие характеристики насоса в наглядной форме описывают его работу в нормальных условиях. Они показывают, как изменяются рабочие параметры на режимах, отличных от расчетного. Рабочие характеристики в форме зависимостей (1.5) при постоянном значении частоты вращения рабочего колеса выбраны потому, что приводными двигателями, как правило, являются асинхронные электромоторы переменного тока, сохраняющие частоту вращения своего ротора постоянной при изменении нагрузки. Таким образом, рабочие характеристики описывают работу насоса именно в тех условиях, в каких она осуществляется на практике.

Рабочие характеристики центробежных насосов определяются экспериментально. В ходе испытаний насоса частота вращения рабочего колеса может отличаться от номинальной.

Приведение результатов испытания к номинальным оборотам осуществляется с помощью соотношений подобия:

$$Q = \frac{n}{n'}Q',\ H_{нас} = \left(\frac{n}{n'}\right)^2 H'_{нас},\ N = \left(\frac{n}{n'}\right)^3 N',\ \eta = \eta', \qquad (1.6)$$

где Q'; $H'_{нас}$; N'; η'- значения подачи, напора, потребляемой мощности и к.п.д. при частоте вращения рабочего колеса насоса, в проведенных опытах;

Q; $H_{нас}$; N; η - значения этих величин при номинальной частоте вращения рабочего колеса.

Устройство и работа центробежных насосов

На рис. 1.1. изображена простейшая схема центробежного насоса. Проточная часть насоса состоит из трёх основных элементов: подвод 1, рабочее колесо 2 и отвод 3. По подводу 1 в рабочее колесо жидкость подаётся из всасывающего трубопровода.

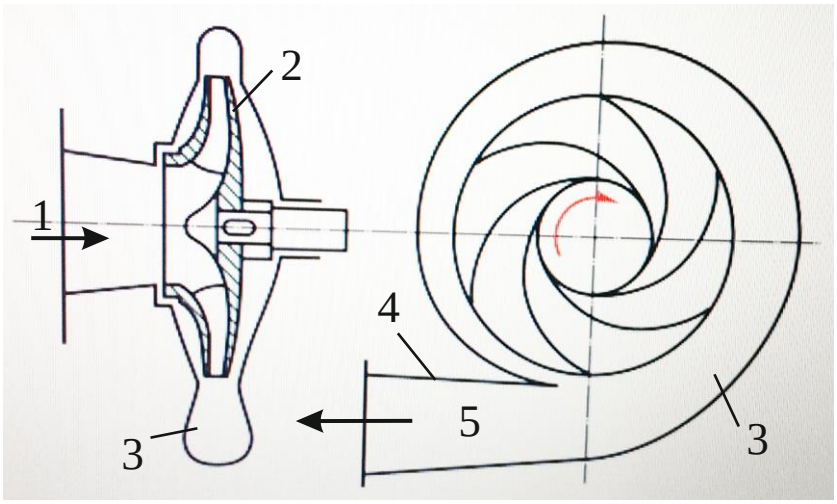


Рис.1.1. Схема центробежного насоса.

Рабочее колесо служит для передачи жидкости энергии двигателя. Оно состоит из двух дисков, между которыми находятся лопатки. Рабочее колесо крепится на валу электродвигателя. Жидкость движется по рабочему колесу из центральной его части к периферии под действием центробежных сил.

По отводу жидкость направляется от рабочего колеса к напорному трубопроводу.

На рис. 1.2. дан общий вид консольного моноблочного насоса типа 6КМ-12. Одностороннее рабочее колесо 4 закреплено консольно на конце вала.

Подвод насоса – прямоосный конфузор – выполнен в крышке насоса. Отвод спиральный. Рабочее колесо разгружается от осевого усилия при помощи разгрузочных окон и второго уплотнения. Чтобы воздух не мог проникать в насос, сальниковое уплотнение имеет кольцо гидравлического затвора 6, жидкость к нему подается по каналу 7 из правой пазухи насоса (из области давления нагнетания).

Сальник состоит из отдельных колец хлопчатобумажного пропитанного графитом и техническим жиром шнура, которые сжимаются крышкой сальника 9.

Тепло, выделяющееся при трении вала о набивку, отводится жидкостью, просачивающейся через сальник.

Для защиты вала от истирания в месте установки сальника на вал устанавливают защитную втулку 8.

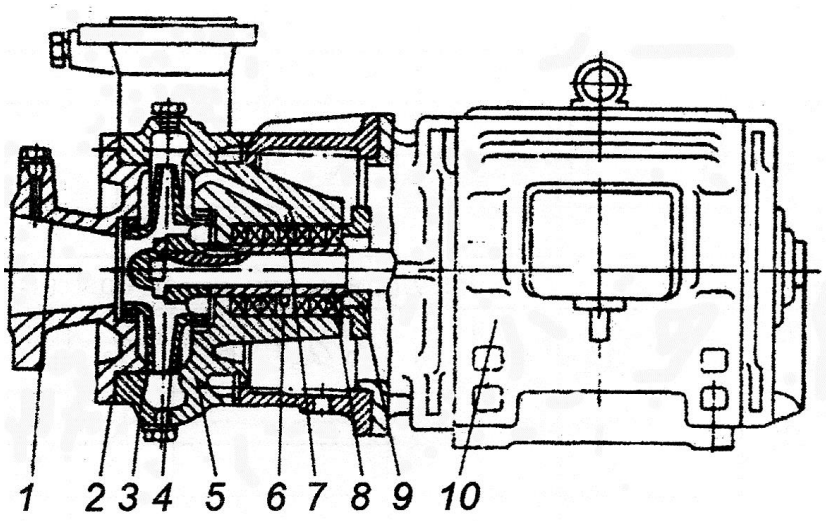


Рис. 1.2. Конструкция центробежного насоса типа 6КМ-12

Центробежные консольные, одноступенчатые с горизонтальным подводом жидкости, насосы типа КМ предназначены для подачи питьевой

воды, воды промышленного назначения и чистых неагрессивных жидкостей с температурой до 85°С и вязкостью, близкой к вязкости воды.

Марка этих насосов по ГОСТ 8337−57 следующая: аК - ω_s, где а – диаметр всасывающего патрубка, уменьшенный в 25 раз, мм; К – консольный (КМ – консольно-моноблочный); ω_s - s – коэффициент быстроходности n_s , уменьшенный в 10 раз, об/мин.

ГОСТ 22247−76 внес изменения в марку насосов, которая стала иметь вид К–$Q_ч$/Н, где $Q_ч$ и Н – соответственно часовая производительность в $м^3$/ч и напор в метрах при максимальном КПД.

Работа насоса осуществляется следующим образом. Приводной двигатель вращает рабочее колесо. Лопасти колеса приводят во вращение частицы жидкости (переносное движение), так как к частицам жидкости не приложена внешняя центростремительная сила, то частицы жидкости под действием центробежных сил инерции перемещаются вдоль лопастей к периферии колеса (относительное движение).

Сумма относительного и переносного движений равна абсолютному движению жидкости, т.е. движению относительно неподвижного корпуса насоса.

Жидкость, выходящая из рабочего колеса, собирается в отводе (улитке) и направляется через диффузор в напорный трубопровод.

На входе в рабочее колесо создается разрежение (из-за оттока частиц жидкости к периферии колеса) и поэтому жидкость из всасывающего патрубка направляется в рабочее колесо.

Таким образом, жидкость, проходя через насос, увеличивает свою энергию.

1.2. Цель работы.

1. Изучить устройство центробежного насоса.
2. Определить рабочие характеристики этого насоса.
3. Объяснить полученный вид рабочих характеристик насоса.
4. Определить значения рабочих параметров на оптимальном (расчетном) режиме работы насоса.

1.3. Описание экспериментальной установки и проведения опытов.

Экспериментальная установка, схема которой дана на рисунке 1.3, состоит из насоса с электродвигателем 3, всасывающего трубопровода 2 с обратным клапаном и сеткой 1, напорного трубопровода 5 с регулировочной задвижкой 4 и расходомерным устройством 6, приемного бака с переливным устройством 7.

Для определения вакуума на входе в насос и манометрического давления на выходе из насоса подключены вакуумметр В и манометр М.

Разность уровня установки манометра и точки включения вакуумметра $h_в$=0,4м

Насос забирает воду из приемного резервуара по всасывающему трубопроводу и подает ее по напорному трубопроводу в приемный бак, откуда она сливается обратно в приемный резервуар.

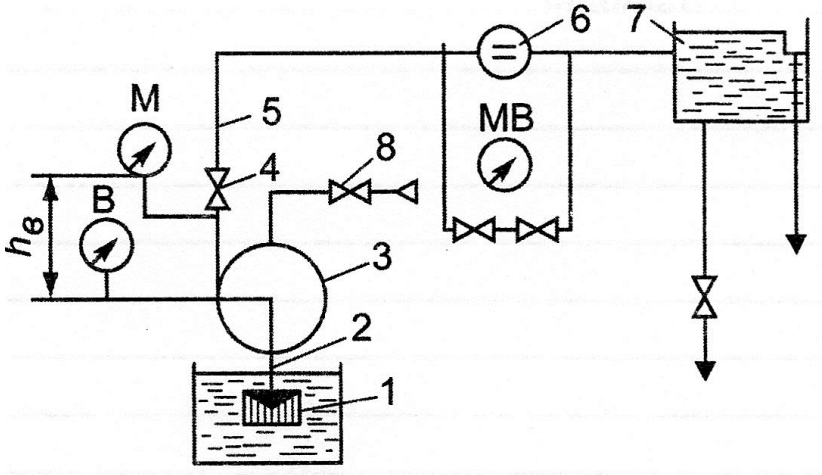


Рис. 1.3. Схема экспериментальной установки

Обратный клапан и сетка служат для заливки насоса перед пуском и предотвращения попадания в насос вместе с жидкостью мусора. Заливка насоса водой осуществляется через кран 8.

Манометр М и вакуумметр В служат для определения напора насоса, а расходомерное устройство 6 и мановакуумметр МВ - для определения подачи насоса. Тарировочная кривая расходомерного устройства дана на рис. 1.4.

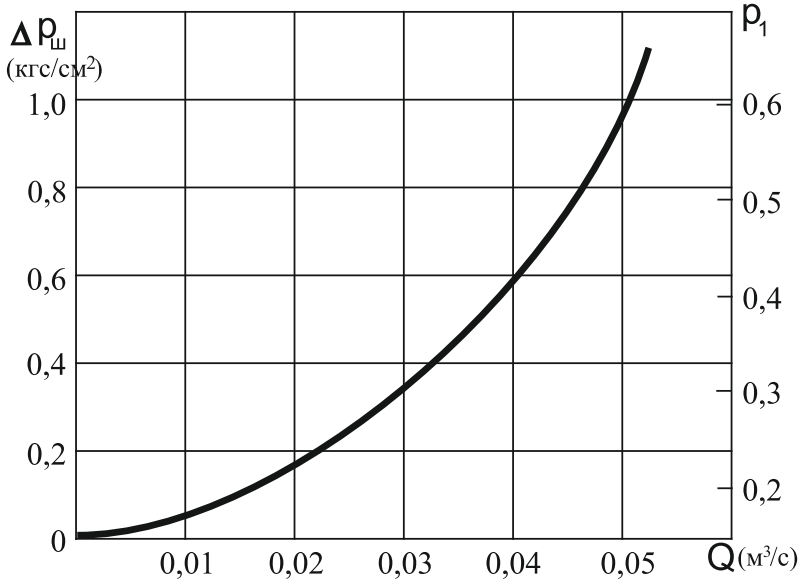


Рис. 1.4. Тарировочная кривая $Q = f(\Delta p_{ш})$

Перед запуском установки необходимо проделать следующее:

- проверить отключены ли все приборы.
- закрыть регулировочную задвижку 5.
- заполнить насос водой, для чего открыть кран 8 на 2 - 3 минуты.

Запустить насос, для чего нажать пусковую кнопку (черного цвета) магнитного пускателя № 5 (на стенке за щитами ШС).

Работа насоса при закрытой задвижке длительное время не допускается.

Открыть регулировочную задвижку 4 полностью, подключить все приборы на установке. Для гарантии нормальной работы насоса надо следить за тем, чтобы вакуум на входе в насос был не выше $\boldsymbol{H}_{вак}^{доп}$ для данного насоса, т. е. чтобы выполнялось условие:

$$\boldsymbol{H}_{вак} \leq \boldsymbol{H}_{вак}^{доп} = 6\boldsymbol{м.в.ст.} = 456\boldsymbol{мм.рт.ст.}$$

Дать поработать насосу на максимальной подаче для того, чтобы полностью удалить воздух из насоса и трубопроводов и прогреть подшипники установки. Соединительные трубки манометра и вакуумметра освободить от воздушных пробок.

Опыты проводят в следующей последовательности:

1. Закрыть регулировочную задвижку полностью и определить рабочие параметры насоса при холостом режиме работы, т. е. при подаче $\boldsymbol{Q} = 0$. Для этого снять показания всех приборов и занести данные в отчетные бланки.

2. Приоткрыть задвижку 4, чтобы давление перед расходомерной шайбой стало равным $\boldsymbol{p_1}$=10 кПа (см. показания мановакуумметра МВ).

3. Записать показания всех приборов при этом режиме работы насоса.

В последующих опытах следует задвижку открывать настолько, чтобы давление перед шайбой p_1, составило 15, 20, 25 кПа и т.д. (до максимально возможного).

Для каждого режима работы насоса записать показания всех измерительных приборов.

По окончании испытаний насоса закрыть задвижку 4, отключить все измерительные приборы и выключить электродвигатель (нажать красную кнопку пускателя № 5).

1.4. Методика обработки опытных данных

Обработку опытных данных рекомендуется вести в следующей последовательности.

1. Определяется перепад давления на расходомерной шайбе $\Delta\boldsymbol{p}_{ш}$:

$$\Delta p_ш = p_1 - p_2 \qquad (1.6)$$

где: p_1 и p_2 избыточные давления перед шайбой и за ней.

Если за шайбой создается вакуум, то величина $p_2 = -p_{вак}$, тогда:

$$\Delta p_ш = p_1 + p_2 \qquad (1.7)$$

2. Определяется подача насоса при различных режимах работы насоса по тарировочной кривой (рис. 1.4).

3. Определяется напор насоса (при условии разрежения на входе в насос):

$$H_{нас} = + \frac{p_м}{\rho g} + H_{вак} + h_в + \frac{V^2_{вых} - V^2_{вх}}{2g}, \qquad (1.8)$$

где: $\frac{p_м}{\rho g}$ - избыточное давление в напорном трубопроводе в сечении, где подключен манометр (в м вод. ст.);

$H_{вак} = \frac{p_{вак}}{\rho_в g}$ - величина вакуума на входе в насос (в м вод. ст.)

$h_в$ - разность уровней установки манометра и точки включения вакуумметра (в м вод. ст.);

$V_{вх} = \frac{Q}{\varpi_{вх}}$, $V_{вых} = \frac{Q}{\varpi_{вых}}$ - скорости движения жидкости на входе в насос и на выходе из насоса.

4. Определяется полезная мощность насоса по зависимости

$$N_П = \rho g Q H_{нас} \qquad (1.9)$$

5. Определяется потребляемая насосом мощность, т.е. мощность, передаваемая электродвигателем насосу

$$N = IU\sqrt{3}\cos\varphi\eta_{эл}, \qquad 1.10)$$

где: I - сила тока, А;

U - напряжение, В;

$\cos\varphi$ - косинус φ, характеристика электромотора (см. табл.1.1.).

η - к.п.д. электродвигателя (из паспорта электродвигателя).

6. Определяется коэффициент полезного действия насоса:

$$\eta = \frac{N_П}{N} \qquad (1.11)$$

Запись опытных данных и результатов их обработки рекомендуется вести в таблицу 1.1.

На график рис.1.5. нанести результаты проведенных опытов и выполненных расчетов для построения трех зависимостей:

- потребляемой мощности насоса $N = \varphi(Q)$
- коэффициента полезного действия насоса $\eta = \psi(Q)$

Табл.1.1.

Опытные данные и результаты обработки

Опытные данные							Результаты обработки эксперимента							
$d_{вх}$=0,15 м $d_{вых}$=0,1 м cosφ=0,98 $\eta_{эл}$=0,97							$\omega_{вх}$= $\omega_{вых}$=							
№ опыта	P_1	P_2	P_m	$P_{вак}$	I	U	ΔP_m	Q	$P_m/\rho g$	$H_{вак}$	$H_{нас}$	$N_п$	N	η
1	0.1													
2														
3														
4														
5														

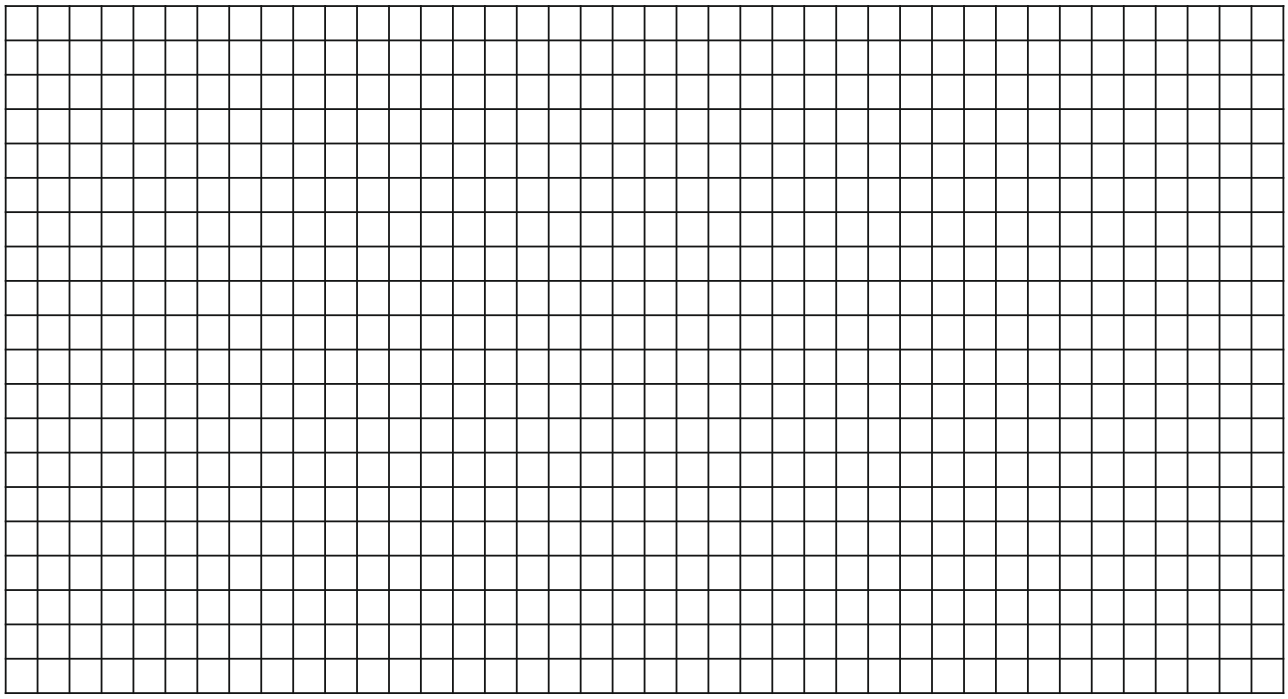


Рис.1.5 Сетка для построения графиков $\eta = \psi(Q)$

1.5. Список вопросов к защите лабораторной работы.

1. Что такое напор насоса.
2. Дать расшифровку названия 6КМ-12.
3. Какая характеристика насоса является главной.
4. Когда достигается оптимальный режим работы насоса.
5. От чего зависит затрачиваемая мощность?
6. Назовите основные параметры центробежного насоса
7. Как определяется полезная мощность?
8. Какого вида расходомерное устройство используется в данной лабораторной работе.

9. Опишите принцип действия центробежного насоса.
10. Каким прибором измеряется давление перед расходомерной шайбой.

Работа выполнена: _____

Работа защищена: _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
Определение характеристик объемного насоса

2.1. Основные положения и расчетные зависимости.

Характеристиками объемного насоса являются зависимости подачи Q, потребляемой мощности N и коэффициента полезного действия насоса η, от давления нагнетания, развиваемого насосом:

$$\begin{aligned} Q &= f(p_н), \\ N &= \varphi(p_н), \\ \eta &= \psi(p_н) \end{aligned} \qquad (2.1)$$

при следующих условиях работы насоса.

1. постоянная частота вращения вала насоса;
2. кавитация в насосе и подсос воздуха отсутствуют.

Эти зависимости показывают, как изменяются рабочие параметры насоса с изменением давления нагнетания, развиваемого насосом. Их определяют экспериментально.

Устройство и принцип работы насоса.

Шестеренный насос типа НШ-10, схема которого приведена на рис. 2.1, состоит из алюминиевого корпуса 8, в расточках которого расположены ведущая 7 и ведомая 1 шестерни с валиками. Цапфы этих валиков опираются на бронзовые втулки 2 и 6, которые являются подшипниками скольжения и уплотняют торцевые поверхности шестерен.

В насосах этого типа применена автоматическая компенсация зазоров между втулками и шестернями в зависимости от развиваемого давления нагнетания насоса.

Жидкость из полости нагнетания подается в камеру 3 между крышкой насоса 4 и втулками и прижимает втулки к торцам шестерен, уменьшая зазоры между ними с повышением давления нагнетания. Со стороны шестерен на втулки также действуют силы давления жидкости, которые меньше сил давления на втулки со стороны крышки насоса.

Результирующая этих сил и прижимает втулки к торцам шестерен. Т.к. распределение давления в местах соприкосновения торцов шестерен и втулок

неодинаково (в области камеры всасывания меньше, чем в области камеры нагнетания), площадь камеры 3 со стороны противоположной камеры всасывания, во избежание переноса втулок 2 и 6, искусственно уменьшается путем введения резинового уплотнительного кольца 9 на величину заштрихованной на рисунке площади.

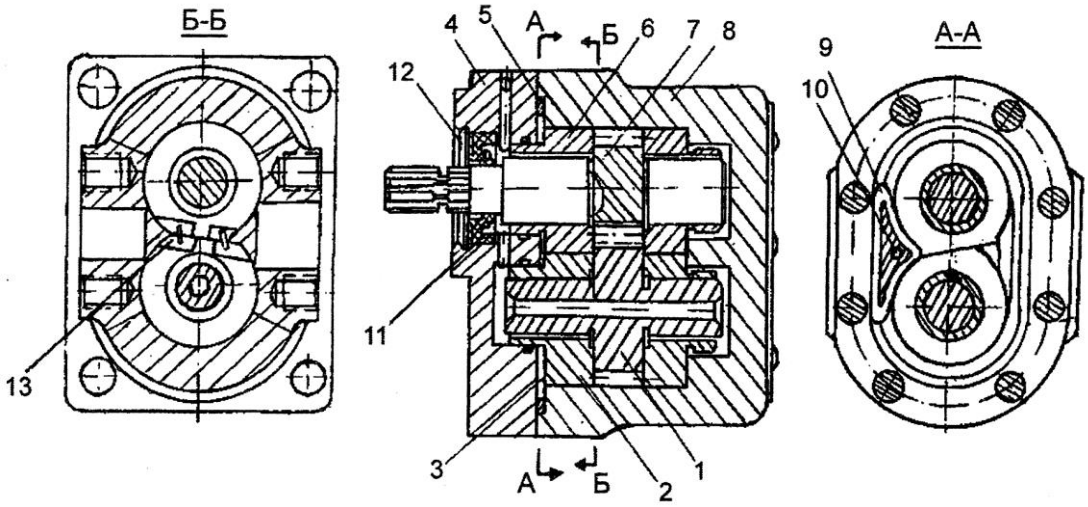


Рис. 2.1. Конструкция шестеренного насоса типа НШ-10

Камера, ограниченная уплотнительным кольцом 9, соединяется отверстием 10 с полостью всасывания насоса. Уплотнение между корпусом 8 и крышкой 4 осуществляется с помощью резинового кольца 5. Уплотнение приводного вала осуществляется при помощи резинового манжета 11, закрепленного металлическим кольцом 12.

Работа насоса происходит следующим образом. Вращение ведущей шестерни 7 передается на ведомую 1.

При вращении шестерен в полости всасывания зубья шестерен выходят из впадин, а эти впадины заполняются перекачиваемой жидкостью. Затем, жидкость переносится зубьями шестерен к полости нагнетания. Здесь зубья шестерен входят во впадины и вытесняют из них жидкость в напорную магистраль. Защемленная во впадинах зубьев жидкость по каналам 13 перетекает в полость нагнетания.

2.2. Цель работы

1. Изучить устройство объемного насоса шестеренного типа НШ-10;
2. Определить характеристики насоса:
3. Объяснить полученный вид характеристик насоса.

2.3. Описание установки и методика проведения опытов

Установка, схема которой: показана на рис. 2.2, состоит из шестеренного насоса 4, балансирного электродвигателя 12 и нагрузочного

устройства 6, мерного бака 8, устройства для определения уровня жидкости в мерном баке 10. Для хранения необходимого объема рабочей жидкости и частичного ее охлаждения служит бак 1, в котором расположены трубы для охлаждения рабочей жидкости.

Насос 4 предназначен для преобразования энергии электродвигателя в энергию рабочей жидкости. Балансирный электродвигатель 12 приводит в действие насос и позволяет определить крутящий момент на валу, т. е. передаваемую насосу мощность.

Нагрузочное устройство 6 - дроссель с регулятором и предохранительным клапаном позволяет изменять давление нагнетания насоса в диапазоне p = 10 - 100 кгс/см^2 (1 - 10 МПа).

Мерный бак 8 и устройство для определения уровня жидкости 10 служат для определения объема жидкости, подаваемого насосом в напорную магистраль за некоторый отрезок времени.

Секундомером замеряют время, за которое, повышается уровень жидкости в мерном баке от отметки ∇_1 до отметки ∇_2. Частота вращения вала насоса определяется с помощью электрического счетчика оборотов. Уравновешивающая сила на статоре электродвигателя определяется с помощью рычажных весов.

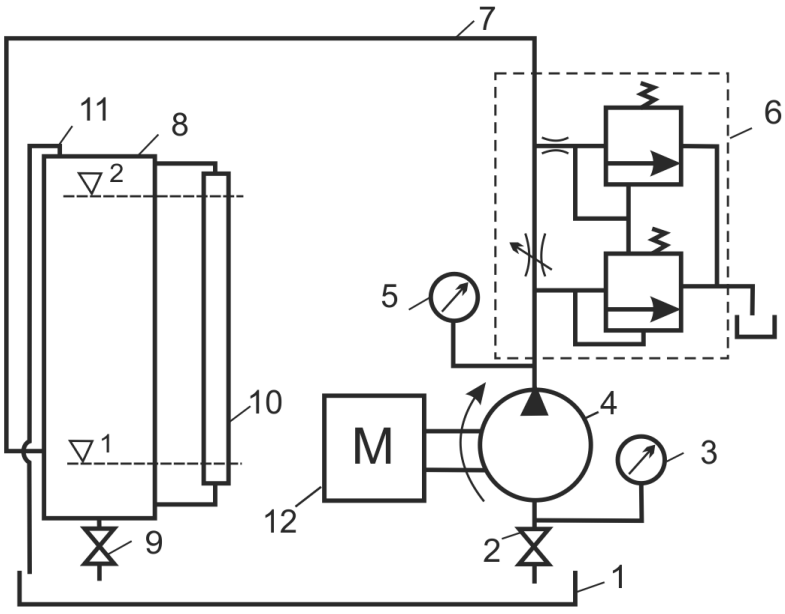


Рис. 2.2. Схема экспериментальной установки

Перед включением установки следует проверить исправность всех элементов и приборов, убедиться в том, что дроссель 6 открыт полностью (рукоятка повернута против часовой стрелки до упора). После этого включить электродвигатель и дать насосу поработать 5 - 8 минут, чтобы прогреть рабочую жидкость и смазку уплотнений и подшипников.

Опыты рекомендуется вести в следующей последовательности.

1. Вращая рукоятку дросселя по часовой стрелке, открыть его так, чтобы давление нагнетания насоса $p_н$, определяемое по манометру 5, было 1МПа.

2. Закрыть кран 9 на мерном баке (уровень жидкости в баке начнет подниматься) и определить с помощью секундомера время наполнения мерного бака от отметки ∇_1 до отметки ∇_2.

Определить частоту вращения вала насоса n.

Определить уравновешивающую силу C.

После определения времени наполнения бака сразу же открыть кран 9 (во избежание перелива бака).

3. Вращая рукоятку дросселя 6, установить последовательно давление нагнетания р от 2 до10 МПа и проделать операции по пункту 2.

4. После проведения всех опытов необходимо привести установку в исходное положение и остановить насос.

2.4. Методика обработки опытных данных

Обработку опытных данных рекомендуется проводить в следующей последовательности.

1. Подачу насоса определить по формуле:

$$Q = \frac{(\nabla_2 - \nabla_1)\Omega}{t}, \qquad (2.2)$$

где : Ω — площадь мерного бака; t - время наполнения мерного бака;

∇_1 и ∇_2. - отметки уровня жидкости.

2. Крутящий момент на валу электродвигателя (насоса), определить по формуле:

$$M_{кр} = Gl, \qquad (2.3)$$

где: G - уравновешивающая сила;

l - плечо уравновешивающей силы.

3. Передаваемую электродвигателем насосу мощность (потребляемую насосом) определить по формуле

$$N = M_{кр}\, 2\pi n, \qquad (2.4)$$

где: n - частота вращения вала электродвигателя.

4. Полезную мощность насоса определить по формуле

$$N_n = p_н Q, \qquad (2.5)$$

где $p_н$—давление нагнетания, развиваемое насосом.

5. Коэффициент полезного действия насоса определить по формуле

$$\eta = \frac{N_n}{N} \qquad (2.6)$$

6. Рабочий объем насоса определить по формуле

$$q = \frac{Qг}{N} \qquad (2.7)$$

где: $Q_г$ - геометрическая подача насоса (при давлении нагнетания насоса $p_н$=0), которая определяется после построения графика $Q = f(p_н)$.

7. Построить графики характеристик насоса, проанализировать их характер и сделать выводы по работе.

Запись опытных данных вести согласно таблице 2.1. На график рис.2.3. нанести результаты проведенных опытов и выполненных расчетов для построения трех зависимостей:

- подачи насоса $\boldsymbol{Q = f(p_н)}$
- потребляемой мощности насоса $\boldsymbol{N = \varphi(p_н)}$
- коэффициента полезного действия насоса $\boldsymbol{\eta = \psi(p_н)}$

Табл.2.1.

Опытные данные и результаты обработки

Опытные данные					Результаты обработки				
∇_1=0 ∇_2 =0,25м Ω=0,0177м^2 l=0,176м					q =				
№	$p_н$	G	t	n	Q	M	N	$N_п$	η
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

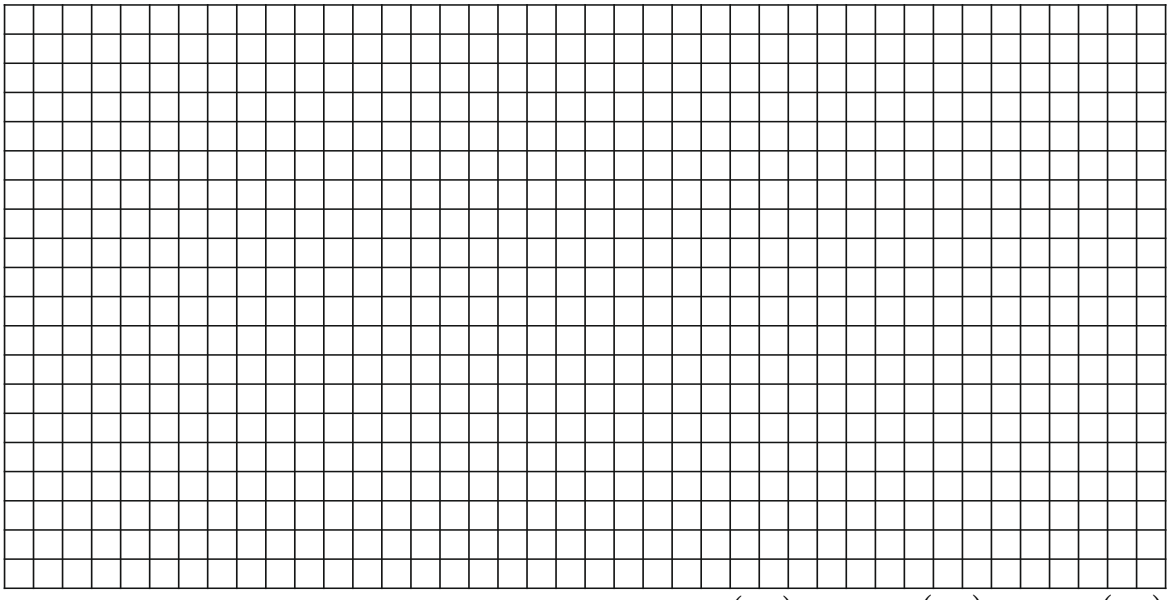


Рис.2.3. Сетка для построения графиков $\boldsymbol{Q = f(p_н)}$, $\boldsymbol{N = \varphi(p_н)}$, $\boldsymbol{\eta = \psi(p_н)}$.

2.5. Список вопросов к защите лабораторной работы.

1. Пояснить принцип действия шестеренного насоса.
2. В каком направлении происходит движение жидкости.
3. Каким способом измеряется подача насоса?
4. Пояснить понятие «запертый объем».
5. Перечислить основные недостатки шестеренных гидромашин.
6. С какими типами жидкостей может работать насос этого типа?
7. дать расшифровку марки насоса НШ-10.
8. Указать главную характеристику шестеренного насоса.
9. Области применения шестеренных насосов.
10. Какое максимальное давление может создать шестеренный насос?

Работа выполнена:

_____

Работа защищена:

_____

Лабораторная работа №3
Изучение элементов гидропривода возвратно-поступательного и вращательного движения

3.1. Основные положения и расчетные зависимости

В гидроприводе возвратно-поступательного движения энергия потока жидкости преобразуется в энергию возвратно-поступательного движения выходного звена.

К гидродвигателям возвратно-поступательного движения относятся силовые гидроцилиндры одностороннего и двухстороннего действия. В гидроцилиндрах одностороннего действия движение штока в одном направлении происходит под воздействием рабочей жидкости под давлением, а возврат штока в исходное положение осуществляется под действием пружины или силы тяжести рабочего оборудования машины. В гидроцилиндрах двухстороннего действия движение штока под воздействием рабочей жидкости под давлением происходит в двух направлениях.

В зависимости от конструкции рабочей камеры гидроцилиндры подразделяются на поршневые, плунжерные, телескопические, мембранные и сильфонные. Наиболее часто встречаются поршневые гидроцилиндры с односторонним штоком.

Конструкция поршневого гидроцилиндра двухстороннего действия с односторонним штоком приведена на рис. 3.1. Основными элементами его являются корпус (гильза) 1, поршень 2, шток 3, задняя 4 и передняя 14

крышки, проушины штока 5 и гильзы 15, гайка 6, уплотнения поршня 10 и 11, втулка 12, штока 7 и крышек 8, а также каналы для подвода жидкости к рабочим и отвода из нерабочих полостей 9 и 13.

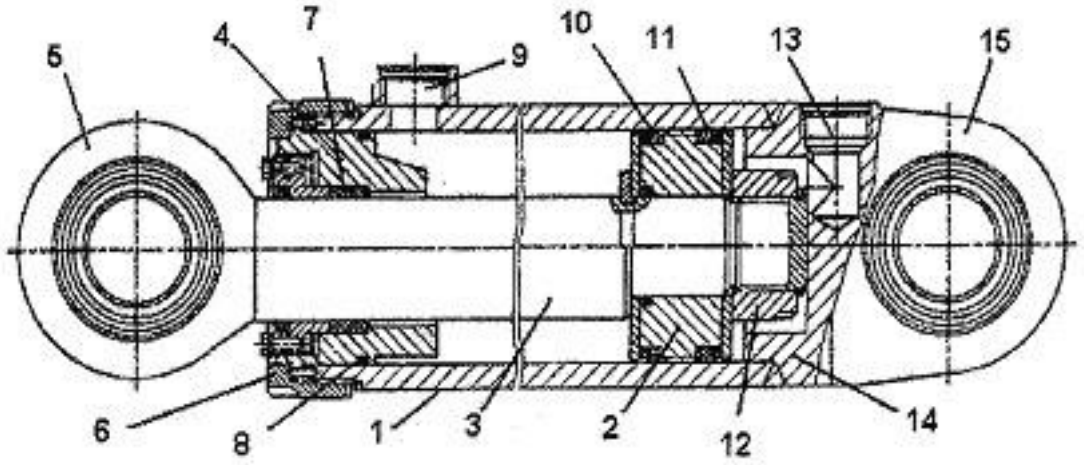


Рис. 3.1. Гидроцилиндр двухстороннего действия

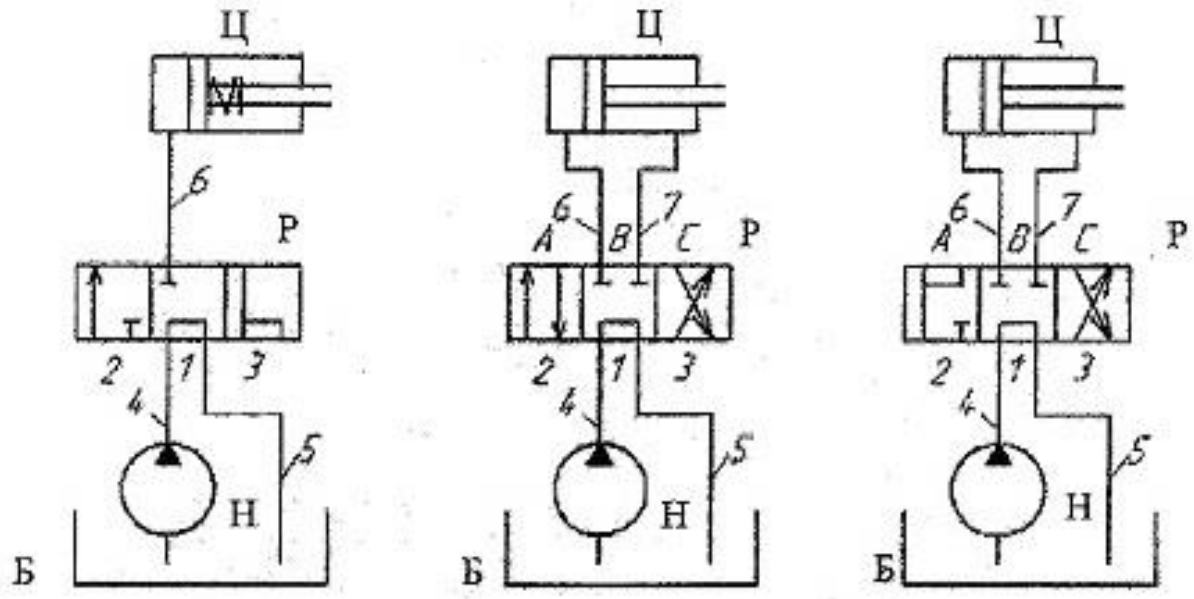
Пример схемы включения поршневого гидроцилиндра одностороннего действия с пружинным возвратом штока приведен на рис. 3.3, а. Она содержит гидроцилиндр Ц, трехпозиционный трехлинейный гидрораспределитель Р, насос Н и бак Б



Рис. 3.2. Схема условного изображения гидроцилиндров:
а - одностороннего действия, ***б*** - двухстороннего действия

Если золотник гидрораспределителя Р находится в нейтральной позиции 1, то жидкость от насоса по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 5 идет в бак, поршневая полость гидроцилиндра заперта и шток находится в неподвижном состоянии. Если золотник гидрораспределителя переместить в рабочую позицию 2, то жидкость от насоса под давлением по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 6 пойдет в поршневую полость гидроцилиндра и начнет вытеснять поршень. Поршень под действием силы давления жидкости сжимает пружину и выдвигает шток. Если золотник гидрораспределителя переместить в рабочую позицию 3, то поршневая полость гидроцилиндра и насос одновременно окажутся соединенными с баком. Жидкость от насоса по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 5 пойдет в бак, а из поршневой полости гидроцилиндра будет вытесняться поршнем под действием пружины и по гидролинии 6, каналу золотника и гидролинии 5 также пойдет в бак.

Схемы включения поршневого гидроцилиндра двухстороннего действия приведены на рис. 3.4, б и в. Они содержат гидроцилиндр Ц, трехпозиционный четырехлинейный гидрораспределитель Р, насос Н и бак Б.



а *б* *в*

Рис. 3.3. Схема включения поршневых гидроцилиндров:

Схема включения поршневого гидроцилиндра двухстороннего действия, приведенная на рис. 3.4, 6 позволяет подключать в качестве рабочей либо поршневую, либо штоковую полости. Если золотник гидрораспределителя Р находится в нейтральной позиции 1, то жидкость от насоса по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 5 идет в бак, поршневая и штоковая полости гидроцилиндра заперты в шток находится в неподвижном состоянии. Если золотник гидрораспределителя переместить в рабочую позицию 2, то мы получим схему включения гидроцилиндра с поршневой рабочей полостью.

Жидкость от насоса под давлением по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 6 пойдет в поршневую полость гидроцилиндра и начнет вытеснять поршень. Поршень под действием силы давления жидкости выдвигает шток и вытесняет жидкость из нерабочей штоковой полости в бак по гидролинии 7, каналу золотника и гидролинии 5.

Если золотник гидрораспределителя переместить в рабочую позицию 3, го получим схему включения гидроцилиндра со штоковой рабочей полостью. Жидкость от насоса по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 7 пойдет в штоковую полость, а из поршневой полости гидроцилиндра будет вытесняться поршнем по гидролинии 6, каналу золотника и гидролинии 5 в бак.

Схема дифференциального включения гидроцилиндра (рис. 3.3, в) отличается лишь исполнением второй рабочей позиции гидрораспределителя.

Как и предыдущем случае, если золотник гидрораспределителя Р находится в нейтральной позиции 1, то жидкость от насоса по гидролинии 4, каналу золотника и гидролинии 5 идет в бак, поршневая и штоковая полости гидроцилиндра заперты и шток находится в неподвижном состоянии. для получения дифференциальной схемы включения гидроцилиндра необходимо переместить золотник гидрораспределителя в рабочую позицию 2. В этом случае жидкость от насоса под давлением по гидролинии 4, каналам золотника и гидролиниям 6 и 7 одновременно подводится к поршневой и штоковой полостям гидроцилиндра. Так как, из-за разницы рабочих площадей поршня, сила давления жидкости со стороны поршневой полости больше, чем сила давления жидкости со стороны штоковой полости, будет происходить выдвижение штока из гидроцилиндра.

Если золотник гидрораспределителя переместить в рабочую позицию 3, то получим схему включения гидроцилиндра со штоковой рабочей полостью. Произойдет втягивание штока.

3.2. Цели работы

1. Изучить устройство и принцип действия гидродвигателей возвратно-поступательного и вращательного движения (силовых гидроцилиндров, гидромоторов);
2. Освоить методику расчета усилия на штоке гидроцилиндра и скорости движения штока в зависимости от схемы включения, конструктивных параметров и давления жидкости.

3.3. Описание установки и порядок проведения опытов

Для выполнения работы используется лабораторный стенд объемного гидропривода, макет и образцы силовых гидроцилиндров.

Стенд состоит из насосной станции, гидрораспределителя и силового гидроцилиндра. Структурная схема стенда приведена на рис. 3.4.

Насосная станция предназначена для питания стенда и включает насос Н с приводом от электродвигателя М, гидробак Б, переливной гидроклапан КП, клапан обратный КО, манометр МН и золотник включения манометра Р2, и фильтр Ф. Гидрораспределитель золотниковый секционного типа. Состоит из трех секций. Подвод жидкости от насоса к гидрораспределителю и отвод жидкости в бак

осуществляется через напорную секцию с помощью рукавов высокого давления 1-6.

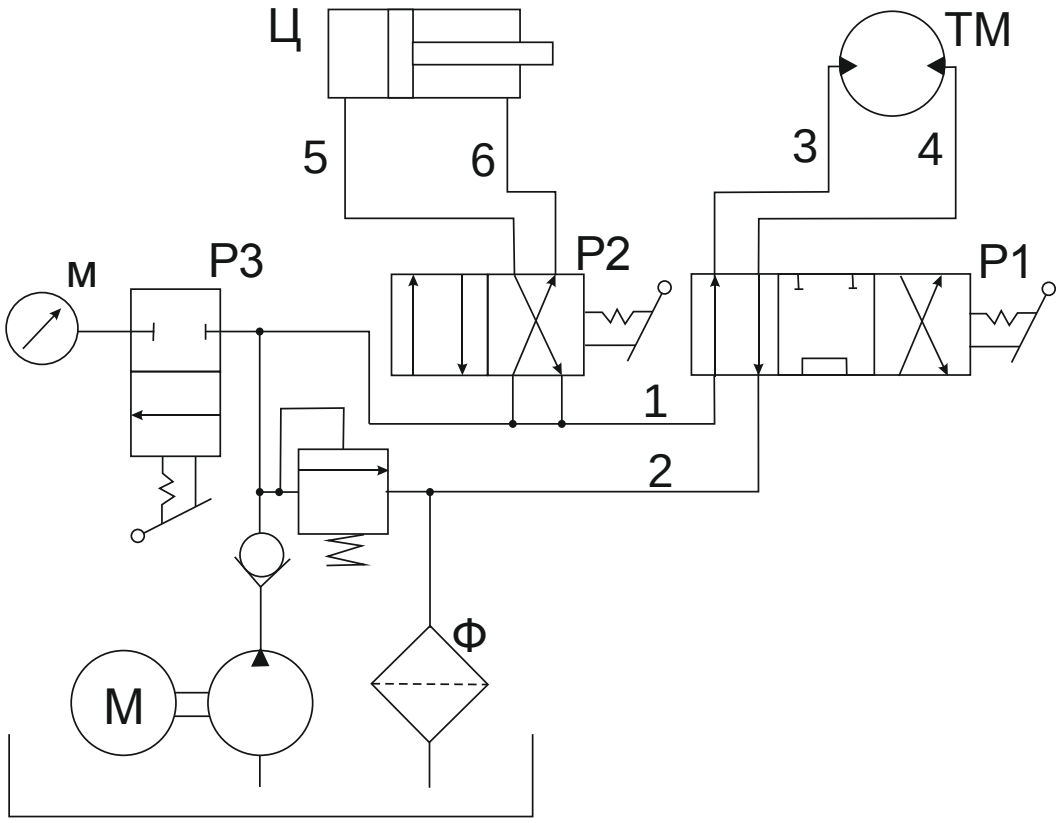


Рис.3.4. Стенд объемного гидродвигателя

В качестве гидродвигателя стенда, макетов и образцов гидроцилиндров представлены поршневые гидроцилиндры двухстороннего действия с односторонним штоком. Основными элементами их являются корпус (гильза), поршень, шток, задняя и передняя крышки, проушины гильзы и штока, уплотнения поршня, штока и крышек, а также каналы для подвода жидкости к рабочим полостям и отвода жидкости из нерабочих полостей.

Перед включением установки следует визуально проверить исправность всех элементов и приборов. После этого включить электродвигатель и дать насосу поработать 1 - 2 минуты, чтобы прогреть рабочую жидкость и смазку уплотнений и подшипников.

Опыты рекомендуется вести в следующей последовательности.

1. Повернуть рукоятку распределителя Р2 в крайнее левое положение. При этом измерить время выдвижения штока ***t*** и длину рабочего хода штока L.

2. Повернуть рукоятку распределителя Р2 в крайнее правое положение. При этом измерить время обратного хода штока ***t***.

3. Повернуть рукоятку распределителя Р1 в крайнее левое положение. Измерить время 10 оборотов рабочего колеса гидромотора ***t***.

3. Повернуть рукоятку распределителя Р1 в центральное положение. Зафиксировать остановку колеса.

4. Повернуть рукоятку распределителя Р1 в крайнее правое положение. Измерить время 10 оборотов рабочего колеса гидромотора в обратном направлении ***t***.

5. На каждом этапе фиксировать величину давления $P_{ном}$ в системе по манометру.

3.4. Методика расчетов

Исходные данные.

Таблица 3.1.

$P_{ном}$, МПа	10	12	16	20	25
$D_п$, мм	20	30	40	50	60
Q, л/мин	5	10	20	40	60
$F_п$, мм^2	314,2	706,8	1256	1962,5	2828,4
$F_ш$, мм^2	224,4	504,9	897	1401,8	2019,5
$\Delta P_н$, $\Delta P_{сл}$, МПа	0,5				

1. Определение зависимости усилий развиваемых гидроцилиндром от давления жидкости при постоянном диаметре поршня $D_П$ = 20мм.

Усилие $R_ц$, развиваемое поршневым гидроцилиндром одностороннего действия при установившемся движении, определяют по формуле:

$$R_ц = (P_{ном} - \Delta P_н) F_П \eta_{гмц}, \quad (3.1.)$$

где: $P_{ном}$ - номинальное давление жидкости, МПа;

$\Delta P_н$ - гидравлические потери в гидролинии напора, МПа;

$F_П$ - площадь поршневой полости гидроцилиндра, м^2,

$\eta_{гмц}$ - гидромеханический КПД гидроцилиндра.

Усилия, развиваемые поршневыми гидроцилиндрами двухстороннего действия с односторонним штоком при установившемся движении, определяют в зависимости от схемы их включения по формулам:

с поршневой рабочей полостью

$$R_{ц1} = [(P_{ном} - \Delta P_н) F_П - \Delta P_{сл} F_Ш] \eta_{гмц}, \quad (3.2.)$$

со штоковой рабочей полостью

$$R_{ц2} = [(P_{ном} - \Delta P_н) F_Ш - \Delta P_{сл} F_П] \eta_{гмц}, \quad (3.3.)$$

где $\Delta P_н$ и $\Delta P_{сл}$ - гидравлические потери соответственно в гидролинвях напора и слива;

$F_ш$ - площадь штоковой полости гидроцилиндра, м^2.

Пример:

$$R_{ц1} = \left[\left(P_{ном} - \Delta P_н\right)F_П - \Delta P_{сл} F_Ш\right]\eta_{гмц} = [(10\text{-}0.5)\cdot 314.2\text{-}0.5\cdot 224.4]\cdot 0.95 = 2729 \text{ Н}$$

$$R_{ц2} = \left[\left(P_{ном} - \Delta P_н\right)F_Ш - \Delta P_{сл} F_П\right]\eta_{гмц} = [(10\text{-}0.5)\cdot 224.4\text{-}0.5\cdot 314.2]\cdot 0.95 = 1875.9 \text{Н}$$

Посчитав по формулам результаты, записать их в таблицу:3.3.

Таблица 3.3.

Расчет усилий гидроцилиндра.

$P_{ном}$, МПа					
$R_{ц1}$, Н					
$R_{ц2}$, Н					

По полученным данным построим график $R_ц = f(P_{ном})$.

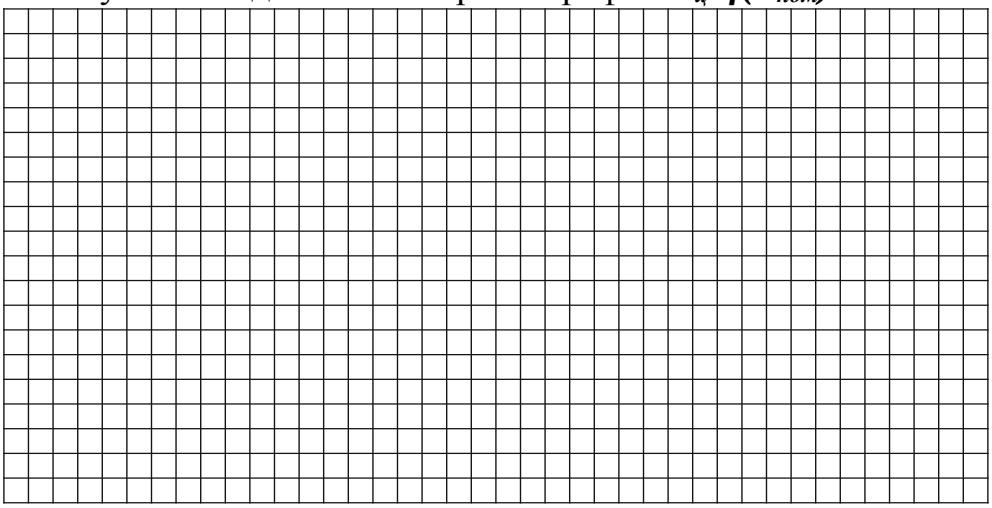


Рис.3.5. График зависимости усилий гидроцилиндра от номинального давления жидкости $R_ц = f(P_{ном})$

Из графика можно сделать вывод, что давление штоковой и поршневой полостей разное из-за разных площадей $F_ш$ и $F_п$.

2. Определение зависимости усилий развиваемых гидроцилиндром от давления жидкости при постоянном $P_н$=10МПа.

Усилие $R_ц$, развиваемое поршневым гидроцилиндром одностороннего действия, определяют по формулам 3.2. и 3.3.

Посчитав по данным формулам результаты, сведем их в таблицу:3.3.

Таблица 3.3.

Расчет усилий гидроцилиндра.

$D_п$, мм					
$R_{ц1}$, Н					
$R_{ц2}$, Н					

По полученным данным построим график $R_ц=f(D_п)$:

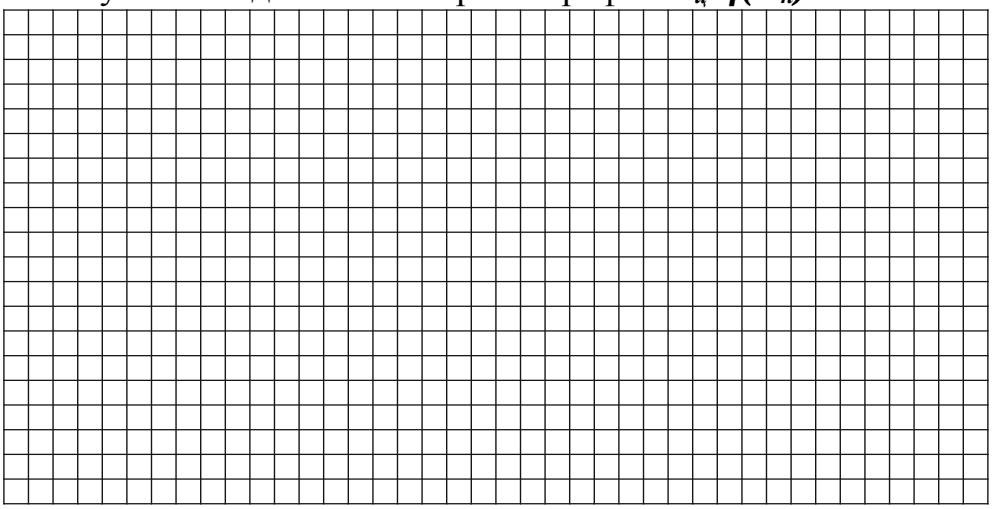


Рис.3.6. График зависимости усилий гидроцилиндра от диаметра поршня $R_ц=f(D_п)$

Из графика видно, что с увеличением диаметра поршня усилие возрастает.

3. Определение зависимости скорости штока от диаметра гидроцилиндра при постоянном диаметре поршня $D_П$ = 20мм.

Скорость штока гидроцилиндра $v_ц$ определяют в зависимости от схемы его включения по формулам:

с поршневой рабочей полостью

$$v_ц = \frac{Q}{F_п}, \qquad (3.4.)$$

со штоковой рабочей полостью

$$v_ц = \frac{Q}{F_ш}, \qquad (3.5.)$$

Пример:

$$v_{ц1} = \frac{Q}{F_п} = \frac{5}{314{,}2} = 0{,}0159 \text{ л/мин}$$

$$v_{ц2} = \frac{Q}{F_ш} = \frac{5}{224{,}4} = 0{,}022 \text{ л/мин}$$

Посчитав по формулам результаты, записать их в таблицу:3.4.

Таблица 3.4.

Расчет скорости штока гидроцилиндра.

Q, л/мин					
$v_{ц1}$					
$v_{ц2}$					

По полученным данным построить график $v_ц=f(Q)$.

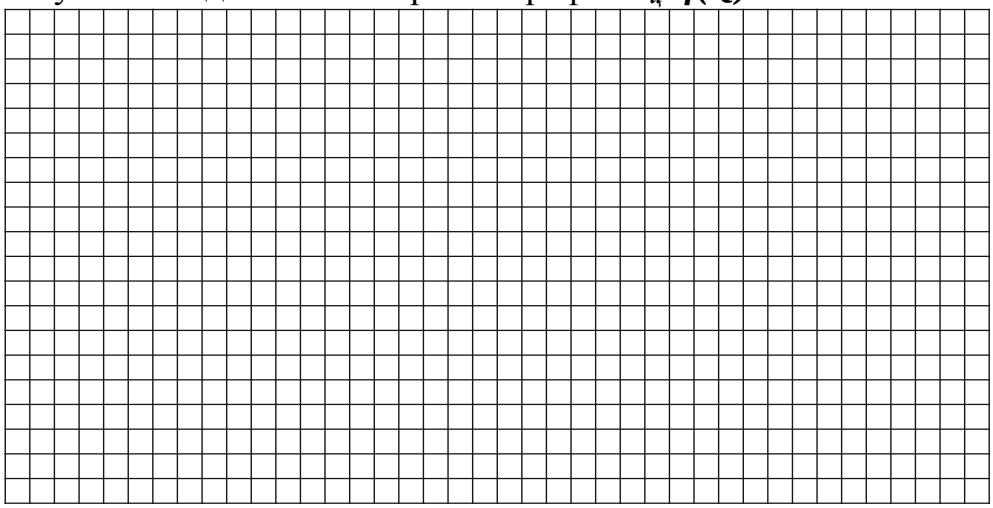


Рис.3.7. График зависимости усилий гидроцилиндра от номинального давления жидкости $v_ц=f(Q)$

Из графика видно, что при данном объеме скорость штока со штоковой рабочей полостью больше, чем с поршневой.

4. Определение зависимости скорости штока от диаметра гидроцилиндра при постоянном расходе жидкости Q=60 л/мин.

Скорость штока гидроцилиндра $v_ц$, определить по формулам 3.4. и 3.5.

Посчитав по формулам результаты, записать их в таблицу:3.5.

Таблица 3.5.

Расчет скорости штока гидроцилиндра.

$D_п$, мм					
$v_{ц1}$					
$v_{ц2}$					

По полученным данным построим график $v_ц=f(D_п)$.

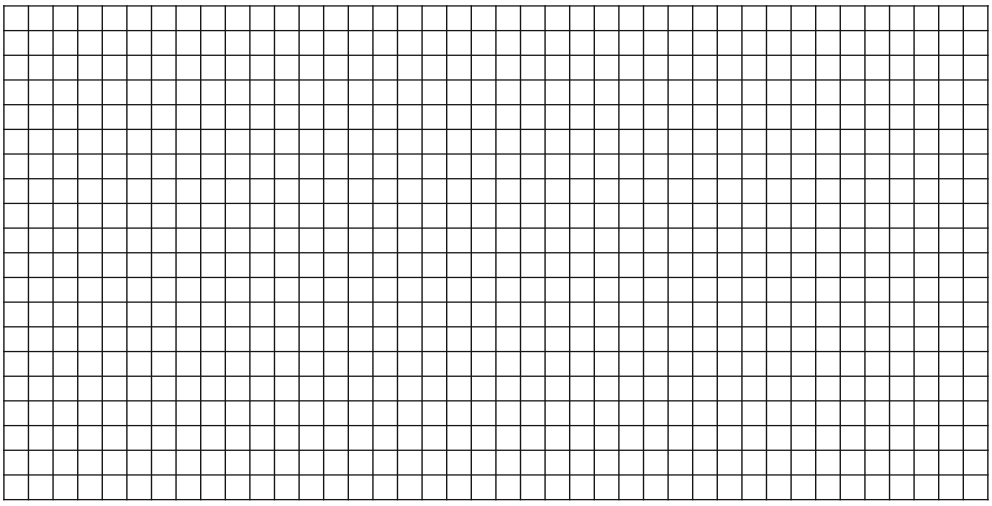


Рис.3.8 График зависимости усилий гидроцилиндра от диаметра поршня $v_ц=f(D_п)$

Из графика видно, что при данном диаметре поршня скорость штока со штоковой рабочей полостью больше, чем с поршневой.

5. Определение скорости движения рабочих элементов гидропривода.

Определить скорость движения штока.

Определить скорость движения рабочего колеса гидромотора.

Рассчитать расход жидкости Q и потери давления ΔP

Результаты записать в таблицу 3.5.

Таблица 3.5.

Режим работы гидропривода	$P_{ном}$, МПа	t, с	v, м/с	Q, л/мин	ΔP, МПа
Рабочий ход штока					
Обратный ход штока					
Вращение гидромотора по часовой стрелке					
Вращение гидромотора против часовой стрелки					

6. Выводы по проделанной работе и результатам расчетов.

_____
_____
_____
_____
_____

_____
_____
_____

7. Список вопросов к защите лабораторной работы

1. Что такое гидропередача.
2. Дать определение объемного гидропривода.
3. Классификация гидроцилиндров.
4. Принцип действия объемной гидромашины.
5. Рабочие жидкости гидропривода.
6. Гидрораспределители. Назначение, классификация.

Работа выполнена _____

Работа защищена _____

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Н.И. Объемный гидропривод лесных машин. Учебник. М. ГОУ ВПО МГУЛ, 2006, 314 с.
2. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. М. Машиностроение, 2008, 640 с.

Дмитриева Ирина Николаевна
Григорьев Глеб Владимирович
Калистратов Александр Викторович

ГИДРАВЛИКА

ГИДРОПРИВОД

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех форм обучения по направлениям
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
23.03.01 «Технология транспортных процессов»,
23.03.03 «Эксплуатация транспортных
и технологических машин и комплексов»,
350302 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»