



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

им. И.Раззакова

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «ЭЛЕМЕНТЫ И СИСТЕМЫ
ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТИКИ»**

Для студентов 3-4 курсов специальностей: 700300 – «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)», 700500 – «Мехатроника и робототехника», 650300 – «Машиностроение»

Бишкек 2012г.



УДК.:681.523-026.67(072)

Авторы: МУСЛИМОВ А.П., САМСАЛИЕВ А.А., НЕЖЕНКО О.В.,
ЮНУСОВ Ф.И.

Рецензенты: к.т.н., доц. Тутлис В.П.,
к.т.н., доц. Трегубов А.В.

«ГИДРОАВТОМАТИКА», г. Бишкек 2012, количество страниц 50.

В методическом пособии освещены вопросы по изучению и построению гидроавтоматических систем металлорежущих станков и для автоматического регулирования технологических параметров исполнительных органов: силовых цилиндров, золотниковых регуляторов и гидростатической опоры.



Введение

Настоящему курсу предшествует курс «Теория автоматического регулирования и динамики гидropневмосистем»

Целью проведения экспериментального исследования является подтверждение практикой результатов теории, правильность ранее выбранных решений, внесение изменений в конструкцию оригинальных элементов систем.

Экспериментальные исследования предусматривают выполнения следующих видов работ:

1. Исследования зависимостей сил резания при различных значениях технологических параметров.
2. Исследование на универсальном гидростенде гидравлической части двухконтурной автоматической системы, в частности силового гидроцилиндра подачи, системы управления и выбора её параметров. Полученные ранее данные и поведения технологического процесса резания из первого эксперимента, моделируются на нагрузочном силовом гидроцилиндре, а его воздействие на всю систему.
3. Исследование гидростатической опоры Ум - 2434. Исследуются влияние технологического процесса на работу гидростатической опоры. Данные технологического процесса берутся из экспериментального исследования, проведенного в пункте 1.



Лабораторная работа №1

Исследование динамики силового цилиндра на универсальном гидростенде

Цель работы

1. Изучить принцип работы силового гидроцилиндра и назначение.
2. Освоить принципы работы экспериментального гидростенда и системы управления для проведения исследований.
3. Провести эксперимент по изучению динамики силового цилиндра.
4. По полученным данным построить графики переходного процесса силового цилиндра, сравнить их с теоретически выведенными графиками по математическим моделям, сделать вывод.

На универсальном гидростенде необходимо выполнить следующие работы:

- 1) экспериментальное определение скорости перемещения силового цилиндра в зависимости от сил сопротивлений;
- 2) установление зависимостей давления и расхода в исследуемой системе (силовой цилиндр и золотниковый регулятор) от сил сопротивления;
- 3) определение требуемого расхода для восстановления заданной скорости перемещения штока силового цилиндра;
- 4) определение зависимости расхода от зазора в щели золотникового регулятора;
- 5) Обработка результатов:
построение графиков и вывод уравнений зависимостей скорости перемещения силового цилиндра от расхода, давления и зазора в регуляторе;

Материальное оснащение и необходимые данные для выполнения работы

1. Универсальный экспериментальный гидростенд.
2. Данные по экспериментальному исследованию сил резания от режимов резания.

Экспериментальный стенд

Экспериментальный гидравлический стенд, принципиальная схема которого представлена на рис.1, предназначен для исследования гидроприводов

станочных систем в целом, а также для отдельных его элементов: силовых цилиндров, золотниковых и дроссельных регуляторов и других гидроаппаратур.

Стенд позволяет проведение статических и динамических исследований гидравлических систем.

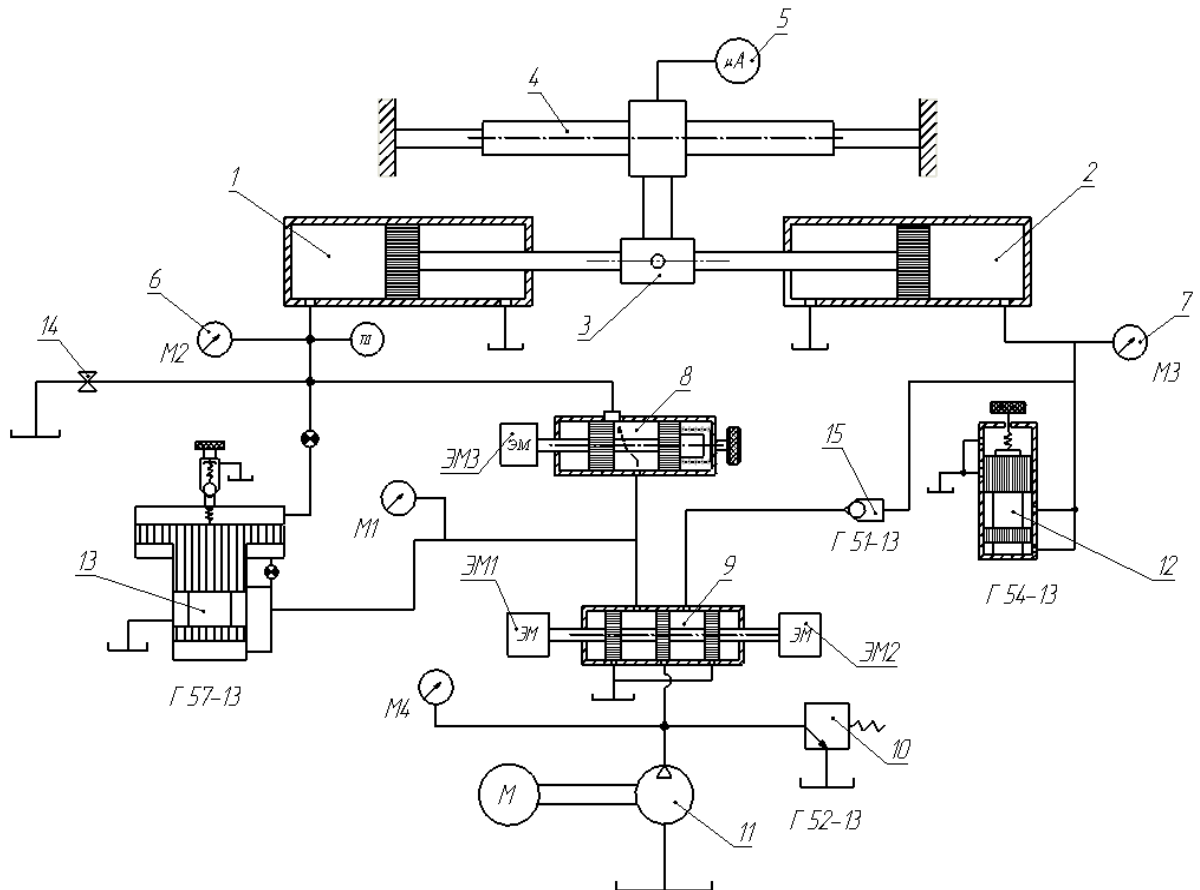
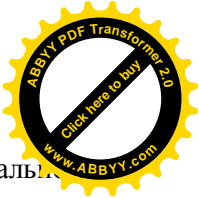


Рис.1 Схема гидростенда

Гидростенд состоит из следующих элементов: двух гидроцилиндров 1 и 2 для создания рабочих нагрузок и силовых факторов, с помощью которых моделируются силы сопротивления и расположенных друг против друга по одной оси, штоки, которых жёстко соединены муфтой 3; датчика скорости 4, подвижная часть которого жёстко закреплена с муфтой; микроамперметра 5; манометров M1, M2, M3 и M4, определяющих давление в рабочих полостях цилиндров, и также общего давления всей системы; регулятора расхода жидкости 8; распределителя с электромагнитным управлением 9; предохранительного клапана 10; насосной установки типа 8АГЧ8-22 11; регулируемого клапана давления 12; редукционного клапана 13; электромагнитного дросселя 14, обратного клапана 15. Все гидравлические элементы смонтированы на металлической станине и соединены между собой медным трубопроводом



диаметром 12мм, а электрические приборы и элементы автоматики смонтированы в специальном щите, выполненном в виде панели управления рис. 2.

Рассмотрим принцип работы гидравлической части станда: под действием насоса *11*, рис.1, рабочая жидкость поступает в распределитель *9*, далее в зависимости от положения распределителя она проходит в регулятор расхода жидкости *8* и поступает в левую полость гидроцилиндра *1*. Штоки обоих цилиндров из-за жёсткой связи муфтой *3* перемещаются вправо, при этом поршень цилиндра *2*, перемещаясь, вытесняет жидкость через клапан *12*, а обратный клапан *15* закрыт, тем самым создавая нагрузку гидроцилиндру *1*. Величину нагрузки можно изменить регулированием напорного клапана *12*, который меняет давление в правой полости цилиндра *2*. Манометр *М3* определяет это давление.

Для возврата штоков в крайнее левое положение необходимо включить сливной кран *14*, управляемый электромагнитом и включить электромагнит *ЭМ2* распределителя *9*.

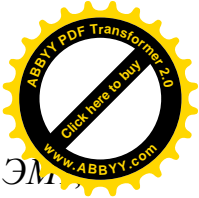
В этом случае распределитель направляет жидкость в правую полость цилиндра *2* и штоки начнут перемещаться влево, а жидкость, находящаяся в левой полости цилиндра *1*, будет сливаться через кран *14* в бак.

Для обеспечения постоянства перепада давления на регуляторе расхода и линейности выходных его параметров применен редукционный клапан *13*, подключённый к нему параллельно.

Рассмотрим принцип работы электрической части станда.

Электрическая часть рис.2 состоит из блока питания *1*, электрических трёхпозиционных переключателей *2* и *3*, микроамперметра *5*, четырёх сигнальных ламп *4*, сигнализирующих работу отдельных гидроузлов в соответствии с положением переключателей и датчика скорости *4* (рис.1).

Блок питания *1* обеспечивает необходимые параметры тока для всех электромагнитов, за исключением работающих от 220 В.



При повороте переключателя 2 вправо включается электромагнит ЭМ₃, рис.2, а при повороте переключателя 3 вправо, включается электромагнит регулятора ЭМ₂, тем самым открывая пропускную щель регулятора.

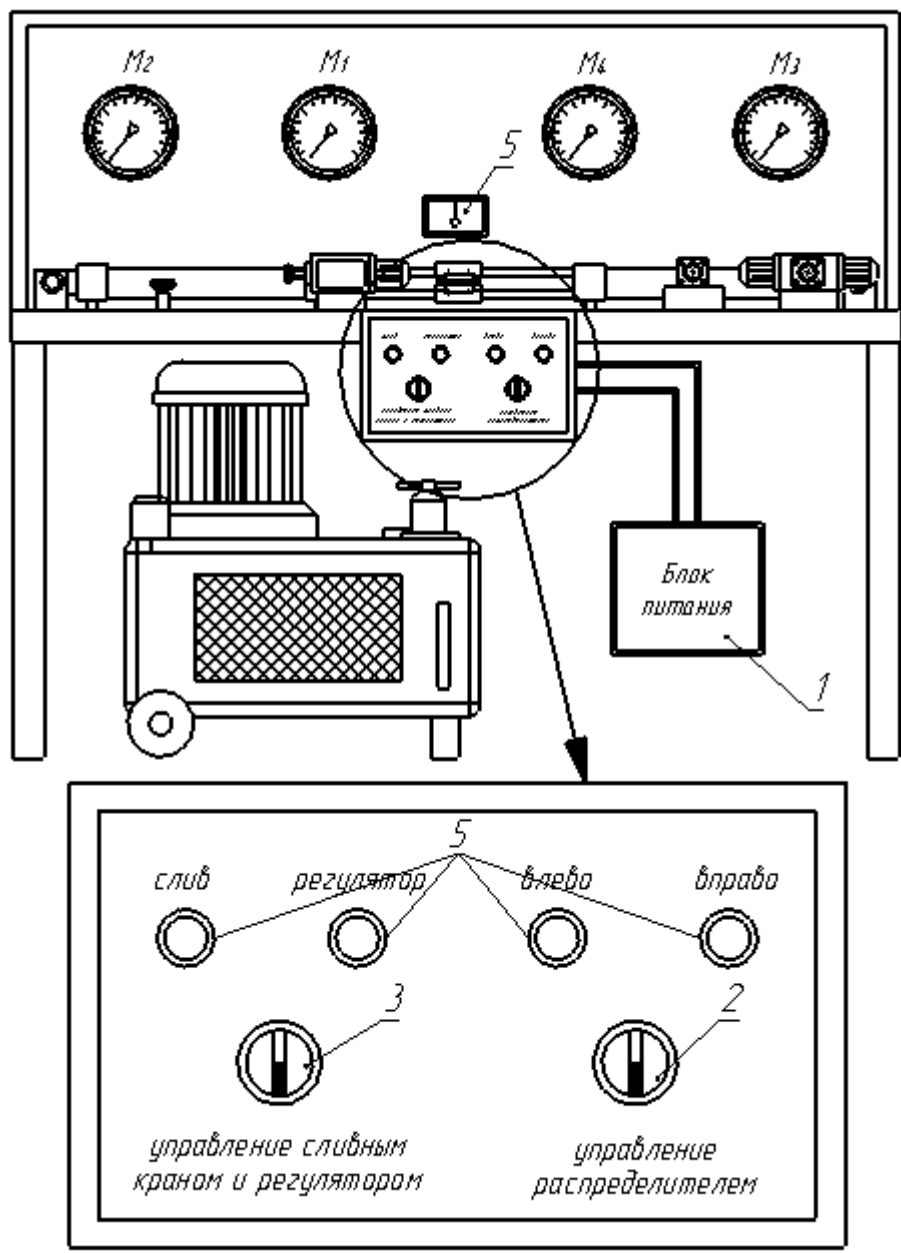


Рис. 2 Экспериментальный гидростенд общий вид и панель управления стендом

При одновременном включении двух переключателей штоки цилиндров будут перемещаться вправо с некоторой скоростью, которую можно зафиксировать микроамперметром 5.

Если необходимо переместить штоки в левое первоначальное положение нужно повернуть сначала переключатель 3 влево, тем самым



открыв сливной кран и затем повернуть переключатель 2 влево, включив электромагнит ЭМ2 распределителя 9, рис. 1. При таком положении обоих переключателей штоки будут перемещаться влево.

При изменении величины питающего тока на электромагните регулятора расхода 8 изменяется положения его золотника, вследствие этого изменяется и величина зазора пропускной щели прохода жидкости. Скорость перемещения штоков будет другой.

Величина перемещения золотника измеряется индикатором, специально встроенным в регулятор расхода.

Это позволяет вывести графики зависимости скорости перемещения штоков цилиндров от величины изменения пропускной щели регулятора.

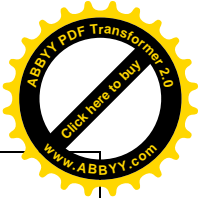
Разработанный стенд в основном предназначен для экспериментального снятия механических и динамических характеристик силового цилиндра, испытания различных регуляторов расхода жидкости, определения коэффициента утечек силового цилиндра и других параметров гидроаппаратуры.

Техническая характеристика стенда представлена в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики стенда и отдельных его гидравлических элементов

Цилиндры	Диаметр $D_{вн}$ (мм) 61	Длина цилиндра (мм) 350	Рабочий ход штока (мм) 160	Диаметр штока (мм) 28
Насос	Тип 8АГЧ8-22	$P_{ном}$ 50 кгс/см ²	$Q_{ном}$ 12 л/мин	Марка масла И - 20
Габаритные размеры стенда	Длина (мм) 1300	Ширина (мм) 680	Высота(мм) 1500	Вес (кг) Не более 80
Клапан Г54	Q_{max} (л/мин)	Q_{min} (л/мин)	P_{max} (кгс/см ²)	P_{min} (кгс/см ²)



	35	3	20	3
Клапан Г57	Q_{\max} (л/мин)	Q_{\min} (л/мин)	P_{\max} (кгс/см ²)	P_{\min} (кгс/см ²)
	35	3	65	3

Порядок выполнения работ.

п.1. Проверка всего оборудования на работоспособность, свободного перемещения гидроцилиндров и установки их в исходное начальное положение, снятия остаточных давлений в общей системе, сверка показаний манометров и установки их на нуль.

п.2. Исследование перемещения цилиндра без нагрузки и измерения его скорости для выявления сил трений и плавности его перемещения. Определения давления при определенном расходе без нагрузки.

п.3. Исследование скорости перемещения силового цилиндра в статике в зависимости от изменения расхода и давления.

п.4. Исследование скорости перемещения силового гидроцилиндра в динамике в зависимости от изменения расхода и давления.

П.1.

Для проверки системы на работоспособность необходимо:

Установить штоки гидроцилиндров в крайне левое положение, для этого необходимо сбросить давление и перекрыть расход в левую полость ГЦ №1 рис.1 путем поворота переключателя 3 на рис. 2 положение влево, а переключатель 2 в положение влево для подачи рабочей жидкости в правую полость ГЦ №2. При открытии клапана 14 с электромагнитным управлением загорается сигнальная лампа «Слив» на табло. При срабатывании подачи масла в правую полость ГЦ №2 загорается лампа «влево» на табло, при этом



штоки начнут перемещаться влево. В манометрах должны увеличиваться показания, кроме показаний манометра М2.

При установке штоков цилиндров в исходное положение одновременно проверяется показания миллиамперметра, стрелка миллиамперметра должна показывать направление подачи и его значение.

После установки штоков в исходное положение сбросить давление в манометрах М1, М2 и М3 путем установки переключателя 3 на рис.2 в положение влево, регулировкой напорного клапана 12 на рис 1.

Установить давление в общей системе подачи (манометр М4) на требуемую величину при помощи клапана 10 на рис 1.

П.2.

Для проведения исследования перемещения штока гидроцилиндра без нагрузки и измерения его скорости необходимо:

- Выполнить пункт П.1. и установить общее давление системы на 3 кгс/см².
- Проверить и убедиться беспрепятственному перемещению штоков.
- Установить переключатель 3 и 2 в положения регулятор и вправо. При проведении данной операции штоки цилиндров начнут перемещения вправо.
- Записать показания манометров и миллиамперметра и заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

П.3.



Для исследования скорости перемещения штока силового гидроцилиндра в зависимости от изменения расхода и давления в статике необходимо:

- Выполнить пункт П.1.
- Установить общее давление системы на 8 кгс/см^2 .
- Проверить и убедиться беспрепятственному перемещению штоков.
- Установить давление манометра М3 на 2 кгс/см^2 , 3 кгс/см^2 , 4 кгс/см^2 по этапам исследования, что будет соответствовать силам резания при чистовой обработке.
- Установить переключатель 3 и 2 в положения регулятор и влево. При проведении данной операции штоки гидроцилиндров начнут перемещения вправо.
- Записать показания манометров и миллиамперметра и заполнить таблицу, построить графики.

П.4.

Для исследования скорости перемещения штока силового гидроцилиндра в зависимости от изменения расхода и давления в динамике необходимо:

- Выполнить пункт П.1.
- Установить общее давление системы на 8 кгс/см^2 .
- Проверить и убедиться беспрепятственному перемещению штоков.



- Выставить давление манометра МЗ на 2 кгс/см^2 , 3 кгс/см^2 , кгс/см^2 по этапам исследования, что будет соответствовать силам резания при чистовой обработке.
- Установить переключатель 3 в положения регулятор, а переключатель 2 включать на 4-5 секунде в положение влево. При проведении данной операции штоки гидроцилиндров начнут перемещения вправо, а на 4-5 секунде в зависимости времени включения переключателя 2 скорость перемещения штоков скачкообразно уменьшиться.
- Записать в таблицу 2 показания манометров и миллиамперметра, снять показания с осциллографа, заполнить таблицу, построить графики зависимостей (скорость перемещения штока V от расхода Q , скорость перемещения штока V от щели в регуляторе x).

Таблица 2

Тарировка миллиамперметра

	D	S	Q	P	A	V	$\sigma \text{ } \mu\text{A}$	x
№	м	м^2	$\text{м}^3/\text{с}$	кгс/м^2	μA	м/с		м
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

μ	d	ρ	Δp	γ
	м	кг/м^3	кгс/м^2	$\text{м}^3/\text{кг}$
0,65	0,012	895	0,0008	0,001117

где

D – диаметры поршня силовых цилиндров,



- S – площадь торца поршня силового цилиндра,
 Q – расход жидкости в полости силового цилиндра №1,
 P – давление в полости силового цилиндра №1,
 A – показания миллиамперметра,
 V – скорость подачи,
 σ – коэффициент тарировки миллиамперметра,
 d – диаметр рабочей части золотникового регулятора,
 μ – коэффициент расхода регулятора, $\mu = 0,65$
 x – изменение щели регулятора,
 ρ – плотность рабочей жидкости,
 Δp – перепад давления в золотниковом регуляторе,
 γ – удельный вес рабочей жидкости.

Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство и принцип работы силового цилиндра.
2. Опишите принцип работы гидростенда.
3. Какие параметры являются основными характеристиками силового цилиндра?
4. Какая зависимость между скоростью перемещения силового цилиндра и изменения щели в регуляторе расхода жидкости?



Лабораторная работа №2

Экспериментальное исследование золотникового регулятора.

Цель работы:

1. Изучить и освоить принцип работы золотникового регулятора расхода жидкости.
2. Провести опыт по исследованию золотникового регулятора расхода жидкости.
3. Построить графики статической и динамической характеристик регулятора расхода.

Содержание работы

1. Экспериментальное определение зависимости скорости подачи шток силового цилиндра и его расхода от перемещения оси золотника при металлорежущей обработке.

2. Обработка результатов опытов:

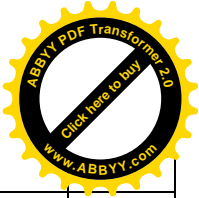
Построение графиков и вывод зависимостей скорости подачи силового гидроцилиндра от исследуемых факторов.

Материальное оснащение необходимое для выполнения работы

1. Универсальный гидростенд для исследования динамики силовых цилиндров и регуляторов расхода (рис.3).
2. Механический динамометр с индикатором упругих перемещений.
3. Индукционный датчик скорости с миллиамперметром

Порядок и методика выполнения работы

Из экспериментального исследования зависимости сил резания от режимов, подберем диапазон изменения осевой нагрузки P_x для нагрузочного силового цилиндра. Это делается для того, чтобы



6												
7												
8												
9												
10												

Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство и принцип работы золотникового регулятора.
2. Какие параметры являются основными характеристиками регулятора расхода жидкости?
3. Какая зависимость между расходом рабочей жидкостьюю и изменением щели в регуляторе?



Лабораторная работа №3

Методика проведения экспериментального исследования на гидростатической опоре УМ 2434

Цель работы:

1. Изучить принцип работы гидростатической опоры и его назначение.
2. Освоить принцип работы на экспериментальном гидростенде и научиться управлять системой для проведения исследования.
3. Провести эксперимент по изучению гидростатической опоры.
4. По полученным данным построить графики зависимостей гидростатической опоры, сравнить их с теоретически выведенными графиками по математическим моделям, сделать вывод.

Содержание работы

1. Определение экспериментальной зависимости изменения зазора в гидростатических направляющих от различных нагрузок.
2. Определение экспериментального приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора гидростатической направляющей, для систем автоматического регулирования.
3. Обработка результатов опытов:
 - а) построение графиков зависимости зазора в гидростатических направляющих от исследуемых факторов,
 - б) вывод уравнений исследуемых зависимостей.

Материальное оснащение необходимые для выполнения работы

1. Универсальная гидростатическая опора модели УМ 2434.
2. Насосной установки типа 8АГЧ8-22
3. Регулятора расхода жидкости Г-23 (13)
4. Стрелочного индикаторного микрометра со штативом.
5. Электроизмерительного устройства с индуктивным датчиком.
6. Самописец модели У-4.
7. Набор весов (1кг, 3кг, 5кг, 10кг, 20кг, 25кг).



Описание гидростатического стенда

Гидростатический стенд рис 4. состоит из самой гидростатической опоры 1, золотникового регулятора 2 с регулировочным винтом 3, величина зазора в регуляторе контролируется микрометром 9, подача жидкости осуществляется за счет насоса 4, на критическое давление имеется предохранительный клапан 5, к входу и выходу регулятора подключен редукционный клапан 6. Стрелочный индикатор 7 закрепленный на штативе показывает изменения зазора и его величину, а индуктивный датчик 8, снимая тот же зазор, подает электрический сигнал на самописец У – 4 и ЭВМ, что позволяет проводить динамические исследования. Общий вид стенда показан на рис.5.

Порядок и методика выполнения работы

- п.1. Проверка всего оборудования на работоспособность.
- п.2. Исследование изменения зазора в гидростатической опоре без нагрузки в зависимости от расхода.
- п.3. Исследование изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в статике и определения приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора.
- п.4. Исследование изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в динамике.

П.1.

Для проверки системы на работоспособность необходимо:

- Убедиться, что гидростатическая опора 1 перемещается свободно вдоль направляющих и установить его в среднее положение относительно начала перемещения, сбросить остаточные давления в общей системе, сверить показания манометра и установить его на «нуль», установить

индуктивный датчик так, чтобы выход его щупа оказался максимальным.
 Настроить самописец на «ноль». Запустить программу электронного осциллографа DSO – 2090, проверить контакты и прохождение сигнала. Показания микрометра индикаторного типа 7 установить на «ноль».

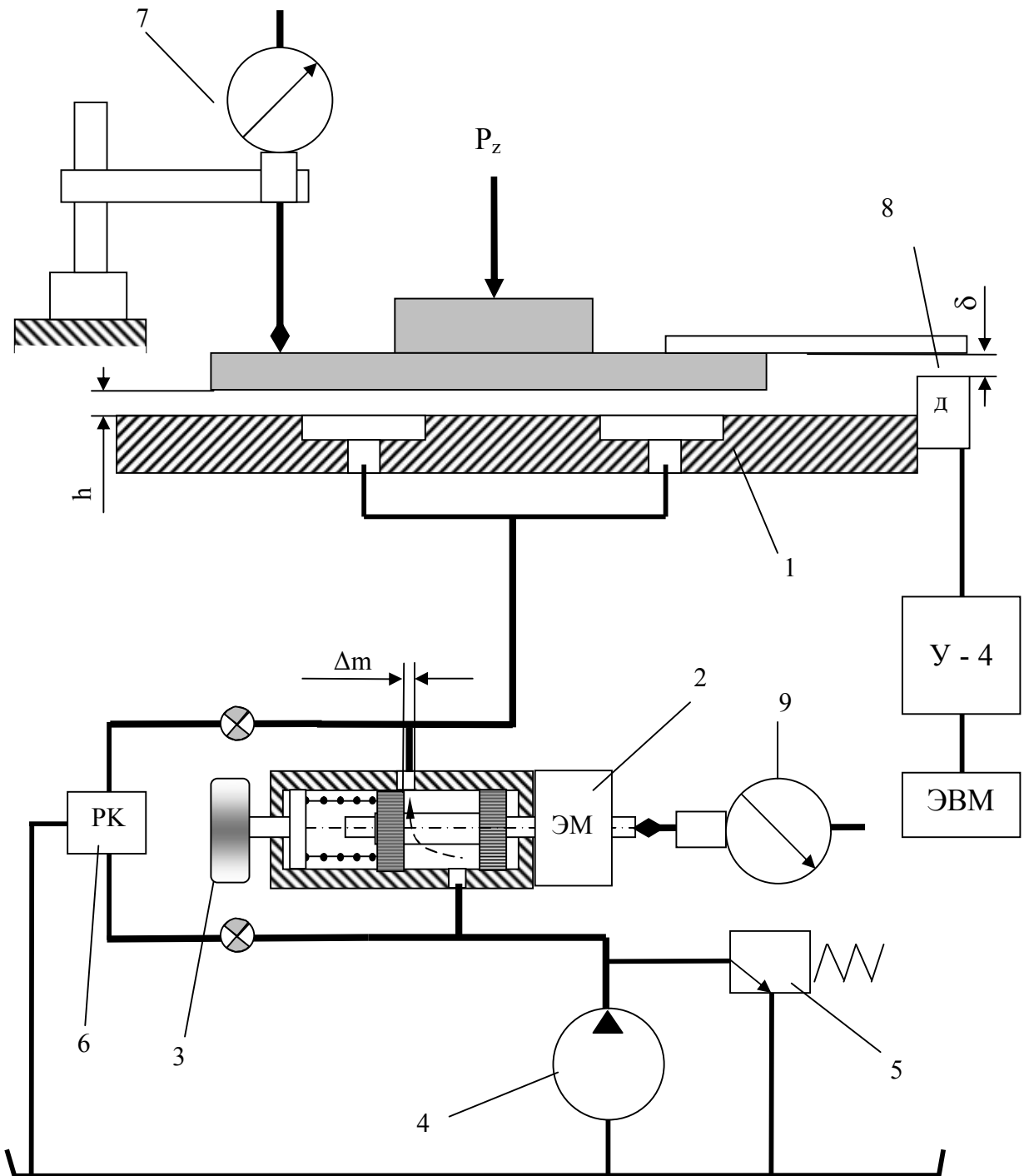


Рис. 4 Принципиальная схема гидростатического стенда



- Отрегулировать регулировочный винт 3 золотникового регулятора 2 н. зазор в гидростатической опоре $h = 0$ мкм, то есть поджать до упора. Рабочая жидкость при этом будет заблокирована.

- Включить насосную установку и установить общее давление системы на 3 кгс/см^2 .

П.2.

Проведение исследования зазора в гидростатической опоре без нагрузки в зависимости от расхода, необходимо:

- Выполнить пункт П.1.

- Включить электромагнит регулятора расхода 2. Начать регулировку винта отжимая пружину регулятора расхода, пошагово на 13 точек. При проведении данной операции показания микрометра 7 и уровень линии самописца изменятся. Подъем стола относительно опоры будет незаметным.

- Записать показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

П.3.

Для исследования изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в статике и определения приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора необходимо:

- Выполнить пункт П.1.

- Выполнить пункт П.2, но с приложением нагрузок весом 100Н, 200Н, 300Н. Исследование проводится для определения характера изменения зазоров и выявления «целесообразных» диапазонов управления.



- Повторить пункт П.1., но с установкой первоначального зазора = 60 мкм. Начать нагружать стол набором весов (1кг, 3кг, 5кг, 10кг, 20кг, 25кг) по очереди, каждый раз фиксируя показания приборов. Повторить с $h = 70$ мкм и с $h = 80$ мкм.
- По полученным значениям зазоров вычисляем требуемые к приращению расходы, из показания индикатора установленного на оси золотника по формуле:

$$\Delta Q_i = Q_i - Q = Q_i - \mu \cdot \pi \cdot d \cdot \Delta m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

Где Q_i есть $Q_1 = 0,000166 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_2 = 0,00026 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_3 = 0,000393 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствуют начальным значениям зазоров $h_1 = 60$ мкм, $h_2 = 70$ мкм, $h_3 = 80$ мкм.

$\mu = 0,65$ – коэффициент расхода регулятора

$d = 12$ мм – диаметр рабочей кромки золотника,

Δm - зазор в золотниковом регуляторе, снимается по показаниям индикатора.

$\Delta p = 0,0008 \text{ кгс/м}^2$ – перепад давления в золотниковом регуляторе.

$\rho = 895 \text{ кг/м}^3$ – плотность рабочей жидкости.

- Записать показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

П.4.

Для исследования изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в динамике необходимо:

- Выполнить пункт П.1.



- Повторить пункт П.1., но с установкой первоначального зазора $h = 60$ мкм. Начать нагружать стол весами 100Н, 200Н, 300Н, по очереди сбрасывая с высоты 10-15 см, каждый раз фиксируя показания приборов. Повторить с $h = 70$ мкм и с $h = 80$ мкм.
- Записать в табл.4 показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

Выполнение опытов

Таблица 4

Зависимость зазора от расхода без нагрузки

Q	h	k	Sf	P
м ³ /с	м		м ²	Н
		0,00002	0,0468	794

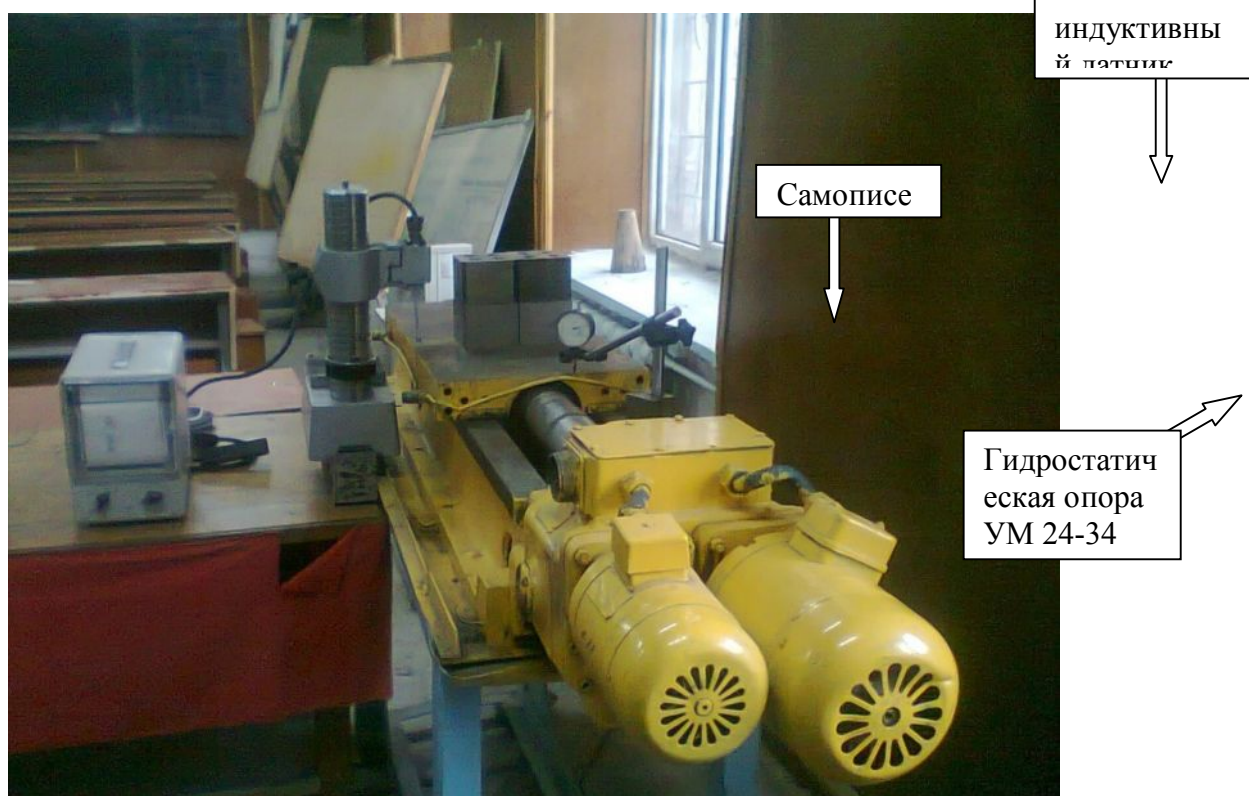




Рис. 5 Гидростатический стенд

Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство и принцип работы гидростатической опоры.
2. Опишите принцип работы стенда.
3. Какие параметры являются основными характеристиками гидростатической опоры?
4. Какая зависимость между зазором в щели гидростатической опоры и изменением щели в регуляторе расхода жидкости?