

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт» (филиал) СКФУ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине  
«Направления развития технического контроля и испытаний  
технологического оборудования»

Направление подготовки/специальность      15.04.02 Технологические машины  
и оборудование

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Направления развития технического контроля и испытаний технологического оборудования». Указания предназначены для студентов направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составители

Е.В. Вернигорова, ст. преподаватель

Отв. редактор

А.И. Свидченко, канд. техн. наук, доцент.

## Содержание

Введение.....	4
Лабораторная работа №1. Алгоритм диагностирования машин и оборудования.....	5
Лабораторная работа №2. Патентные исследования по объекту – методы и средства технической диагностики.....	6
Лабораторная работа №3. Диагностика гидропривода возвратно-поступательного действия.....	9
Лабораторная работа №4. Диагностика гидропривода с регулируемым насосом.....	18
Лабораторная работа №5. Диагностика гидрораспределителя.....	24
Список используемых источников.....	31

## Введение

Диагностика технического состояния и рабочих параметров технологических машин и оборудования направлена на решение ряда актуальных задач:

- проверку работоспособности машины в целом и ее составных частей;
- поиск дефектов;
- сбор и анализ данных для оценки и прогнозирования остаточного ресурса работы;
- контроль технического состояния узлов и агрегатов для регламентации периодичности технического обслуживания и ремонта.

Диагностика систем технологических машин и оборудования включает в себя: оценку степени изношенности узлов и целесообразность их ремонта или замены; выявление и устранение неисправности; предотвращение поломки и повреждения механизмов, входящих в систему; минимизация финансовых потерь, связанных с простоями техники из-за возможных неисправностей.

Конечной целью при этом ставится повышение эффективности работы, ремонтов и технического обслуживания за счет сокращения времени unplanned простоев машин.

Общие тенденции дальнейшего развития и совершенствования методологии испытаний и диагностики технологических машин и оборудования заключаются в следующих основных направлениях: унификация и универсализация метрологического обеспечения, включая схемы установки датчиков и формулы для вычисления различных параметров машин и отдельных узлов и агрегатов; повышение точности измерений диагностируемых параметров; применение приборов, работающих в ультразвуковом диапазоне, для неразрушающего контроля состояния элементов конструкции; использование пакетов автоматизированной обработки данных на компьютере.

В учебно-методическом пособии вопросы общепринятых представлений по диагностике машин рассмотрены, прежде всего, с точки зрения решения практических задач.

## Лабораторная работа №1.

### АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

**Цель работы:** изучить вопросы технической диагностики, выполняемой для оценки технического состояния систем технологических машин и оборудования в целом.

**Задачи:** овладеть навыками выбора методов и средств, применяемых для диагностирования систем технологических машин, назначения диагностируемых параметров и разработки алгоритма диагностирования; получить опыт обоснования выбора диагностического оборудования.

**Оборудование и материалы:** персональный компьютер с подключением к сети «Интернет», USB Flash Drive, руководства по эксплуатации машин и оборудования.

#### Порядок выполнения работы

1. Ставьте технологическую схему выявления неисправностей машин указанных в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наименование машины	автогрейдер	экскаватор	бульдозер	асфальтоукладчик	грунторез	автопогрузчик	скрепер	каток дорожный	автокран	фреза дорожная

2. Проведите диагностирование системы (электрической, гидравлической, ДВС и т. п.) по выбору студента, согласно варианту и машине указанной в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Возможная неисправность	Причина возникновения	Способ устранения	Применяемое диагностическое оборудование

3. Разработайте алгоритм диагностирования.

4. Определите виды оборудования, которое необходимо для

проведения диагностических операций систем машин.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое диагностика, и для каких целей её проводят?
2. Какие системы технологических машин и оборудования чаще всего должны подвергаться технической диагностике?
3. Какие методы применяют для оценки технического состояния машин и оборудования?
4. Назовите основные виды оборудования, применяемые при диагностике.

### **Лабораторная работа № 2.**

#### **ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБЪЕКТУ – МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Цель работы:** получить знания и навыки проведения исследования технического уровня и тенденций развития методов и средств диагностирования гидроприводов технологических машин и оборудования автодорожного комплекса на основе патентной и другой информации.

**Задачи:** овладеть навыками составления описания на изобретение средства измерения, формулы изобретения, ориентации в классификации изобретений для проведения патентного поиска при решении технической задачи.

**Оборудование и материалы:** персональный компьютер с подключением к сети «Интернет», патенты на изобретения.

#### **Задание**

1. Провести патентный поиск для определения уровня развития техники по теме «Методы и устройства диагностирования гидроприводов и гидропередаточных устройств»
2. В соответствии с правилами оформления изобретения составить описание на изобретение объекта исследования, формулу изобретения, эскиз объекта исследования.

## Порядок выполнения работы

1. Найти Интернет-ресурсы, на которых размещены информационные ресурсы: патентные БД (российские или зарубежные, БД научно-технической информации).

2. Сохранить адреса найденных Интернет-ресурсов в Избранном (структурировать материал, по видам ресурсов, по странам ...и т. п. на усмотрения студента). Глубина патентного поиска - 15 лет.

3. Заполнить таблицу с результатами поиска. Принятые к анализу изобретения представить в виде таблицы 2.1.

4. Провести анализ патентной документации.

5. Составить отчет по лабораторной работе.

Таблица 2.1

### Патентная документация для определения технического уровня и перспектив развития объекта исследования

Страна патентования, номер патента, дата приоритета МПК	Название изобретения	Техническая сущность изобретения	Источники поиска, Интернет-ресурсы (URL)
<i>Например:</i>			
Патент России, RU 2498120, 10.11.2013 F15B19/00 - Установки или системы с аккумуляторами; расходные резервуары или отстойники	Стенд для испытаний гидроцилиндров	За счет сообщения поршню испытываемого гидроцилиндра дополнительной скорости вращения, суммарная скорость его относительно цилиндра увеличивается, что позволяет снизить наработку на отказ и, соответственно, сократить продолжительность испытаний.	<a href="http://www.freepatent.ru/patents/2498120">http://www.freepatent.ru/patents/2498120</a>

### Методические рекомендации по выполнению задания

Патентный поиск проводится с целью установления уровня технического решения, объема прав патентообладателя и условий их реализации, выявления прототипа решаемой задачи.

Поиск патентной информации, как правило, проводится как в соответствии с классификационными рубриками МПК (НПК), так и по ключевым словам (терминам).

Для определения технических терминов, относящиеся к объекту поиска, рекомендуется использовать Алфавитно-предметный указатель к МПК (АПУ), с помощью которого можно выйти на точную группу МПК. Введение к АПУ содержит инструкцию по его использованию.

Если по АПУ не представляется возможным найти подходящую область поиска, следует просмотреть все восемь разделов МПК, выбирая подходящие подразделы или классы по их заголовкам.

Альтернативным методом может быть поиск по тексту с помощью тождественных технических терминов по базам данных, содержащих полные тексты или рефераты патентных документов, с последующим статистическим анализом индексов классификации, присвоенных выявленным документам.

Неудача в нахождении подходящих документов может указывать, что соответствующее место в МПК не найдено. В таком случае искомый технический объект следует сформулировать иначе, а процедуру нахождения области поиска необходимо пересмотреть.

Выявив часть документов путем проведения поиска в первичном круге информационных ресурсов, целесообразно провести просмотр и оценку полноты полученной информации. В том случае, если полнота полученной информации недостаточна, можно варьировать свой запрос в зависимости от анализа уже выявленных документов и провести дополнительный поиск информационных ресурсов. Затем следует анализ их содержания на предмет соответствия целям и задачам поиска.

На основании анализа выбрать и привести описание объекта исследования, отвечающего последним требованиям науки и техники, не имеющего недостатков аналогов и прототипов, реализующего желаемый технический результат.

### **Содержание отчета**

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель лабораторной работы.

3. Задание.
4. Патентная документация.
5. Описание изобретения.
6. Аналоги и прототипы изобретений.
7. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как определить область техники, к которой относится изобретение?
- 2 Какая информация описывается в характеристике уровня техники? Что называется аналогом и прототипом изобретения?
- 3 Какая информация описывается в сведениях, подтверждающих возможность осуществления изобретения?
- 4 Какая информация описывается в формуле изобретения?

### **Лабораторная работа №3.**

#### **ДИАГНОСТИКА ГИДРОПРИВОДА ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**Цель работы:** получить знания и навыки диагностирования силовых гидроцилиндров.

**Задачи:** ознакомиться со схемами их включения силовых гидроцилиндров и основными зависимостями между входными и выходными параметрами гидроцилиндров, а также освоить методику экспериментальных измерений скорости движения штока и расчёта расхода жидкости на входе в гидроцилиндр.

**Оборудование, измерительные приборы:** маслостанция; лабораторная установка для определения характеристик гидропривода; образцы силовых гидроцилиндров, линейка и секундомер.

#### **Описание лабораторной установки**

Для выполнения работы используется лабораторная установка

объемного гидропривода (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Общий вид стенда объемного гидропривода**

Гидравлическая схема лабораторной установки представлена (рис. 3.2).

Условные обозначения гидравлической схемы рисунка 3.2:

М-Н – насосный агрегат БГ11-22А ( $Q = 12$  л/мин;  $P_{\text{ном}} = 2,5$  МПа,  $n = 1500$  мин<sup>-1</sup>;  $N = 1,5$  кВт);

Б – бак;

Ф – фильтр;

ТМ – термометр;

РХ – расходомер;

$P_1$  – гидрораспределитель с предохранительным клапаном 1Р40А1 ( $Q = 40$  л/мин,  $P = 16$  МПа) – распределяет поток жидкости по полостям гидроцилиндров и предохраняет систему от перегрузки;

ДР1, ДР2 – дроссель с обратным клапаном КВМК 10 G1.1 ( $Q = 32$  л/мин,  $P = 32$  МПа) – регулирует скорость перемещения гидроцилиндров и обеспечивает свободный проход рабочей жидкости в обратном направлении;

ПМ( $P_2$ ) – переключатель манометра ЗМ2.2-320;

М – манометр МТ-160;

ДД – датчик давления ДТ-80Т;

Ц1, Ц2 – гидроцилиндры;

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь (L-CARD – крейтовая система модулей LTR – измерительная система ввода/вывода аналоговых и цифровых данных [1])

ПК – персональный компьютер.

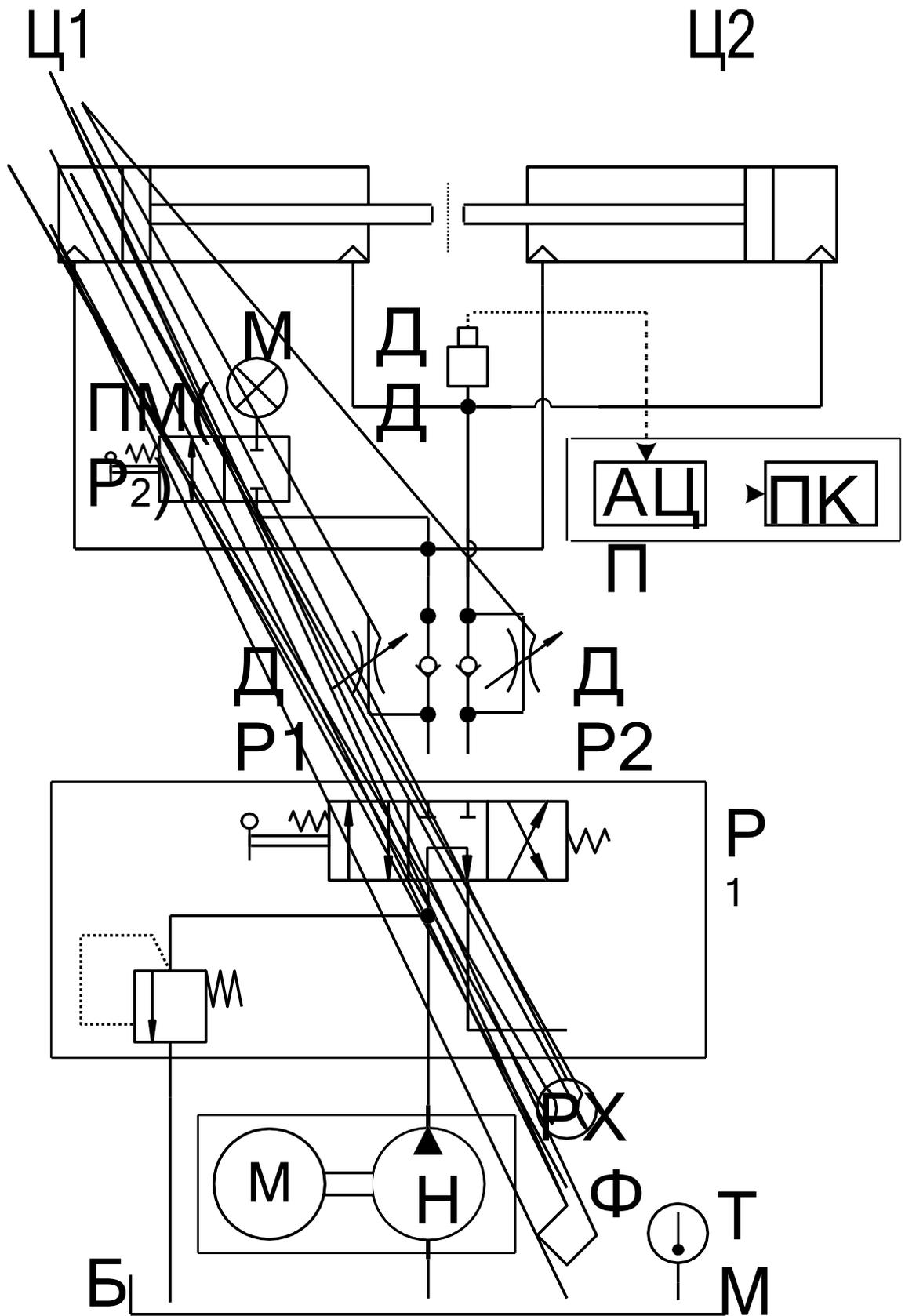


Рис. 3.2. Схема диагностического стенда

## Измерение давления

В качестве источника измерительного сигнала служат датчики давления типа ДТ. Измерения силовых характеристик гидропривода проводятся с помощью датчика давления ДТ-80Т, включенного в общую гидравлическую схему установки в поршневую полость гидроцилиндра (рисунок 3.3).



Рис. 3.3. Датчик давления ДТ-80Т



Рис. 3.4. Тарировочный стенд

Для обработки экспериментальных данных проводится тарировка датчиков давления. Она осуществлялась путем создания давления в гидродомкрате, в поршневой полости которого были установлены тарлируемый датчик и образцовый манометр для фиксации значений давления (рисунки 3.4, 3.5).

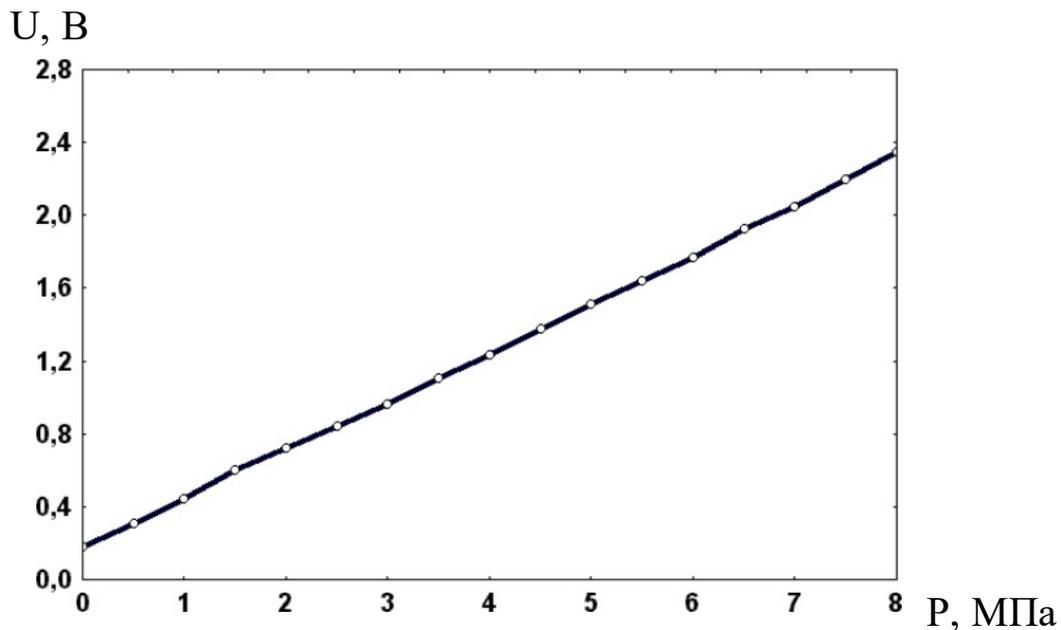
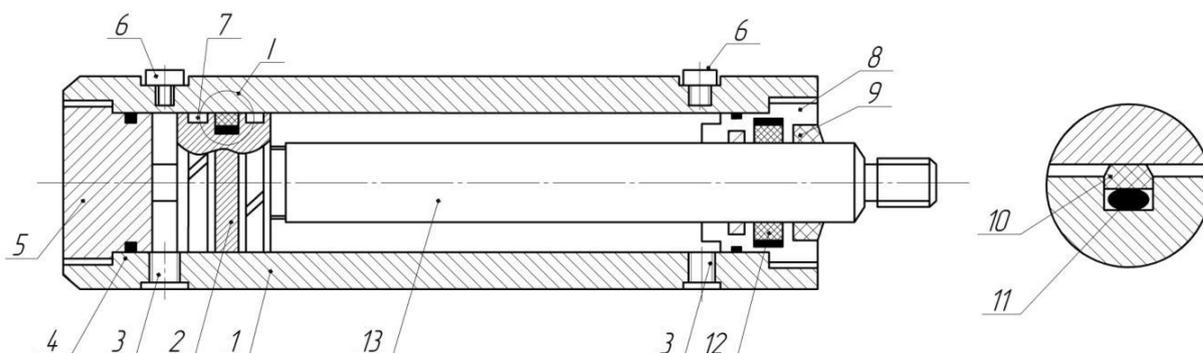


Рис. 3.5. Тарировочные характеристики датчика ДТ-80

## Диагностика неисправностей гидроцилиндров

Конструкция линейного гидроцилиндра двухстороннего действия изображена на рис. 3.6.



1 – гильза цилиндра; 2 – поршень; 3 – отверстия для штуцеров подвода и отвода масла; 4 – уплотнения неподвижных соединений; 5 – резьбовая крышка; 6 – пробки для выпуска воздуха; 7 – опорные кольца поршня; 8 – резьбовая крышка штока; 9 – грязезащитное кольцо; 10 – подвижное уплотнение поршня; 11 – распорное кольцо; 12 – уплотнение штока; 13 – шток

**Рис. 3.6. Гидроцилиндр двухстороннего действия**

Основные неисправности гидроцилиндров и причины их возникновения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

### Характерные неисправности в работе гидроцилиндров, причины их возникновения

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина
1	2
Отсутствие рабочего давления в поршневой полости	Износ или разрушение уплотнения поршня
Потеки масла по штоку	Погнут шток гидроцилиндра.
	Повреждения на внутренней поверхности гидроцилиндра
	Уплотнения поршня и штока повреждены, перекошены или несоответствующего размера
	Износ уплотнений штока

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Нагрев штока и его направляющих, неравномерное с вибрациями движение штока, защемление штока	Наличие высоких боковых нагрузок, ослабление крепления гидроцилиндра
Неравномерное с рывками перемещение штока, повышенные шум и вибрация	Наличие воздуха в полости гидроцилиндра
	Погнут шток гидроцилиндра
	Повреждены стенки гидроцилиндра
	Повреждены или перекошены уплотнения поршня и штока
Скорости выдвигания и втягивания штока под нагрузкой чрезвычайно малы при нормальной подаче насоса и отсутствии утечек через рукава и гидроагрегаты	Установлены уплотнения, не соответствующие комплектации
	Отсутствие герметичности гидроцилиндра

### Порядок проведения работы

1. Изучить гидравлическую схему лабораторной установки объемного гидропривода с силовым гидроцилиндром.
2. Ознакомиться с устройством лабораторной установки.
3. Подключить насосную станцию к источнику питания.
4. Включить пакетный выключатель насосной станции.
5. Включить привод насоса лабораторной установки.
6. Рычагом управления гидрораспределителя включить гидропривод с силовым гидроцилиндром: перевести рычаг управления последовательно вначале в верхнее, а затем нижнее положение. Отметить направление движения штока.
7. Установить линейку вдоль хода штока гидроцилиндра.
8. Включить гидропривод на выдвигание штока и замерить с помощью секундомера время его выдвигания на 200 мм.

9. Одновременно провести запись.
10. Провести расчет скорости выдвижения хода, определить скорость штока и расход жидкости.
11. То же самое выполнить для втягивания штока.
12. Выполнить расчет усилия, развиваемого гидроцилиндром с односторонним штоком, скорости штока для приведенных схем включения гидроцилиндра.
13. Оценить усилие, развиваемого гидроцилиндром при прямом и обратном ходе штока, для определения технического состояния гидроцилиндра.
14. Провести проверку поверхности штока и внутренней поверхности гидроцилиндра на наличие повреждений и износа по результатам прямых измерений:
  - дросселем ДР1 или ДР2 создаем нагрузку. Рабочая жидкость при этом под давлением поступает в гидроцилиндр Ц1 или Ц2 через гидрораспределитель Р<sub>1</sub>;
  - шток с поршнем исследуемого гидроцилиндра перемещаем на 1/5 общей длины хода штока и отключаем гидрораспределитель (переводим в нейтральное положение);
  - в течение 5 минут снимаем показатели манометра М1;
  - выполняем аналогичные действия еще в четырех точках, перемещая шток и поршень гидроцилиндра. Результаты замеров заносим в таблицу 3.4.

### **Обработка и анализ результатов наблюдений и расчетов**

1. Провести расчет скорости штока и вычислить расход жидкости на входе в гидроцилиндр при прямом и обратном ходе.
2. Построить графики зависимости усилия, развиваемого гидроцилиндром от давления жидкости в гидросистеме.
3. Проанализировать результаты. Выявить характер зависимости усилия, развиваемого гидроцилиндром, от давления жидкости.
4. Проанализировать техническое состояние гидроцилиндра.

### **Техника безопасности и противопожарные мероприятия**

Студенты перед началом занятий обязаны пройти

инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале.

Запрещается включать лабораторную установку без разрешения преподавателя.

### Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- описание конструкции и принцип действия силового гидроцилиндра;
- схемы включения силовых гидроцилиндров;
- описание работы гидропривода возвратно-поступательного действия при установке золотника распределителя в нейтральную и рабочие позиции;
- результаты расчетов и графики зависимости усилия развиваемого гидроцилиндром от давления жидкости. Результаты расчетов оформить в таблицы 3.1-3.4, а график по рис. 3.7.
- выводы о техническом состоянии гидроцилиндра.

Таблица 3.1

#### Выдвижение штока гидроцилиндра

Наименование параметра	Результаты измерения и расчета		
	1	2	3
Ход штока $L$ , м			
Время выдвижения штока $\tau$ , с			
Скорость выдвижения штока $V_{ц}$ , м/с			
Расход жидкости на входе $Q_n$ , м <sup>3</sup> /с			

Таблица 3.2

#### Втягивание штока гидроцилиндра

Наименование параметра	Результаты измерения и расчета		
	1	2	3
Ход штока $L$ , м			
Время втягивания штока $\tau$ , с			
Скорость втягивания штока $V_{ц}$ , м/с			
Расход жидкости на входе $Q_{шт}$ , м <sup>3</sup> /с			

Таблица 3.3

**Зависимость усилия на штоке от давления**

Наименование параметра	Значения параметров			
Давление жидкости на выходе насоса, МПа	5	10	15	20
Гидравлические потери в гидролинии напора, МПа	0,50	0,10	0,15	0,20
Гидравлические потери в гидролинии слива, МПа	0,50	0,10	0,15	0,20
Диаметр поршня $D$ , м				
Усилие на штоке $R_{ц}$ , кН				

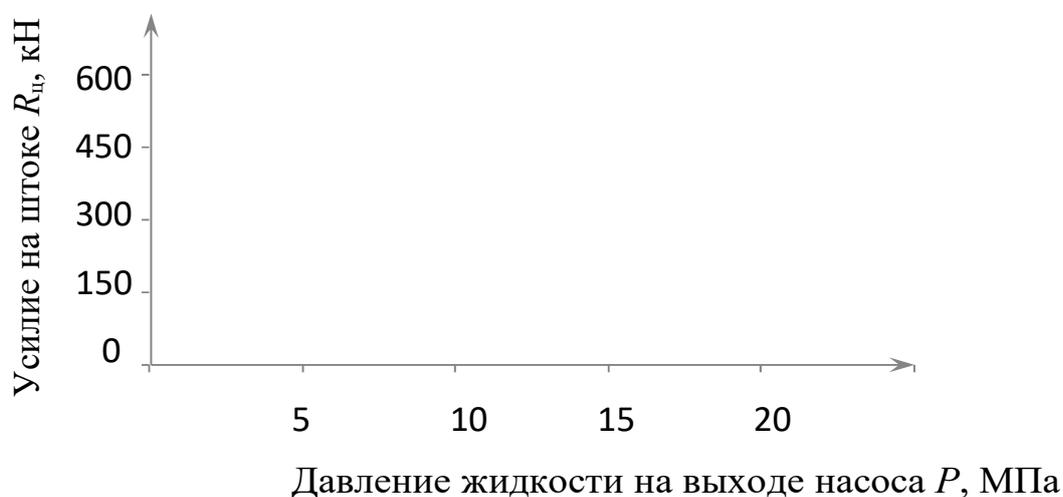
**Рис. 3.7. Зависимость усилия на штоке от давления**

Таблица 3.4

**Выдвижение штока гидроцилиндра**

Наименование	Ход штока $L$ , м, до $i$ -ой точки измерения	Результаты измерения давления, МПа
Точка измерения №1		
Точка измерения №2		
Точка измерения №3		
Точка измерения №4		
Точка измерения №5		

По результатам замеров делаем вывод:

- если падение давления происходит во всех пяти точках

остановки, можно сделать вывод о наличии утечек через уплотнения поршня или повреждения внутренней поверхности гидроцилиндра по всей длине;

- если падение давления происходит не во всех точках остановки, можно сделать вывод о частичном повреждении внутренней поверхности гидроцилиндра;

- отсутствие перепадов давления свидетельствует об исправном состоянии уплотнений поршня и внутренней поверхности гидроцилиндра.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите о назначении силовых гидроцилиндров, их устройстве и принципе работы.

2. Классификация силовых гидроцилиндров по принципу действия и конструкции рабочей камеры.

3. Объясните работу гидропривода с различными схемами включения силовых гидроцилиндров.

4. Как рассчитать усилие на штоке для различных схем включения гидроцилиндров: с поршневой рабочей полостью, со штоковой рабочей полостью, с дифференциальной схемой включения?

5. Как рассчитать скорость штока для различных схем включения гидроцилиндров: с поршневой рабочей полостью, со штоковой рабочей полостью, с дифференциальной схемой включения?

6. Назовите основные параметры поршневых гидроцилиндров. Перечислите параметры, влияющие на усилие, развиваемое гидроцилиндром.

### **Лабораторная работа №4.**

#### **ДИАНОСТИКА ГИДРОПРИВОДА С РЕГУЛИРУЕМЫМ НАСОСОМ**

**Цель работы:** освоить методику безразборной диагностики регулируемого насоса, дать заключение о его техническом состоянии и возможности дальнейшего использования.

**Оборудование, измерительные приборы, материалы:** маслостанция; лабораторная установка для определения характеристик гидропривода; образцы гидронасосов.

### **Краткие теоретические сведения**

Основные неисправности аксиально-поршневых насосов вызываются изнашиванием поверхностей шатунно-поршневой группы и сопряжения блока с поршнями и распределителем. Увеличение зазоров в шатунной группе вызывает рост пульсации давления в напорной линии, а в сопряжениях блока с поршнями и распределителем – соответственно внутренние перетечки рабочей жидкости [1].

Износ притёртых поверхностей сферического распределителя и блока происходит из-за неизбежного попадания абразивных частиц в рабочую жидкость. Кроме того, вследствие изменения упругих свойств тарельчатых пружин ослабевает сила прижатия блока цилиндров к сферическому распределителю, что также увеличивает внутренние перетечки жидкости. Реже наблюдается износ элементов шатунной группы качающего узла и подшипников. Износ элементов шатунной группы вызывает возникновение интенсивных динамических нагрузок и сопровождается сильным шумом и вибрацией.

Зазоры в процессе эксплуатации, в результате трения увеличиваются и характеризуют техническое состояние гидронасосов и гидросистемы в целом.

Внутренние и внешние утечки, которые связаны с зазорами в сопрягаемых деталях насоса, оцениваются объемным КПД, однозначно определяющим его техническое состояние в любой момент времени эксплуатации.

Предельные значения объемного КПД насосов приведены в табл. 4.1.

Предельным, или критическим, значением объемного КПД является такое его значение, при котором гидронасос считается непригодным для дальнейшей эксплуатации вследствие существенного снижения производительности.

Диагностирование насоса в данной методике производят по объемному КПД, который позволяет оценивать насколько действительная подача насоса отличается от теоретической. При

диагностике насоса значение подачи, близкое к теоретическому, определяют путем измерения подачи насоса при минимально возможном давлении, а действительную подачу определяют при номинальном давлении, причем измерения производят при постоянной частоте вращения вала насоса, постоянной вязкости и температуре рабочей жидкости.

Таблица 4.1

**Критические значения объемного КПД**

Наименование гидроаппарата	Критические значения ОКПД
Насосы шестеренные НШ-46, НШ-67, НШ-98	ОКПД ниже 0,7 при давлении P=10 МПа
Насосы аксиальные роторно-поршневые 210.16, 210.20, 210.25	ОКПД ниже 0,75 при давлении P=16 МПа
Насосы аксиальные роторно-поршневые регулируемые 223.20, 223.25, 207.20	ОКПД ниже 0,8 при давлении P = 16 МПа и частоте вращения приводного вала 1800 об/мин

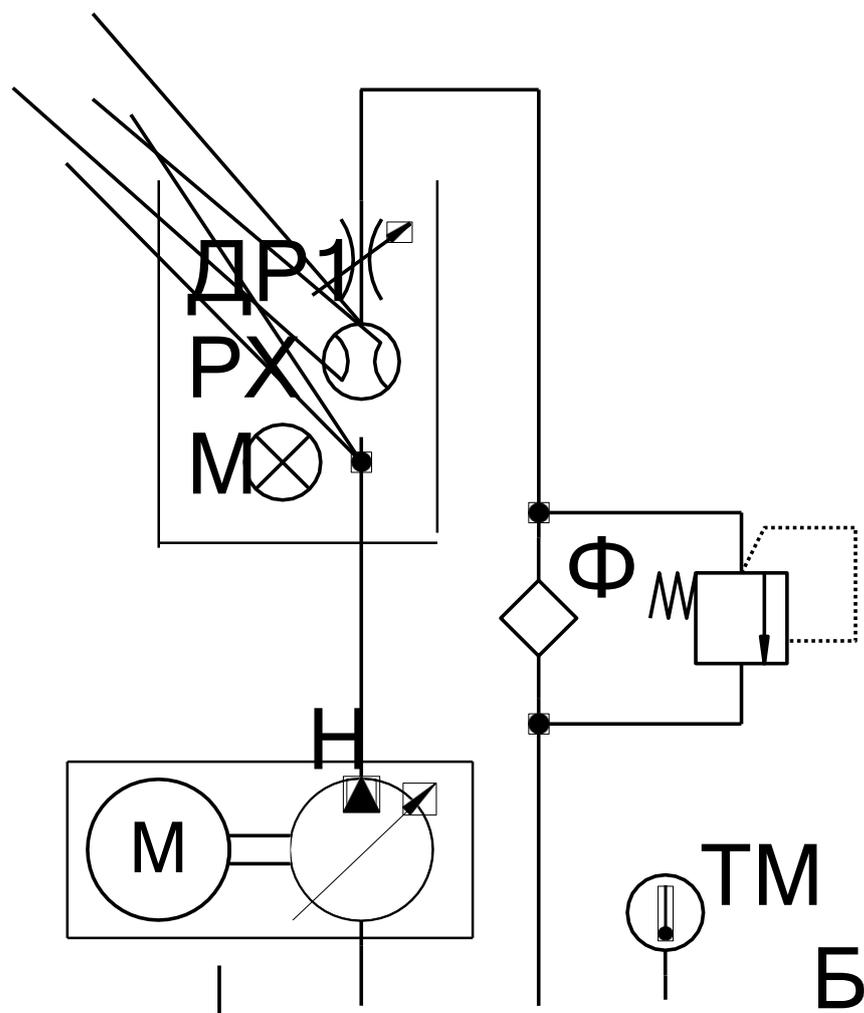
В лабораторной установке подключение насоса осуществляется согласно рис. 4.1. После включения питания насос Н подает жидкость из бака Б по гидролинии на вход механического блока гидротестера, состоящего из расходомера РХ, дросселя ДР1 и манометра М. Далее поток жидкости по гидролинии через фильтр Ф поступает в бак Б.

Расход жидкости в гидролинии измеряется расходомером РХ, а давление жидкости контролируется манометром М и регулируется с помощью дросселя ДР1.

Наличие зазоров в сопряжениях блока цилиндров с поршнями и распределителем насоса приводит к появлению утечек жидкости  $Q_y$  из полости высокого давления в полость низкого давления и в корпус.

Утечки жидкости  $Q_y$  пропорциональны давлению в гидросистеме. При давлении близком к нулю утечки практически равны нулю, что соответствует подаче насоса  $Q_{рмин}$ . При максимальном давлении в гидросистеме утечки жидкости максимальные, а подача насоса

$$Q_{рном} = Q_{рмин} - Q_y.$$



**Рис. 4.1. Гидравлическая схема диагностики гидронасоса**

Отношение  $Q_{\text{рном}}$  к  $Q_{\text{рмин}}$  и равно объемному КПД насоса  $\eta_{\text{он}}$ , то есть

$$\eta_{\text{он}} = Q_{\text{рном}} / Q_{\text{рмин}}.$$

При диагностике насосов необходимо учитывать значение номинального давления, указанное в технической характеристике изделия.

Рабочий объем, номинальная подача и номинальная мощность насоса в технической характеристике указаны для максимального угла наклона блока цилиндров  $\gamma = 25^\circ$ . Для создания необходимого давления в системе необходимо определить угол наклона блока по отношению к мощности насосной станции. Мощность, необходимая для привода насоса, определяется по формуле:

$$N = P \cdot Q / (1000 \cdot \eta_n),$$

где  $P$  – давление, развиваемое насосом, МПа;

$Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\eta_n$  – общий КПД насоса по технической характеристике.

Если принять во внимание, что мощность приводного электродвигателя стенда равна 7,5 кВт, то подача насоса, при которой он сможет развивать давление 16 МПа, будет равна

$$Q = 1000 \cdot N \cdot \eta_n / P.$$
$$Q = 1000 \cdot 7,5 \cdot 0,95 / 16 \cdot 10^6.$$

Подача насоса связана с рабочим объемом насоса  $q$  зависимостью:

$$Q = q \cdot n \cdot \eta_n$$

где  $n$  – число оборотов насоса (электродвигателя), об/мин.

Рабочий объем аксиального роторно-поршневого насоса с наклонным блоком определяется по формуле:

$$q = (z \cdot \pi \cdot d^2 / 4) \cdot D_{in}$$

где  $z$  – число поршней,

$d$  – диаметр поршня, м;

$D_{in}$  – диаметр оси расположения цилиндров, м;

$\gamma$  – угол наклона блока цилиндров к оси насоса.

С учетом этого запишем

$$Q = q \cdot n \cdot \eta_n = (z \cdot \pi \cdot d^2 / 4) \cdot D_{in} \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n \cdot \eta_n.$$

Отсюда найдем угол наклона блока цилиндров

$$\operatorname{tg} \gamma = 4 \cdot D_{in} / (z \cdot \pi \cdot d^2 \cdot D_{in} \cdot n \cdot \eta_n),$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 60 \cdot 4 \cdot 0,445 \cdot 10^{-3} / (7 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 0,056 \cdot 960 \cdot 0,95) = 0,24,$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} 0,24 = 14,995 \approx 15^\circ.$$

Таким образом, для приводного двигателя стенда мощностью 7,5 кВт угол наклона блока составит  $15^\circ$ . В этом случае максимальное давление будет равно 16 МПа, а подача –  $0,000445 \text{ м}^3/\text{с}$  (26,7 л/мин).

## Порядок выполнения работы

1. Собрать схему для диагностики гидронасоса. Выходной штуцер гидронасоса с помощью рукава высокого давления соединить с входным штуцером механического блока гидротестера. Выходной штуцер механического блока гидротестера соединить с фильтром. Направление движения жидкости должно соответствовать направлению стрелки на блоке гидротестера.

2. Проверить герметичность всех соединений.

3. Проверить наличие и уровень жидкости в гидробаке.

4. Проверить и удостовериться, что дроссель находится в

открытом положении.

5. Произвести пуск гидросистемы.

6. Зафиксировать значение расхода рабочей жидкости (подачи насоса) в л/мин при открытом дросселе, то есть при минимальном давлении близком к нулю.

7. Создать номинальное давление 16 МПа. Контроль давления осуществлять по манометру. Зафиксировать расход рабочей жидкости при номинальном давлении.

8. Определить объемный КПД при расходе жидкости без нагрузки с минимальным давлением в гидросистеме.

9. С помощью нагрузочного устройства создать номинальное давление 16 МПа. Контроль давления осуществлять по манометру. Определить объемный КПД.

10. Отключить гидросистему.

Произвести анализ и обработку результатов измерений, сделать выводы о работоспособности гидронасоса методом сравнения полученных значений с критическими значениями ОКПД.

### **Техника безопасности и противопожарные мероприятия**

Студенты перед началом занятий обязаны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале.

Запрещается включать стенды без разрешения преподавателя.

### **Обработка и анализ результатов наблюдений и расчетов**

1. Результаты измерений занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

#### **Измерение объемного КПД насоса**

Наименование параметра	Результаты измерения и расчета		
	1	2	3
Подача насоса при открытом дросселе $Q_{pmin}$ , л/мин			
Подача насоса при номинальном давлении $Q_{pном}$ , л/мин			

Объемный КПД насоса			
---------------------	--	--	--

2. Вычислить объемный КПД насоса.
3. Сравнить значения объемного КПД насоса, полученные расчета и непосредственного измерения с помощью тестера.
4. Сравнить полученные значения объемного КПД насоса с критическими значениями, приведенными в табл. 4.1.
5. Провести анализ полученных результатов. Дать заключение о его техническом состоянии и возможности дальнейшего использования

### **Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- описание характерных неисправностей насоса;
- описание работы гидропривода стенда;
- результаты расчетов и измерений
- выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите характерных неисправностей насосов.
2. Опишите устройство и принцип действия гидропривода стенда.
3. Охарактеризуйте зависимость и регулирование давления на выходе насосной станции.
4. Опишите схему включения гидротестера.
5. Укажите параметры, которые влияют на величину расхода рабочей жидкости на выходе (подачу) насоса.

### **Лабораторная работа №5.**

#### **ДИАГНОСТИКА ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ**

**Цель:** освоить методику диагностирования гидрораспределителя, дать заключение о его техническом состоянии и возможности дальнейшего использования.

**Оборудование, измерительные приборы, материалы:** маслостанция; лабораторная установка для определения характеристик гидропривода; образцы гидрораспределителей.

Выход гидронасоса с помощью гибкого трубопровода соединен с входом гидрораспределителя. Выход (сливной канал) гидрораспределителя через фильтр соединен с гидробаком. Один из рабочих отводов первого золотника гидрораспределителя соединяется с входным штуцером механического блока гидротестера, а второй рабочий отвод гидрораспределителя с выходным каналом гидротестера.

Подключение рабочих отводов гидрораспределителя к гидротестеру необходимо выполнить таким образом, чтобы направление движения жидкости при включении золотника гидрораспределителя соответствовало направлению стрелки на блоке гидротестера.

### **Краткие теоретические сведения**

Основные неисправности золотниковых гидрораспределителей вызываются изнашиванием сопряженных поверхностей золотников и корпуса, которое приводит к увеличению зазоров между ними.

Предохранительные и переливные гидроклапаны, встроенные в гидрораспределители, в процессе эксплуатации теряют герметичность вследствие износа рабочих поверхностей седла и уплотнительных поясков клапанов. Увеличение зазоров в сопряжениях золотников и клапанов приводит к росту внутренних перетечек. Причем до 90 % утечек рабочей жидкости происходит через предохранительные и переливные гидроклапаны [2, 9, 10].

Утечки жидкости  $Q$  через концентрическую (соосное расположение золотника и отверстия в корпусе) кольцевую капиллярную щель (рис. 5.1, а) с параллельными стенками при ламинарном течении можно определить по формуле:

$$Q = \Delta p \cdot \pi \cdot d \cdot s^3 / (12 \cdot L \cdot \nu \cdot \rho),$$

где  $s$  – ширина щели в направлении, перпендикулярном к движению потока (номинальная величина зазора),

$d_1$  и  $d_2$  – диаметры золотника и отверстия;

$d$  – средний диаметр щели,

$L$  – длина щели;

$\Delta p$  – перепад давления на входе и выходе щели;

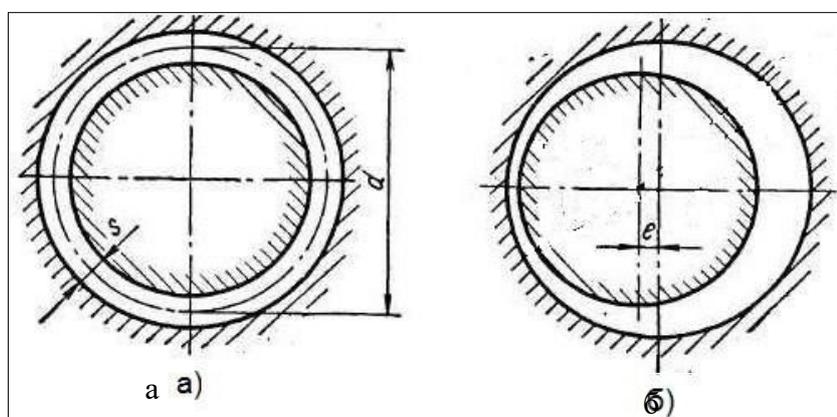
$\nu, \rho$  – соответственно вязкость и плотность жидкости [4].

В реальных агрегатах золотник занимает относительно отверстия в корпусе эксцентричное положение, ввиду чего зазор по окружности (рис. 5.1, б) между ними будет переменной величиной.

Расход жидкости через эксцентричный кольцевой зазор  $Q_s$  определяется по выражению:

$$Q_s = [2,5 \cdot \Delta p \cdot \pi \cdot d \cdot s^3 / (12 \cdot L \cdot \nu \cdot \rho)] \cdot [1 + 3 \cdot \varepsilon^2 / 2],$$

где  $\varepsilon$  – эксцентриситет.



$a$  – кольцевая концентрическая;  $б$  – кольцевая эксцентрическая

**Рис. 5.1. Расчетные схемы течения жидкости в капиллярных щелях**

Учитывая, что максимальный эксцентриситет  $\varepsilon$  равен номинальному радиальному зазору  $s$ , расход жидкости будет равен

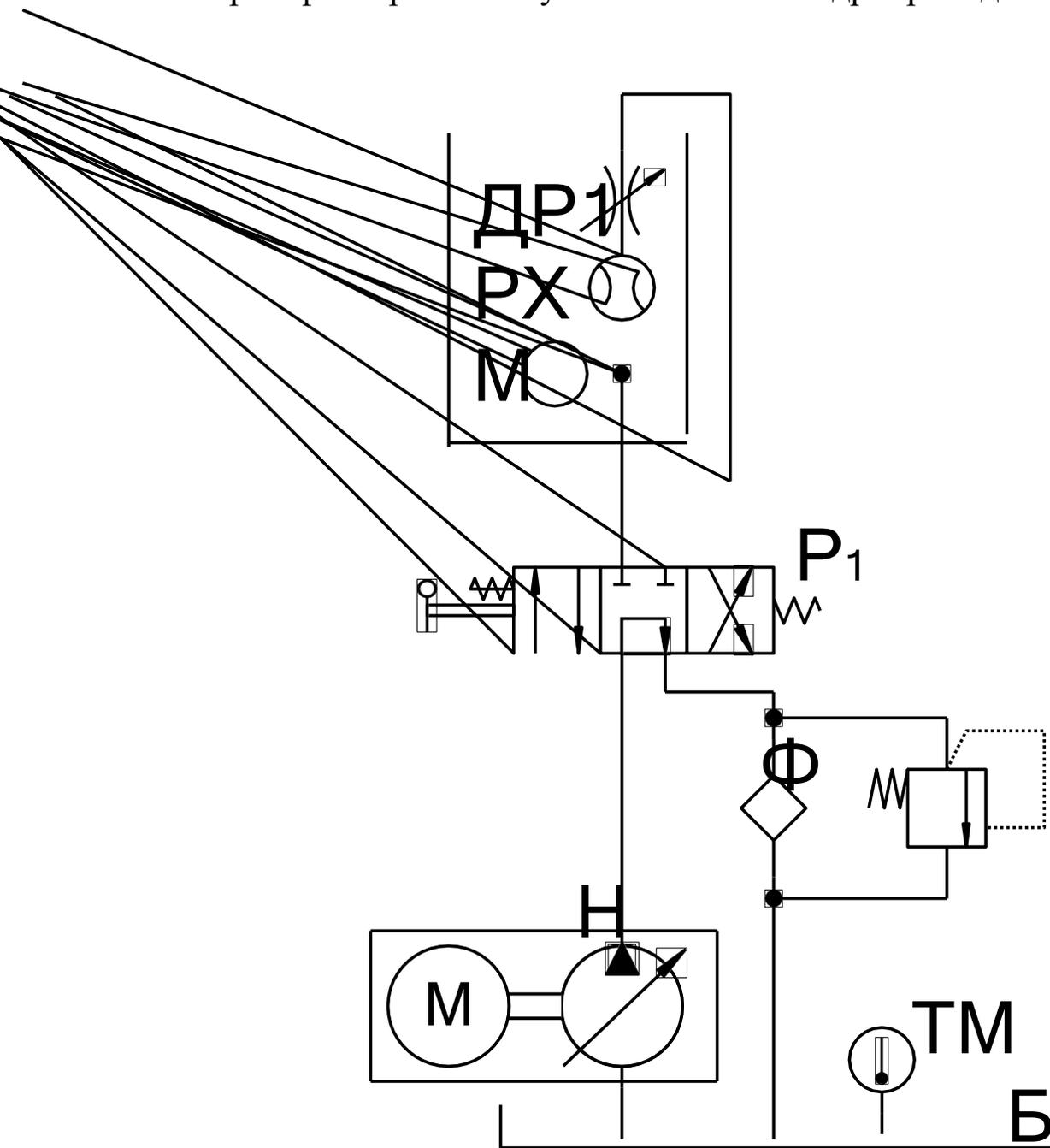
$$Q_s = 2,5 \cdot \Delta p \cdot \pi \cdot d \cdot s^3 / (12 \cdot L \cdot \nu \cdot \rho) = 2,5 \cdot Q,$$

Очевидно, что, в случае неравномерного зазора между золотником и корпусом, утечки будут больше и при максимальном эксцентриситете эта разница будет в 2,5 раза по сравнению с соосным расположением золотника и отверстия в корпусе.

Гидравлическая схема стенда для диагностики гидрораспределителя приведена на рис. 5.2.

При включении питания насос  $H$  подает жидкость из бака  $B$  по гидролинии на вход гидрораспределителя  $P_1$ , установленного в нейтральное положение. Далее поток жидкости проходит по проточному каналу гидрораспределителя  $P_1$  и по гидролинии

через фильтр  $\Phi$  поступает в бак Б. Гидропривод лабораторной



установки работает в режиме холостого хода.

**Рис. 5.2. Гидравлическая схема диагностики гидрораспределителя**

При включении первого золотника гидрораспределителя  $P_1$  в рабочую позицию жидкость по рабочему отводу гидрораспределителя  $P_1$  подается на вход гидротестера. Проходит через расходомер  $PX$  и дроссель  $ДР1$  гидротестера, и далее по гидролинии (второму рабочему отводу золотника), возвращается в гидрораспределитель, из которого по каналу

золотника и сливному каналу гидрораспределителя  $P_1$  выходит в гидролинию и через фильтр  $\Phi$  сливается в бак Б.

Расход жидкости в гидролинии измеряется расходомером РХ, а давление жидкости контролируется манометром М и регулируется с помощью дросселя ДР1.

### **Техника безопасности и противопожарные мероприятия**

Студенты перед началом занятий обязаны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале.

Запрещается включать стенды без разрешения преподавателя.

### **Порядок выполнения работы**

1. Собрать схему для диагностики гидрораспределителя.
2. Проверить герметичность всех соединений.
3. Проверить наличие и уровень жидкости в гидробаке.
4. Проверить и удостовериться, что дроссель находится в открытом положении.
5. Произвести пуск гидросистемы.
6. Переключить золотник гидрораспределителя в рабочую позицию.
7. Зафиксировать значение расхода рабочей жидкости (подачи насоса) в л/мин при открытом дросселе, то есть при минимальном давлении.
8. С помощью нагрузочного устройства создать номинальное давление 16 МПа. Контроль давления осуществлять по манометру. Зафиксировать расход рабочей жидкости при номинальном давлении.
9. Отключить гидросистему.
10. Произвести анализ и обработку результатов измерений, сделать выводы о работоспособности гидрораспределителя методом сравнения полученных значений с критическими значениями ОКПД.

### **Обработка и анализ результатов наблюдений и расчетов**

1. Измерить расход жидкости при открытом дросселе гидротестера.
2. Измерить расход жидкости при номинальном давлении.

3. Измерить объемный КПД стенда.
4. Результаты измерений занести в табл. 5.1

Таблица 5.1

### Измерение объемного КПД гидрораспределителя

Наименование параметра	Результаты измерения и расчета		
	1	2	3
Расход жидкости через гидрораспределитель при открытом дросселе $Q_{pmin}$ , л/мин			
Расход жидкости через гидрораспределитель при номинальном давлении $Q_{ном}$ , л/мин			
Объемный КПД стенда			
Объемный КПД гидрораспределителя			

5. Провести анализ полученных результатов. Вычислить объемный КПД гидрораспределителя.

6. Сравнить полученное значение с экспериментальным.

### Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- описание конструкции и принципа действия стенда для диагностики гидрораспределителя;
- результаты расчетов и измерений (табл. 5.1);
- выводы.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении, классификации и основных параметрах гидрораспределителей.
2. Охарактеризуйте устройство и принцип действия золотникового гидрораспределителя.
3. Охарактеризуйте устройство, принцип действия стенда и порядок диагностики гидрораспределителя.
4. Перечислите основные неисправности и причины утечек

рабочей жидкости в гидрораспределителях.

5. Расскажите о схеме включения гидротестера для диагностирования гидрораспределителя.

## Список используемых источников

### Перечень основной литературы:

1. Тавер, Е.И. Организация контроля качества : монография / Е.И. Тавер. – Москва : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. – 40 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135787> (дата обращения: 09.04.2020). – Текст : электронный.
2. Антонова, И.И. Бережливое производство: системный подход к его внедрению на предприятиях Республики Татарстан / И.И. Антонова ; науч. ред. В.А. Смирнов ; Институт экономики, управления и права (г. Казань). – Казань : Познание, 2013. – 176 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257764> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8399-0485-9. – Текст : электронный.
3. Пасько, Т.В. Оценка качества технических систем : учебное пособие для студентов вузов / Т.В. Пасько, В.П. Таров ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2014. – 96 с. : схем, табл. – Режим доступа: по подписке. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277951> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1247-0. – Текст : электронный.

### Перечень дополнительной литературы:

1. Новицкий, Н.И. Техничко-экономические показатели работы предприятий: учебно-методическое пособие : [16+] / Н.И. Новицкий, А.А. Горюшкин, А.В. Кривенков ; под ред. Н.И. Новицкого. – Минск : ТетраСистемс, 2010. – 272 с. : табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=572087> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-536-068-2. – Текст : электронный.
  2. Курбацкая, Т.Б. Эргономика : учебное пособие / Т.Б. Курбацкая ; Министерство образования и науки Республики Татарстан, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережночелнинский институт (филиал). – Казань : Казанский федеральный университет (КФУ), 2013. – Ч. 2. Практика. – 185 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=353495> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
  3. Управление производственными системами: конспект лекций : [16+] / В.И. Мамонов, В.А. Полуэктов, О.А. Кислицина, О.В. Анакина ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 76 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575102> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3697-4. – Текст : электронный.
  4. Салдаева, Е.Ю. Управление качеством : учебное пособие / Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 156 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461637> (дата обращения: 09.04.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1802-6. – Текст : электронный.
- Мировой опыт развития управленческих технологий: метод LEAN-Production / И.И. Махмутов, Е.И. Несмеянова, С.В. Титова и др. ; Институт экономики, управления и права (г. Казань). – Казань : Познание, 2011. – 140 с. : табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257537> (дата обращения: 09.04.2020). – ISBN 978-5-8399-0341-8. – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование