

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
Политехнический Институт  
Факультет Механико-технологический  
Кафедра «Гидравлика и гидропневмосистемы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент, К.К. Лайко

\_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ / Е.К. Спиридонов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Испытания гидроаппаратуры

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ  
РАБОТЕ

ЮУрГУ–15.03.02.2018.288 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент

\_\_\_\_\_ / В.И. Форенталь  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Автор проекта

студент группы П-457

\_\_\_\_\_ / П.В. Клочков  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Нормоконтролер, доцент

\_\_\_\_\_ / А.В. Подзерко  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Челябинск 2018 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1. Цели и задачи.....	9
2. Состав и назначение испытательного стенда.....	10
3. Основные технические характеристики стенда.....	13
4. Устройство и работа гидрооборудования.....	16
4.1. Пульт гидравлический.....	16
4.2. Насосная станция.....	18
4.3. Станция фильтрации.....	20
5. Испытания гидроаппаратов.....	21
5.1. Подготовка.....	21
5.2. Испытание распределителей.....	21
5.3. Испытание обратных клапанов.....	25
5.4. Испытание предохранительных клапанов.....	27
5.5. Испытание редукционных клапанов.....	28
6. Рекомендации к эксплуатации.....	30
7. Работа стенда при проведении испытаний.....	31
7.1. Выбор предмета испытаний.....	31
7.2. Баланс энергии системы.....	32
8. Меры безопасности.....	48
9. Заключение.....	51
Библиографический список.....	52

										лист
И	Л	№ докум.	Под	Д						
з	и		пис	а						
М	С		ь	т						

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

## ВВЕДЕНИЕ

Испытания – это очень важная часть в обеспечении безопасности, надежности и работоспособности техники. Они позволяют определить количественные или качественные свойства предмета в результате симуляции различных условий работы. Зачастую испытания проводят для проверки соответствия предмета испытаний заданным требованиям.

Классификация испытаний по назначению:

1. Приемо-сдаточные испытания;
  2. Периодические испытания;
  3. Определительные испытания;
  4. Заводские;
- И т.п.

Приемо-сдаточные испытания проводят с целью контроля соответствия продукции требованиям стандартов, установленным для данной категории испытаний, а также контрольному образцу или образцу-эталону (если они предусмотрены в стандартах) для определения возможности приемки продукции.

Приемка продукции - процесс проверки соответствия продукции требованиям, установленным в стандартах, конструкторской документации, технических условиях (ТУ), договоре на поставку и оформление соответствующих документов.

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Объект исследования – стенд для испытания гидроаппаратуры.

Цель работы – анализ и математическое описание работы стенда при проведении испытаний.

Задачи:

1. Анализ видов гидравлической аппаратуры, испытываемой на данном стенде.
2. Выбор объекта проведения испытаний.
3. Подробное описание составных элементов стенда, участвующих в испытании выбранного объекта.
4. Расчет потерь мощности, при изменении расхода различными способами регулировки.
5. Описание результатов проведения испытаний.

					<i>ЮУрГУ.15.03.02.2018.288</i>	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

## 2. СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Испытательный стенд СГИ-16.01... предназначен для проведения приёмодаточных испытаний и выполнения настройки направляющей и регулирующей гидроаппаратуры в соответствии с ГОСТ 20245-74 "Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний"[1] и гидроаппаратуры с серво/пропорциональным управлением/регулированием в соответствии с ГОСТ 28971-91 "Гидропривод объёмный. Сервоаппараты. Методы испытаний"[2] с регистрацией результатов в электронном виде, либо на бумажных носителях.

Стенд позволяет проводить испытания аппаратов различного исполнения:

- по типу монтажа: стыковой, модульный, трубный, встраиваемый (в т.ч. вставной и ввертной);
- по типу управления: ручное и электрическое (в т.ч. дискретное, серво- и пропорциональное);
- по конструкции блока электроники: встроенный и вынесенный.

Показатели, проверяемые при проведении испытаний на стенде, приведены в Таблице 1.

Таблица 1 - Показатели, проверяемые при проведении испытаний.

№ п/п	Показатели	Направляющие гидрораспределители и запорные вентили	Гидроклапаны обратные	Гидрозамки	Гидроклапаны предохранительные	Гидроклапаны редуционные	Гидродроссели и регуляторы потока	Дросселирующие гидрораспределители
1	Функционирование	+	+	+	+	+	+	+
2	Внутренняя герметичность	+	+	+	+			
3	Наружная герметичность	+	+	+	+	+	+	+
4	Зависимость изменения давления от расхода				+			
								ЛИСТ
								2
И в м	Л и с	№ докум.	Под пис	Д а	ЮУрГУ.15.03.02.2018.288			
		ь		т				

5	Плавность регулирования и диапазон настройки	+			+	+	+	
6	Изменение редуцированного давления при изменении давления на входе					+		
7	Изменение редуцированного давления при изменении потока					+		
8	Поток жидкости через управляющий клапан (при наличии у аппарата независимой гидролинии слива управляющего потока)					+		+
9	Зависимость расхода от разности давлений на входе и выходе						+	
10	Коэффициент усиления по давлению							+
11	Смещение нуля							+
12	Коэффициент усиления по расходу							+
13	Гистерезис							+
14	Полярность							+
15	Характеристика внутренних утечек							+

Знак «+» означает, что данный показатель проверяется.

Состав оборудования стенда					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
И	Л	№ докум.	Под	Д		2
З	И		пис	а		
М	С		ь	т		



Таблица 2 – Основные характеристики.

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ				
1	Максимальное давление в гидролиниях стенда, МПа: - Р, А, В - Т (до ДРЗ, КПЗ) - Т (после ДРЗ, КПЗ), Y, L - X  <i>Примечание: условные буквенные обозначения здесь и далее в пределах п.2.1. соответствуют принципиальной гидравлической схеме СГИ-16.01.00.00.000 ГЗ</i>	32  32  1  20				
2	Максимальное давление насосной станции, МПа	32				
3	Подача основного насоса Н1 (гидролиния Р), л/мин  <i>Примечание: устанавливается вручную посредством регулировочного винта механического регулятора насоса</i>	0÷100				
4	Подача вспомогательного насоса Н2 (гидролиния X), л/мин, не менее	16,5				
5	Подача перекачивающего насоса Н4, л/мин, не менее	16,7				
6	Подача циркуляционного насоса Н3, л/мин, не более	187,5				
7	Диапазон измеряемых расходов, л/мин: - гидромотор (гидролинии А и В) - турбинный преобразователь расхода (гидролиния Т) - измерительный бак (гидролинии Т, Y, L)	3÷100  10÷100  0÷10				
8	Мощность приводного электродвигателя основного насоса Н1, кВт, не более	55				
И з м	Л и с	№ докум.	Под пис ь	Д а т	ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2

9	Мощность приводного электродвигателя вспомогательного насоса Н2, кВт, не более	7,5	
10	Мощность приводного электродвигателя перекачивающего насоса Н4, кВт, не более	0,75	
11	Мощность приводного электродвигателя циркуляционного насоса Н3, кВт, не более	5,5	
12	Частота вращения приводного электродвигателя основного насоса Н1, об/мин, не более	1000	
13	Частота вращения приводного электродвигателя вспомогательного насоса Н2, об/мин, не более	1500	
14	Частота вращения приводного электродвигателя перекачивающего насоса Н4, об/мин, не более	1500	
15	Частота вращения приводного электродвигателя циркуляционного насоса Н3, об/мин, не более	1500	
16	Ёмкость гидробака насосной станции Б1, л	800	
17	Ёмкость сливного бака стенда Б2, л	140	
18	Ёмкость измерительного бака БИ, л	10	
19	Рабочая жидкость	Минеральное масло с кинематической вязкостью 20÷50 сСт	
20	Класс чистоты рабочей жидкости по ГОСТ 17216-71[3]:	Не грубее 11  Не грубее 9	
	- при испытании гидроаппаратуры кроме с серво/пропорциональным управлением/регулированием - при испытании гидроаппаратуры с серво/пропорциональным управлением/регулированием		
	Рабочие жидкости, рекомендуемые для применения	ИГП 30 или 38; ТНК Гидравлик HVLP 46 или 68;	
21	Примечание: масло с более высокой вязкостью следует применять при повышенной температуре окружающего воздуха и охлаждающей жидкости	Shell Tellus S 46 или 68; ЮУФГУ 15.03.02.2018.288	
И	Воды № докум.	Под Д	ЛИСТ 2
В	И	Пис а	
М	С	Б Т	Mobil DTE Oil 25 или 26.

22	Температурный диапазон рабочей жидкости	15÷60 °С
23	Охлаждение	Водяное
24	Расход охлаждающей воды при температуре на входе в теплообменный аппарат 28 °С, л/мин	100

*Примечание: максимальные давления в гидрелиниях обеспечиваются настройкой соответствующих предохранительных клапанов гидросистемы стенда.*

#### 4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

Все условные буквенные обозначения в разделе приняты в соответствии с принципиальной гидравлической схемой СГИ-16.01.00.00.000 ГЗ (см. Приложения).

Устройство гидрооборудования показано на схеме гидравлической принципиальной СГИ-16.01.00.00.000 ГЗ.

Гидрооборудование включает в себя:

- стенд (пульт гидравлический) с монтажной плитой, контрольно-измерительной и регулирующей аппаратурой;					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	2
И	Л	№ докум.	Под	Д		

З - насосную станцию, ПИС - насосную станцию, а - насосную станцию, м - насосную станцию, с - насосную станцию, б - насосную станцию, т - насосную станцию.

- станцию фильтрации и охлаждения рабочей жидкости;
- комплект переходных/монтажных плит, гибких трубопроводов, крепёжных, уплотнительных и вспомогательных элементов для соединения испытуемой гидроаппаратуры со стендом и монтажа гидросхем испытаний.

#### 4.1 ПУЛЬТ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

Для испытания гидроаппаратуры стыкового исполнения на стенде установлена монтажная плита с присоединительными размерами стыковой плоскости для распределителей с диаметром отверстий основного потока  $D_y=32\text{мм}$  согласно ГОСТ 26890-86 "Гидроаппаратура. Присоединительные размеры стыковых плоскостей монтажных плит"[4] (соответствует кодировке 4401-10-09-0-05 международного стандарта ISO 4401:2005 "Hydraulic fluid power -- Four-port directional control valves -- Mounting surfaces").

На указанной плите имеются семь отверстий для подвода-отвода рабочей жидкости:

**Р** – основная гидролиния питания;

**Т** – основная гидролиния слива;

**А** – гидролиния подвода к исполнительному механизму;

**В** – гидролиния подвода к исполнительному механизму;

**Х** – вспомогательная гидролиния питания;

**У** – вспомогательная гидролиния слив;

**Л** – дренажная гидролиния.

В конструкции стенда предусмотрены места присоединений **ТП1÷ТП3, ТП5** для внешней коммутации с испытуемой гидроаппаратурой в т.ч. трубного исполнения посредством комплекта гибких трубопроводов (рукавов высокого давления).

Для коммутации с испытуемой гидроаппаратурой трубного и некоторых типоразмеров встраиваемого исполнения в конструкции стенда также предусмотрена монтируемая на монтажную плиту **БМ3** плита-заглушка **ПЗ32**,

используемая совместно с комплектом гибких трубопроводов. Необходимые для

коммутации скомбинированный комплектующие (монтажные плиты, гибкие

и труборазъемы, крепёжные, уплотнительные и вспомогательные элементы и т.д.)

указаны в перечне (см. Приложения). Внутренние гидролинии коммутируются в соответствии с выбранной схемой испытания посредством комплектной запорно-регулирующей арматуры стенда.

Для изменения сопротивления в гидролиниях **В**, **А**, и **Т** установлены регулирующие дроссели соответственно **ДР1**, **ДР2** и **ДР3**.

Между гидролиниями **Р** и **Т** также установлен регулирующий дроссель **ДР4**, необходимый для дополнительного регулирования расхода жидкости в гидролинии **Р** и байпасного сброса давления.

Органы управления всех кранов, дросселей и клапанов выведены на лицевые панели стенда. Для измерения давления в каждой гидролинии стенда установлены датчики давления **АП1÷АП7** и манометры **МН2÷МН8**.

Для измерения расхода предусмотрены три расходомера:

- гидромотор **ГМ**, с рабочим объёмом  $q=28 \text{ см}^3$ , установлен между гидролиниями **А** и **В**;
- расходомер **ТПР** турбинного типа на сливе (гидролиния **Т**);
- измерительный бак **БИ** объёмом 10 литров с тарированной шкалой для измерения малых расходов в гидролиниях **Т**, **У** и **Л**.

Для измерения температуры рабочей жидкости в сливной гидролинии установлен показывающий термометр **ТБ**.

Для обеспечения безнапорного слива и сбора утечек стенд укомплектован промежуточным сливным гидробаком **Б2** объёмом 140 литров. В него заведён слив наружных утечек с поддона **Б3** монтажной плиты места испытаний, слив с измерительного бака **БИ**, слив гидролинии управления редукционного клапана, дренаж гидромотора, а также гидролинии **У** и **Л**. При наполнении бака до уровня установки реле **РУ4**, установленного на стенке бака, включается электродвигатель **ЭД4** насосного агрегата **Н4** и рабочая жидкость перекачивается через рукав **РВД5** и сливной фильтр **ФС2** в основной бак **Б1**. Перекачивание происходит до тех пор пока уровень жидкости не понизится до высоты установки реле уровня **РУ3**, после чего электродвигатель **ЭД4** отключается.

42 НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ					ЛИСТ
					2
И	Л	№ докум.	Под	Д	
з	и		пис	а	
м	с		ь	т	

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

Насосная станция стенда предназначена для подачи рабочей жидкости к аппаратам стенда.

Насосная станция в своём составе имеет два насосных агрегата **Н1** и **Н2** на базе аксиально-поршневых насосов.

Основной насосный агрегат **Н1** обеспечивает подачу рабочей жидкости в гидролинию **Р** стенда. Насос агрегата **Н1** регулируемый с механическим регулятором подачи. Агрегат расположен под гидробаком **Б1** и установлен на демпфирующих опорах. Масло из бака к всасывающему патрубку насоса поступает через вентиль **ВН13** и всасывающий дюритовый рукав **РВ1**  $D_y=65$ мм. Механический регулятор подачи основного насоса позволяет менять подачу насоса, выбирая её в зависимости от конкретных условий проводимых испытаний с учётом минимизации избыточных энергетических потерь. Нагнетание рабочей жидкости производится по рукаву высокого давления **РВД1**.

Гидролиния управления **Х** стенда запитана от вспомогательного насоса, что позволяет исключить влияние параметров основного потока на параметры потока управления. Насосный агрегат **Н2**, обеспечивающий подачу рабочей жидкости в гидролинию **Х** стенда выполнен на базе насоса постоянной производительности. Агрегат расположен на крышке бака **Б1** и установлен на демпфирующем кольце. Насос погружён в бак, забор рабочей жидкости производится непосредственно из бака через всасывающий патрубок. Нагнетание рабочей жидкости производится по рукаву высокого давления **РВД2**. Защита напорных гидролиний **Р** и **Х** от превышения давления осуществляется предохранительными клапанами **КП1** и **КП2** соответственно. Оба клапана стыкового исполнения установлены на плите монтажного блока **БМ1**.

Предельные характеристики насосной станции приведены в Таблице 2.

Защита электродвигателя от возможной перегрузки осуществляется отключением электродвигателя при превышении предельно допустимого тока.

В гидролиниях **Р**, **Х** и **Т** насосной станции установлены фильтры с **ФН1**, **ФН2** и **ФС1** соответственно, оснащённые сигнализаторами загрязнённости и обеспечивающие тонкость фильтрации:

- гидролиния **Р** - 6 мкм;

- гидролиния **Х** - 3 мкм;

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

- гидролиния Т - 10 мкм.

В гидролинии откачки рабочей жидкости из сливного бака **Б2** расположен фильтр **ФС2** с сигнализатором загрязнённости, аналогично **ФС1** обеспечивающий тонкость фильтрации 10 мкм. Напорные фильтры **ФН1** и **ФН2** стыкового исполнения установлены на плите монтажного блока **БМ1**, сливные фильтры **ФС1** и **ФС2** установлены на крышке бака **Б1**.

Гидробак насосной станции (V=800л) разделён внутренней поперечной перегородкой на два отсека, в один из которых, условно "грязный", производится слив рабочей жидкости с гидролиний через сливные фильтры **ФС1** и **ФС2**, из второго "чистого" отсека производится забор рабочей жидкости насосами **Н1** и **Н2**, что обеспечивает дополнительную гравитационную (седиментационную) очистку рабочей жидкости. Для периодического удаления шламового осадка из отсеков бака в боковых стенках предусмотрены специальные люки, закрытые крышками. Для контроля уровня рабочей жидкости на передней стенке бака установлены визуальные указатели уровня **УУ1** и **УУ2**, а также реле уровня **РУ1** и **РУ2**, которые выдают электрический сигнал о низком уровне рабочей жидкости в баке. Для контроля температуры в баке установлен датчик температуры **ДТ** и термометр указателя уровня **УУ1**.

#### 4.3. СТАНЦИЯ ФИЛЬТРАЦИИ И ОХЛАЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Станция фильтрации и охлаждения осуществляет непрерывную циркуляцию рабочей жидкости при работе стенда, забирая её из «грязного» отсека гидробака **Б1** и возвращая её в «чистый» отсек.

Станция в своём составе имеет насосный агрегат **Н3**, сливной фильтр **ФС3** и теплообменный аппарат **АТ**, установленные на общей раме. Кроме этого в станцию входят вентили **ВН17** и **ВН18**, электромагнитный клапан **ЭМК** и фильтр **ФММ**, установленные в гидролинии водяного охлаждения.

ЮУрГУ 15.03.02.2018.288

И	Л	№ докум.	Под	Д	2
з	и		пис	а	
м	с		ь	т	

Охлаждение рабочей жидкости происходит в масляно-водяном теплообменнике, подача либо прекращение подачи охлаждающей воды через который осуществляется автоматически электромагнитным клапаном по электрическому сигналу при достижении температурой рабочей жидкости предустановленного значения.

Тонкость фильтрации рабочей жидкости фильтром **ФС3** -5 мкм.

Тонкость фильтрации воды фильтром **ФММ** -1000 мкм.

В масляный контур включён также обратный клапан **КО4** с давлением настройки 8 бар, выполняющий функцию предохранительного клапана, ограничивающего давление на выходе из насоса **НЗ** до указанной величины в случае засорения фильтра **ФС3**. При этом контроль перепада давления на фильтре осуществляется посредством манометра **МН10**. Обратный клапан **КО3** совместно с закрытым затвором **ВН14** предотвращает вытекание рабочей жидкости из бака **Б1** наружу при техобслуживании, например, фильтра **ФС3**.

## 5. ИСПЫТАНИЯ ГИДРОАППАРАТОВ

### 5.1. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

Перед проведением испытаний гидроаппаратуры необходимо:

- собрать схему гидравлическую в соответствии с типом гидроаппарата и объёмом испытаний. Методики испытаний различных гидроаппаратов указаны в Приложениях;

									ЛИСТ
И	Л	№ докум.	Под	Д	ЮУрГУ 15.03.02.2018-288				
М	С	Б	Т	собрать электрическую схему, подключить компьютер и выбрать в программе з соответствующий алгоритм испытаний;					

- установить соответствующую переходную плиту на монтажный блок стенда. В случае если какой-либо канал на притычной плоскости (например X, Y или L) не используется, в переходную плиту необходимо установить соответствующие заглушки;
- на переходную плиту установить гидроаппарат. Перед установкой на стенд вся гидроаппаратура должна быть отмыта от внешних загрязнений. Не допускается установка гидроаппаратуры с повреждениями корпуса, неудовлетворительного состояния притычной плоскости и электрических разъёмов;
- подключить манометры к контрольным точкам с верхним пределом измерения соответствующим диапазону давления испытания;
- включить насосную станцию при закрытом напорном кране **ВН1** и настроить требуемое значение максимального давления и ориентировочное значение максимального расхода (при необходимости);
- открыть напорный кран **ВН1**.

## 5.2. ИСПЫТАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

Для проведения испытаний распределителей или промывки системы необходимо установить соответствующую переходную плиту и собрать гидравлическую схему. Схема коммутируется с помощью запорной арматуры стенда. Собрать электрическую схему в соответствии со схемой подключения данного распределителя.

### Направляющие распределители

При испытании направляющих распределителей проверяются следующие показатели:

- наружная герметичность;
- функционирование;

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

Наружная герметичность для всех типов гидроаппаратуры определяется визуально по отсутствию внешних утечек рабочей жидкости при номинальном давлении в течение всего времени проведения испытаний.

Функционирование определяется следующим образом:

- подать напряжение на одну из управляющих катушек распределителя;
- контролировать величину расхода жидкости через гидромотор по сигналу с датчика оборотов или визуально (дроссели ДР1, ДР2 и краны ВН4, ВН6 должны быть полностью открыты, краны ВН2 и ВН3 закрыты);
- отключить напряжение от катушки;
- контролировать величину расхода жидкости через гидромотор;
- подать напряжение на другую управляющую катушку распределителя;
- контролировать величину расхода жидкости через гидромотор.

Функционирование трёхпозиционного дискретного распределителя с закрытой нейтралью (схема распределения №44 по отечественной классификации) определяется относительным равенством расхода между каналами А и В при переключении в крайние позиции и отсутствием расхода между каналами А и В в нейтральном положении.

Также для распределителей с пружинным возвратом контролируется самостоятельный возврат в исходное положение при снятии электрического сигнала с катушки.

Внутренняя герметичность определяется при номинальном давлении по величине расхода через гидромотор и расходомер на сливе (турбинный преобразователь расхода либо измерительный бак). Величина расхода на сливе не должна превышать величины утечек указанной в паспорте на распределитель.

### Распределители с серво/пропорциональным управлением/регулированием

При испытании дросселирующих распределителей проверяются следующие показатели:

- наружная герметичность;

- функционирование;

И - поток жидкости через управляющий клапан;

з и пис а  
м с ь т

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

ЛИСТ

2

- коэффициент усиления по давлению;
- коэффициент усиления по расходу;
- смещение нуля;
- гистерезис;
- полярность;
- внутренние утечки.

Функционирование дросселирующего распределителя определяется по графику зависимости перемещения элемента выходного каскада (основного золотника) от сигнала задания. При нормальном функционировании данный график должен соответствовать зависимости указанной в технической документации завода изготовителя (обычно эта зависимость линейная). В случае, когда конструкцией гидроаппарата не предусмотрен контроль перемещения основного каскада, функциональность определяется по возможности получения максимальных значений расхода и давления, указанных в технической документации.

Поток жидкости через управляющий клапан определяется в гидролинии **У** стенда с помощью измерительного бака **БИ** вручную. Расход замеряется при номинальном давлении в гидролиниях **Х**, **Р** и различных значениях сигнала задания.

Коэффициент усиления по давлению определяется по полученной в результате испытаний зависимости  $\Delta P_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$  перепада давления между каналами **А** и **В** от сигнала задания.

Методика получения графика зависимости  $\Delta P_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$ :

- закрыть краны **ВН2÷ВН4, ВН6**;
- настроить номинальное давление в гидролиниях **Р** и **Х**;
- подать циклически изменяющийся входной сигнал с амплитудой

соответствующей		номинальному значению и частотой не более 0,1		Лист
(рекомендуется 0,01Гц);				2
И	Л	№ докум.	Под	Д

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

- с помощью программы управления получить график зависимости  $\Delta P_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$  при нескольких периодах изменения входного сигнала и сохранить его в памяти компьютера;

- определить коэффициент усиления по давлению как наклон касательной к кривой, проведённой в диапазоне значений  $\pm 40\%$  максимального перепада давления  $\Delta P_{A-B}$ .

Коэффициент усиления по расходу определяется по полученной в результате испытаний зависимости  $Q_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$  расхода рабочей жидкости между каналами **A** и **B** от сигнала задания. Расход определяется с помощью гидромотора **ГМ** при минимальном сопротивлении в диагонали (между каналами **A** и **B**).

Методика получения графика зависимости  $Q_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$ :

- полностью открыть дроссели **ДР1**, **ДР2** и краны **ВН4**, **ВН6**. Закрывать краны **ВН2**, **ВН3**, **ВН5**;

- настроить номинальное давление в гидролинии **X** и номинальный перепад давления между гидролиниями **P** и **T**;

- подать циклически изменяющийся входной сигнал с амплитудой соответствующей номинальному значению и частотой не более 0,1 Гц (рекомендуется 0,01 Гц);

- с помощью программы управления получить график зависимости  $Q_{A-B}=f(I_{\text{зад}})$  расхода гидромотора при нескольких периодах изменения входного сигнала и сохранить его в памяти компьютера;

*Примечание: перепад давления между гидролиниями **P** и **T** должен быть постоянным за время полного цикла сигнала задания.*

- определить коэффициент усиления по расходу как наклон касательной к кривой, проведённой в диапазоне линейной части характеристики;

- определить гистерезис по формуле:  $(I_{\text{зад}+0} - I_{\text{зад}-0})/\Delta I_{\text{зад}}^{\text{max}} \times 100\%$ ,

где:

$I_{\text{зад}+0}$	–	величина сигнала задания при увеличении сигнала и расходе $Q_{A-B}=0$ ;	ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	лиСТ 2
$I_{\text{зад}-0}$	–	величина сигнала задания при увеличении сигнала и расходе $Q_{A-B}=0$ ;		
З	И	П	А	
М	С	Б	Т	

$\Delta I_{\text{зад}}^{\text{max}}$  – максимальная амплитуда сигнала задания;

- определить полярность, как соответствие направления течения жидкости полярности сигнала задания;

#### Методика определения внутренних утечек:

- закрыть краны **ВН2÷ВН4, ВН6**;

- настроить номинальное давление в гидролиниях **Р** и **Х**;

- подать циклически изменяющийся входной сигнал с амплитудой соответствующей номинальному значению и частотой не более 0,1 Гц;

- с помощью программы управления получить график зависимости  $Q_{P-T}=f(I_{\text{зад}})$  расхода на сливе при нескольких периодах изменения входного сигнала и сохранить его в памяти компьютера.

Расход определяется по турбинному преобразователю расхода **ТПР**. При малых значениях расхода утечек (менее 3 л/мин) его величину необходимо определять с помощью измерительного бака **БИ** ручным способом;

- определить величину внутренних утечек как максимальное значение расхода на графике  $Q_{P-T}=f(I_{\text{зад}})$ .

### 5.3. ИСПЫТАНИЕ ОБРАТНЫХ КЛАПАНОВ И ГИДРОЗАМКОВ

Для проведения испытаний обратных клапанов и гидрозамков необходимо установить соответствующую переходную плиту и собрать гидравлическую схему испытаний. Схема стенда коммутируется с помощью запорной арматуры стенда.

Собрать электрическую схему позволяющую проводить измерения расхода и давления.

При испытании обратных клапанов и гидрозамков проверяются следующие показатели:

- наружная герметичность;

- функционирование;

- внутренняя герметичность;

Проверка функционирования:

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

ЛИСТ

2

И - собрать гидравлическую схему;

З И ПИС А  
М С Ь Т

- установить номинальное давление в контуре гидроаппарата с помощью предохранительного клапана **КПЗ** и дросселя **ДРЗ**;

- плавно изменяя расход через гидроаппарат путём регулирования клапанов **КП4**, **КПЗ** и дросселей **ДР4**, **ДРЗ** с помощью программы управления получить график зависимости  $\Delta P_{P-T} = f(Q_{P-T})$  перепада давления на гидроаппарате от расхода на сливе. Расход определяется по турбинному преобразователю расхода **ТПР**.

Функционирование определяется как соответствие полученного графика паспортным характеристикам гидроаппарата.

*Примечание: допускается вместо снятия графика определить только перепад давления при открытии клапана и перепад давления при максимальном расходе.*

#### Проверка внутренней герметичности:

- собрать гидравлическую схему;

- установить номинальное давление в гидролинии **Р** с помощью предохранительного клапана **КП4** и дросселя **ДР4**;

- определить внутреннюю герметичность затвора клапана визуально с помощью измерительного бака **БИ**.

### 5.4. ИСПЫТАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

Для проведения испытаний предохранительных клапанов необходимо:

- предварительно настроить давление открытия клапанов **КП1**, **КП2** на максимальную величину (32Мпа и 20Мпа соответственно), контролировать величину расхода через клапан, которая не должна превышать номинальное паспортное значение;

установить соответствующую переходную плиту и собрать гидравлическую схему испытаний. Схема коммутируется с помощью запорной арматуры стенда.

					ЛИСТ
					2
И	Л	№ докум.	Под	Д	
З	И		пис	а	
М	С		ь	т	

- собрать электрическую схему, позволяющую проводить измерения расхода и давления, а также подавать электрический сигнал на катушку распределителя разгрузки (при наличии функции разгрузки).

При испытании предохранительных клапанов проверяются следующие показатели:

- наружная герметичность;
- функционирование, плавность регулирования и диапазон настройки;
- внутренняя герметичность;
- зависимость давления настройки от расхода.

Функционирование, плавность регулирования и диапазон настройки:

- собрать гидравлическую схему испытаний;
- вращением регулировочного винта клапана изменять давление в гидролинии **P** в соответствии с паспортным диапазоном;
- для исправного предохранительного клапана убедиться в возможности стабильного поддержания давления в гидролинии **P** во всём диапазоне регулирования;
- также проверить работоспособность распределителя разгрузки клапана (для клапанов с функцией разгрузки).

Внутренняя герметичность определяется величиной утечек через клапан при его номинальной настройке и давлению в гидролинии **P** соответствующему рабочему давлению в гидросистеме при эксплуатации клапана.

Зависимость давления настройки от расхода:

- собрать гидравлическую схему испытаний;
- настроить номинальное давление открытия испытываемого клапана при значении расхода равного максимальному расходу через пилотный каскад (либо 10...15% от номинального расхода):

расхода равного максимальному расходу через пилотный каскад (либо 10...15% от номинального расхода):				ЮУрГУ.15.03.02.2018.288		2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
З	И		пис	а		
М	С		ь	т		

- с помощью дросселя **ДР4** или за счет регулирования рабочего объёма насоса **Н1** плавно увеличивать значение расхода через клапан. При этом необходимо с помощью программы управления получить график зависимости  $P_p = f(Q_{p-T})$  давления в гидролинии **P** от расхода через клапан.

### 5.5. ИСПЫТАНИЯ РЕДУКЦИОННЫХ КЛАПАНОВ

Для проведения испытаний редуционных клапанов необходимо:

- предварительно настроить давление открытия клапана **КПЗ** на максимальную величину (32 МПа);
- установить соответствующую переходную плиту и собрать гидравлическую схему испытаний. Схема коммутируется с помощью запорной арматуры стенда;
- Собрать электрическую схему, позволяющую проводить измерения расхода и давления.

При испытании редуционных клапанов проверяются следующие показатели:

- наружная герметичность;
- функционирование, плавность регулирования и диапазон настройки;
- изменение редуцированного давления при изменении давления на входе;
- изменение редуцированного давления при изменении потока;
- поток жидкости через управляющий клапан.

Функционирование, плавность регулирования и диапазон настройки:

- собрать гидравлическую схему испытаний;
- закрыть дроссель **ДРЗ**;
- с помощью клапана **КП4** установить давление в гидролинии **P**, соответствующее максимальной границе диапазона регулирования редуционного клапана;
- вращением регулировочного винта клапана изменять давление в гидролинии **T** в

соответствии с паспортным диапазоном;

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

ЛИСТ

2

И	Л	№ докум.	Под	Д	
З	И		пис	а	
М	С		ь	т	

- для исправного редуционного клапана убедиться в возможности стабильного поддержания давления в гидролинии **T** во всём диапазоне регулирования.

Изменение редуцированного давления при изменении давления на входе:

- настроить редуцированное давление на какую-либо величину в середине диапазона при закрытом дросселе **ДРЗ**;

- изменять давление в гидролинии **P** с помощью предохранительного клапана **КП4** от максимального значения до величины давления превышающей на 2 бар давление настройки редуционного клапана;

- оценить величину изменения величины редуцированного давления и сравнить её с паспортными данными клапана. Разница в значениях не должна превышать 15%.

Изменение редуцированного давления при изменении потока:

- настроить редуцированное давление на какую-либо величину в середине диапазона;

- с помощью дросселя **ДРЗ** изменять величину расхода через клапан. При этом необходимо с помощью программы управления получить график зависимости давления в гидролинии **T** от расхода через клапан  $P_T = f(Q_{P-T})$ ;

- полученный график не должен отличаться от паспортной зависимости более чем на 20%.

Поток жидкости через управляющий клапан:

- настроить редуцированное давление на какую-либо величину в середине диапазона при закрытом дросселе **ДРЗ**;

- измерить величину расхода через управляющий клапан в гидролинии **Y** с помощью измерительного бака;

- повторить измерения при нескольких значениях настройки редуцированного давления.

									ЛИСТ
									2
И	В. РЕКОМЕНДАЦИИ	№	ДЛЯ	ЭКСПЛУАТАЦИИ					
З	И	С	ПИС	А					
М	С		Ь	Т					

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

1. Общей рекомендацией использования внешне подключаемых манометров и датчиков давления стендов является обеспечение соответствия их верхних пределов измерений давлениям, ожидаемым при испытаниях в точках подключения к гидросистеме.

- Манометр **МН8** (0÷25 бар) штатно предназначен для измерения давления в одной из точек гидросистемы стенда **Т314, Т315** по выбору пользователя, а также в точке **Т316** при гарантированном непревышении его верхнего предела измерений давлением в гидролинии **Т** по условиям испытаний (т.е. при использовании гидролинии **Т** в качестве низконапорной сливной).

- Манометр **МН1** (0÷400 бар) штатно предназначен для измерения давления в одной из точек гидросистемы стенда **Т38, Т39** по выбору пользователя.

- Манометры **МН2÷МН5** (0÷400 бар) и **МН6, МН7** (0÷250 бар) штатно предназначены для измерения давлений в точках гидросистемы стенда **Т313, Т317, Т318, Т312** по выбору пользователя, а также в точке **Т316** при использовании гидролинии **Т** в качестве высоконапорной, например при необходимости её опрессовывания, при гарантированном непревышении верхнего предела измерений манометров **МН6, МН7** давлением в соответствующих гидролиниях по условиям испытаний.

2. Общей рекомендацией использования входящей в состав стендов испытательного комплекса гидроаппаратуры являются плавное и медленное изменение положений органов управления регулирующих гидроаппаратов (гидродросселей, гидроклапанов и т.п.) и быстрое перемещение в конечные положения органов управления направляющих гидроаппаратов (кранов), при этом промежуточные положения последних **НЕ ДОПУСКАЮТСЯ!**

3. Монтажные стыковые плоскости, наружные корпусные поверхности испытуемых гидроаппаратов, элементы трубопроводных соединений и принадлежности предварительно следует тщательно очистить от внешних загрязнений. При этом использование волокнооставляющих тканей запрещается!

Продолжительное нахождение трубных отводов испытательного комплекса и стыковой плоскости плиты монтажного блока **БМ3** стенда №1 без соединения с испытуемыми гидроустройствами, либо без соответствующего заглушения гидролиний **НЕ ДОПУСКАЕТСЯ!**

Неиспользуемые при текущих испытаниях дополнительные отводы

гидролиний для трубных соединений монтажного блока **БМ3** стенда №1

					ЛИСТ
					2
И	Л	№ докум.	Под	Д	
З	И		пис	а	
М	С		ь	т	

испытательного комплекса должны быть закрыты заглушками соответствующего типа.

Неиспользуемые при испытаниях дополнительные отверстия испытуемых гидроустройств должны быть закрыты штатными заглушками соответствующего типа.

## 7. РАБОТА СТЕНДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ

Для математического описания работы выберем из списка гидроаппаратуры произвольный аппарат.

### 7.1 ВЫБОР ПРЕДМЕТА ИСПЫТАНИЙ

Как пример, возьмем: JPQ -213 «Atos»– дроссель с обратным клапаном. Модульного исполнения.

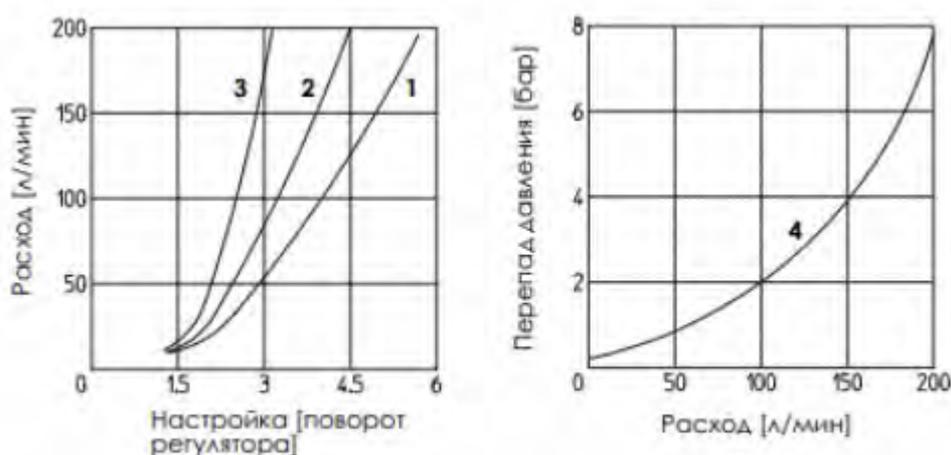


Рисунок 1 – Графики перепада давлений и настройки регулятора.

1. График регулирования при  $\Delta p = 10$  бар
2. График регулирования при  $\Delta p = 30$  бар
3. График регулирования при  $\Delta p = 50$  бар

4. График  $Q/\Delta p$  для потока через обратный клапан

Выберем 2 график ( $\Delta p = 30$  бар), в системе дроссель закручиваем на 3,2 оборота.

Расход гидролинии  $Q=97,6$  л/мин. Соответственно настройка регулятора равна 3,1(поворот регулятора)

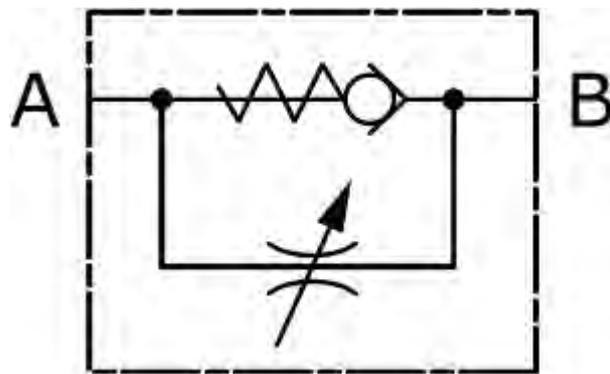


Рисунок 2 – Условное обозначение дросселя с обратным клапаном

Подключим дроссель к испытательному стенду, а на схеме жирными линиями покажем течение жидкости(Плакат 1).

## 6.2 БАЛАНС ЭНЕРГИИ СИСТЕМЫ

Подача жидкости в линию осуществляется регулируемым аксиально-поршневым насосом Н1 313.4.107.854.300 «ПСМ»

Расшифровка обозначения насоса:

313 – Насос с наклонным блоком и поворотным распределителем;

4 – Модель;

107 – Рабочий объем, см<sup>3</sup>;

8 – Без аппарата управления;

5 – С ограничением рабочего объема;

4 – Управление механическое: перестановка вращательным движением;

3 – Правое исполнение вала;

0 – Вторичное управление отсутствует;

0 – Гидроаппаратура отсутствует.

Принцип работы качающего узла насоса:

Качающий узел состоит из вала, установленного в корпусе на подшипниках и блока цилиндров. Фланец вала через сферические головки шатунов соединен с поршнями и шипом. Поршни перемещаются в цилиндрах блока. Величина хода поршней определяется углом, образованным осями вращения блока цилиндров и

вала. Блок по сферической поверхности контактирует с распределителем, который противоположной стороной прилегает к одной из поверхностей корпуса регулятора. Со стороны конца вала насос закрывается крышкой, уплотненной резиновым кольцом и манжетой. При работе насоса вал приводится во вращение от

двигателя. Вращение вала передается шатунам, от них через поршни блоку цилиндров. Каждый поршень за одну половину оборота вала производит всасывание, за другую нагнетание рабочей жидкости в гидросистему. Давление на выходе из насоса определяется нагрузкой на рабочий орган и ограничивается предохранительным клапаном гидросистемы. Подача определяется частотой вращения вала насоса, а также собственным рабочим объемом насоса. Рабочий объем определяется углом наклона блока цилиндров относительно оси вала.

Принцип работы регулятора:

Регулятор состоит из установленных в корпусе ступенчатого поршня, пальца, фиксирующего винта, двухкромочного золотника с башмаком и подпятником, двухплечевого рычага, крышки, в которой размещены детали, имеющие различное функциональное назначение. Снизу блок регулятора закрывается стаканом с уплотнительным кольцом. Детали, входящие в крышку, меняют соотношение моментов на рычаге и положение золотника относительно пальца. В нейтральном положении золотник обеспечивает равновесие сил, действующих на поршень регулятора. Смещение золотника от нейтрального положения вправо или влево вызывает изменение давления в полости большего диаметра поршня и смещение последнего. При перемещении поршня, связанного с качающим узлом через сферическую головку пальца, происходит изменение угла наклона блока цилиндров и изменение рабочего объема. Полость цилиндра меньшего диаметра поршня постоянно соединена с каналом высокого давления. Полость под цилиндром большего диаметра через отверстия в пальце, распределительный поясок золотника и отверстие в винте может соединяться либо с высоким давлением, либо с дренажом.

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

313.3.107. 313.4.107,

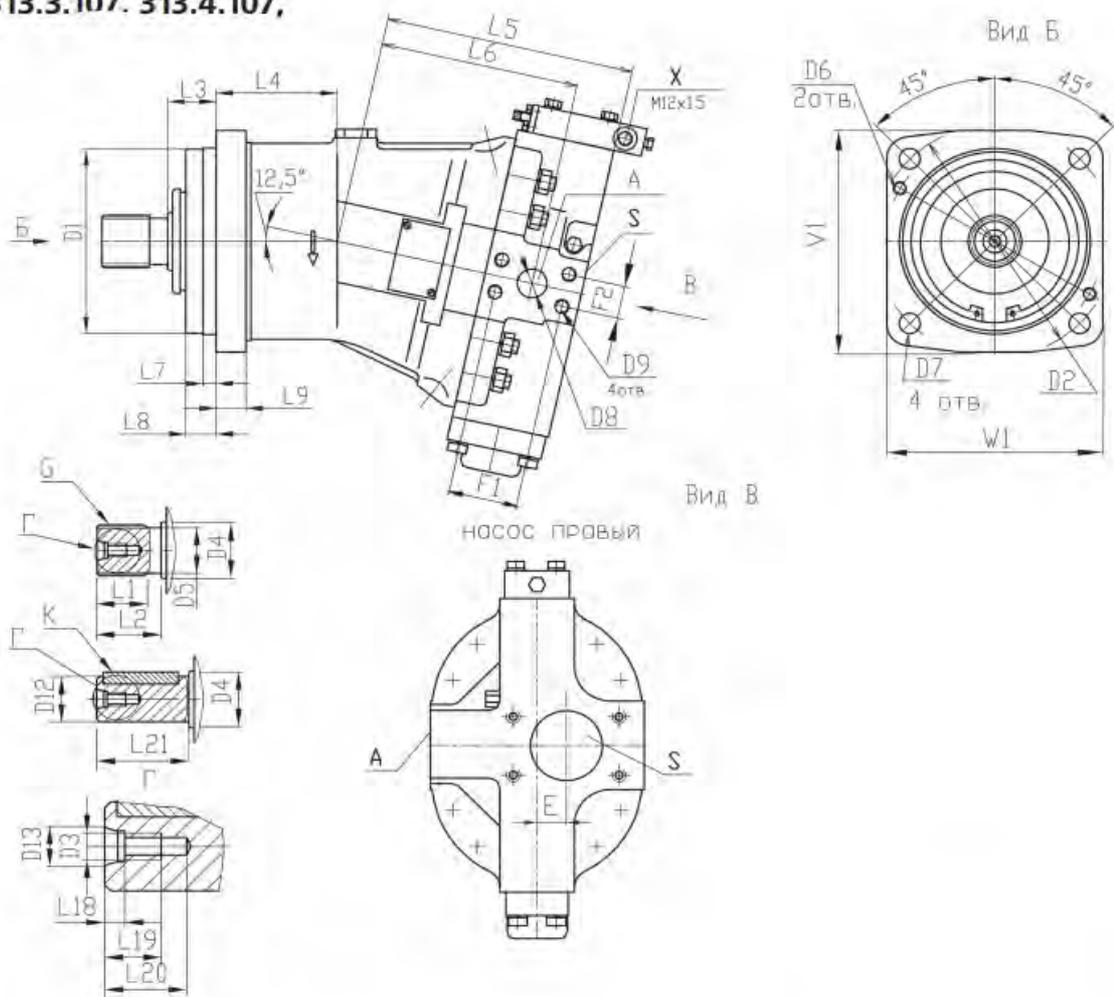


Рисунок 3 – Габаритные и присоединительные размеры[6]

Таблица 3 – Присоединительные размеры[6]

В миллиметрах

Размер	313.4.107
G шлиц ГОСТ 6033-80	45xh8x2x9x
K шпонка ГОСТ 23360	12x8x63
D	62H13
D1	160h7
D2	200
D3	M12-7H
D4	50h8
D5	40h11
D6	M12-7H
D7	18
D8	25
D9	M12x18

И	Л	№ докум.	Под	Д
З	И		пис	а
М	С		ь	т

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

ЛИСТ

2

Продолжение таблицы 3.

В миллиметрах

D10	M12x18
D12	40k6
D13	17
E	25
F1	57,2
F2	27,8
F3	88,9
F4	50,8
L1	39,5
L2	55
L3	40
L4	101
L5	210
L6	169
L7	11
L8	25
L9	25
L18	8,5
L19	25
L20	35
L21	80
V1	180
W1	180
W2	178

Насос соединен трубопроводом с напорным фильтром. Найдем потери давления по длине трубопровода.

Диаметр трубопровода –  $D=38 \text{ мм} = 0,038\text{м}$ ;

Длина –  $L=1200 \text{ мм}$

Скорость течения жидкости  $V$  найдем из расхода  $Q_{\text{max}} = 97,6 \text{ л/мин} = 0,00163 \text{ м}^3/\text{с}$

$$Q = V * A$$

$A$  – площадь проходного сечения трубопровода;

$$V = \dots$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{0,038^2 \pi}{4} = 0,00113,$$

$$V = \frac{0,00163}{0,00113} = 1,44 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Потери давления по длине равны:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} * ;$$

– Коэффициент потерь на трение по длине (коэф. Дарси). Зависит от числа Рейнольдса  $Re$ .

$$Re = ;$$

$\nu$  – кинематическая вязкость среды,  $\text{м}^2/\text{с}$

Рабочая среда ИГП 30.

$$\nu = 45 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \text{ (при } 40^\circ\text{C)}$$

- плотность рабочей среды

В нашем случае:  $\rho = 885$

$$Re = \frac{1,44 * 0,038}{45 * 10^{-6}} = 1216$$

Ламинарный режим течения, поэтому:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1216} = 0,053$$

Тогда потери давления по длине от насоса до фильтра напорного ФН1 :

$$\Delta P_1 = 0,053 * \frac{1,2}{0,038} * \frac{885 * 1,44^2}{2} = 1535 \text{ Па} = 1,5 \text{ г}$$

Так же нам необходимо определить потери давления на напорном фильтре ФН1 – ФНВ 320 2 S A F1 A06 H E8 «MP Filtri». Для этого воспользуемся каталогом [7] и определим их исходя из графика.

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

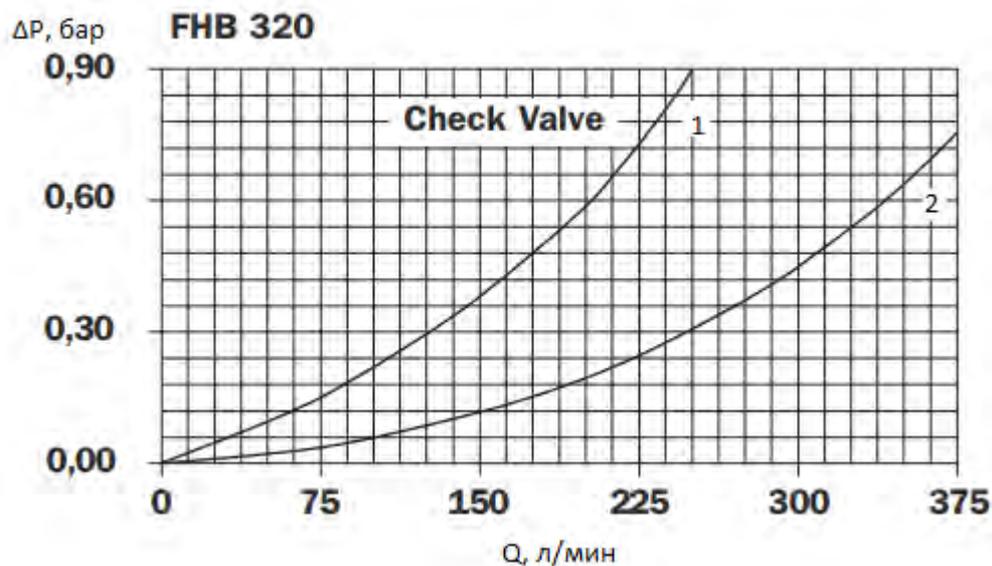


Рисунок 4 – График перепада давлений

Нас интересует график 2, т.к. 1 график отображает характеристику с учетом обратного клапана. Наш фильтр обратного клапана в комплекте не имеет.

Из графика мы видим, что  $\Delta P_{\text{ФН1}} = 0,06 \text{ бар} = 0,006 \text{ М}$

Напорный фильтр соединяется с краном ВН1 трубопроводом того же диаметра, но другой длины  $L_2=500 \text{ мм}$ .

$$\Delta P_2 = 0,053 * \frac{0,5}{0,038} * \frac{885 * 1,44^2}{2} = 639 \text{ Па} = 0,64 \text{ кПа}$$

$\Delta P_2$  – потери давления на участке от ФН1 до I.

Потери давления на кранах ВН1, ВН2, ВН4, ВН5, ВН7 – кран шаровый штуцерный ВКНС25 «Hansa Flex», характеризуются уравнением:

$$\Delta P_{\text{ВН}} = \varepsilon * \dots$$

$\varepsilon$  – коэффициент местного сопротивления

Значение этого коэффициента мы берем из справочника сопротивлений[8].

Наши краны – шаровые с двусторонним уплотнением диска. Установлены в сети.

$$\varepsilon = 0,02$$

$$\Delta P_{\text{ВН1}} = 0,02 * \frac{885 * 1,44^2}{2} = 18,35 \text{ Па}$$

Дальнейшее течение жидкости осуществляется по трубопроводу с внутренним диаметром  $D_2=28$  мм, поэтому нам необходимо найти новое значение скорости потока  $V_2$

$$A_2 = \frac{0,028^2 * \pi}{2} = 0,00062 \text{ м}^2$$

$$V_2 = \frac{0,00163}{0,00062} = 2,63 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{2,63 * 0,028}{45 * 10^{-6}} = 1636$$

Ламинарный режим течения.

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1636} = 0,039$$

Потери давления на участке от ВН1 до КО1

$$\Delta P_3 = 0,039 * \frac{1,2}{0,028} * \frac{885 * 2,63^2}{2} = 5115 \text{ Па} = 5,1 \text{ кПа}$$

Дальнейшие участки трубопровода имеют такой же диаметр, изменяется только длина поэтому формулу потерь преобразуем в вид:

$$\Delta P_i = R * L_i$$

$$R = 0,039 * \frac{885}{0,028} * \frac{2,63^2}{2} = 4263 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$$

$R$  – коэффициент упрощения, характерный для данного трубопровода

$\Delta P_i$  - перепад давлений на  $i$ -ом участке

$L_i$  - длина  $i$ -го участка

После ВН1 жидкость протекает через обратный клапан ADR – 25/ фирмы «ATOS»

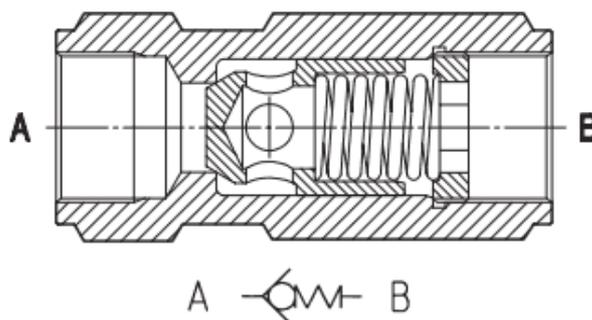


Рисунок 5 – Обратный клапан ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

И	Л	№ докум.	Под	Д
з	и		пис	а
м	с		ь	т

Гидроклапаны обратные ADR резьбового монтажа предназначены для пропуска потока рабочей гидравлической жидкости в одном направлении и перекрытия потока в другом направлении в объемных гидроприводах.

Клапаны обратные ADR-06, ADR-10, ADR-15, ADR-20, ADR-25, ADR-32 работают на гидравлических маслах или синтетических жидкостях с аналогичными смазывающими свойствами, тонкостью фильтрации 25 мкм, вязкостью от 15 до 100 сСт, при температуре масле не превышающей 80°C

Расход рабочей жидкости до 500 л/мин.

Давление до 400 бар.

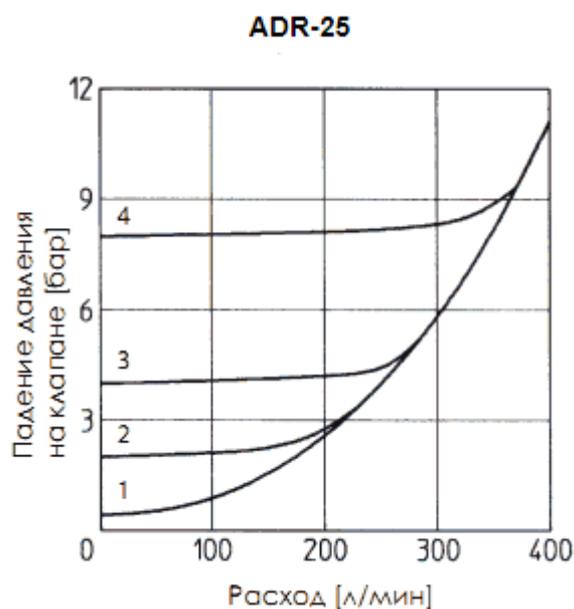


Рисунок 6 – График падения давления на обратном клапане

Нашей модели соответствует кривая 1.

Из графика следует, что  $\Delta P_{\text{КО1}} = 0,1 \text{ бар} = 0,01 \text{ М}$ .

Трубопровод от КО1 до ВН7:  $L=1,2 \text{ м}$

$$\Delta P_4 = 1,2 * 4263 = 5115 \text{ Па}$$

От ВН7 до ВН2:  $L=0,8 \text{ м}$

$$\Delta P_5 = 0,8 * 4263 = 3410 \text{ Па}$$

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

От ВН2 до ДР2:  $L = 0,5$

$$\Delta P_6 = 0,5 * 4263 = 2131 \text{ Па}$$

ДР1 и ДР2 – дроссель DV-20-P-B фирмы «STAUFF»

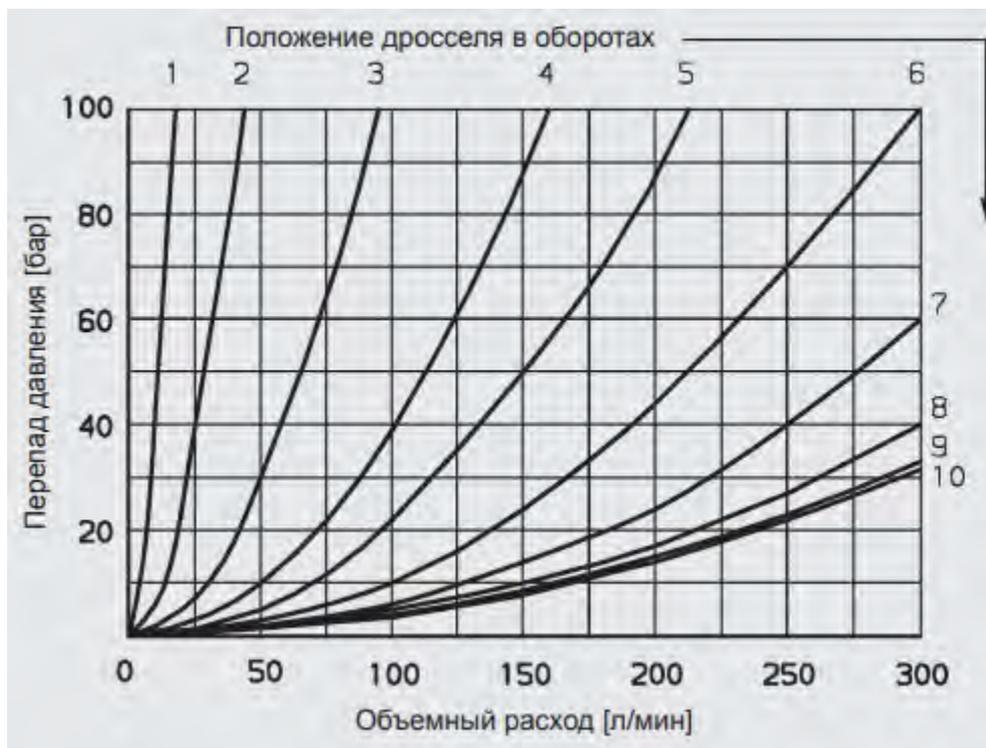


Рисунок 7 – График перепада давлений на дросселях ДР1 и ДР2

Нашему случаю соответствует кривая 10. Следовательно  $\Delta P_{\text{ДР1,ДР2}} = 51$

Участки трубопровода от ДР2 до испытуемого дросселя и от испытуемого дросселя до ДР1 имеют длину  $L=1,2$  м, поэтому  $\Delta P_{\text{др}} = 1,2 * 4263 = 5115 \text{ Па}$

От ДР1 до ВН4, от ВН4 до ВН5 длина равна  $L=0,5$  м

$$\Delta P = 0,5 * 4263 = 2131 \text{ Па}$$

От ВН5 до ВН10 –  $L=1,2$

$$\Delta P = 1,2 * 4263 = 5115 \text{ Па}$$

ВН10 – кран шаровый трехлинейный(трехходовый) муфтовый VT.361 VALTEC

Потери давления на этом кране равны потерям давления двухходового крана, которые мы находим как:

$$\Delta P_{\text{ВН}} = 0,02 * \frac{885 * 2,63^2}{2} = 61,2 \text{ Па} = 0,061 \text{ кПа}$$

ЮУрГУ У.15.03.02.2018.288

И	Л	№ докум.	Под	Д	ЛИСТ 2
З	И		пис	а	
М	С		ь	т	

Данное значение относится к потерям на ВН2, ВН4, ВН5, ВН7, ВН10.

Трубопровод от ВН10 до ТПР имеет длину  $L=0,5$  м, поэтому:

$$\Delta P = 0,5 * 4263 = 2131 \text{ Па}$$

ТПР – турбинный преобразователь расхода(расходомер), ТПР12-2-1В «АПЗ»

Потери давления на данном элементе мы можем взять из свидетельства об утверждении типа средств измерений[9].

Гидравлическое сопротивление преобразователя при максимальном расходе составляют не более  $50 \text{ кПа} = 0,5 \text{ МПа}$

Длина трубопровода от ТПР до КО2  $L=2$  м:

$$\Delta P = 2 * 4263 = 8526 \text{ Па}$$

Обратный клапан КО2 504.110006А1 «INTEVA»

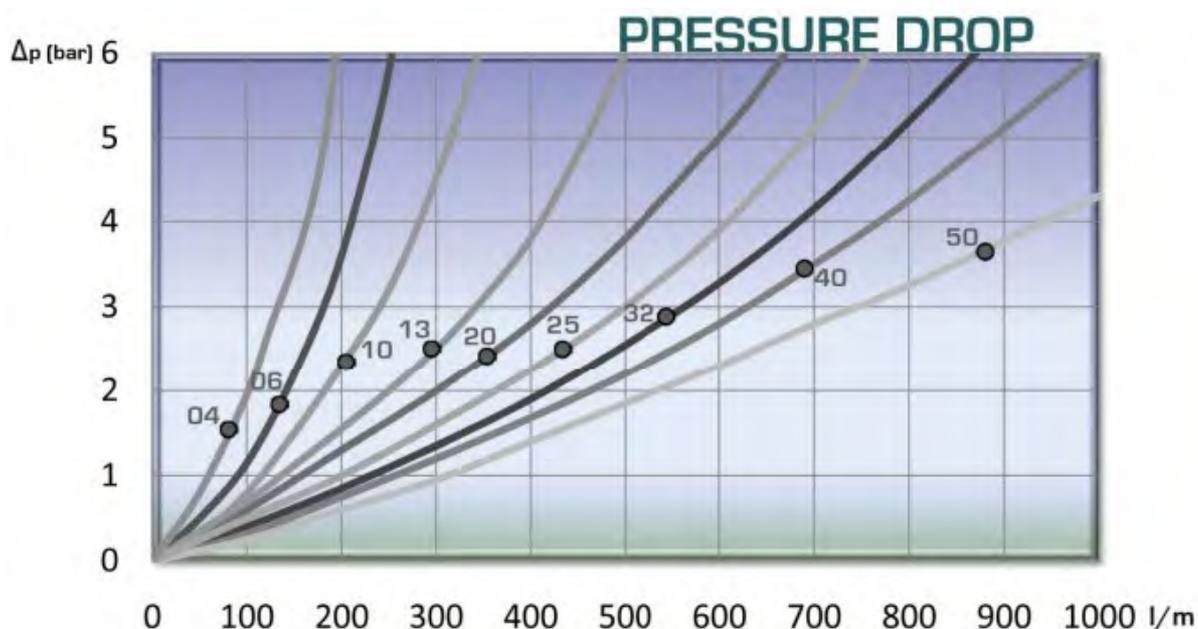


Рисунок – 8 – Перепад давлений на КО2

Из графика(06) следует, что :

$$\Delta P_{\text{КО2}} = 1,1 \text{ бар} = 0,11 \text{ МПа}$$

Длина трубопровода от КО2 до ФС1 равна  $L=0,8$  м:

$$\Delta P = 0,8 * 4263 = 3410 \text{ Па}$$

ФС1 – сливной фильтр МРН 630 2С D S A F2 A10 FX(630 2 A10 A) «MP Filtri»

График падения давления возьмем из каталога фильтров этой фирмы[10]

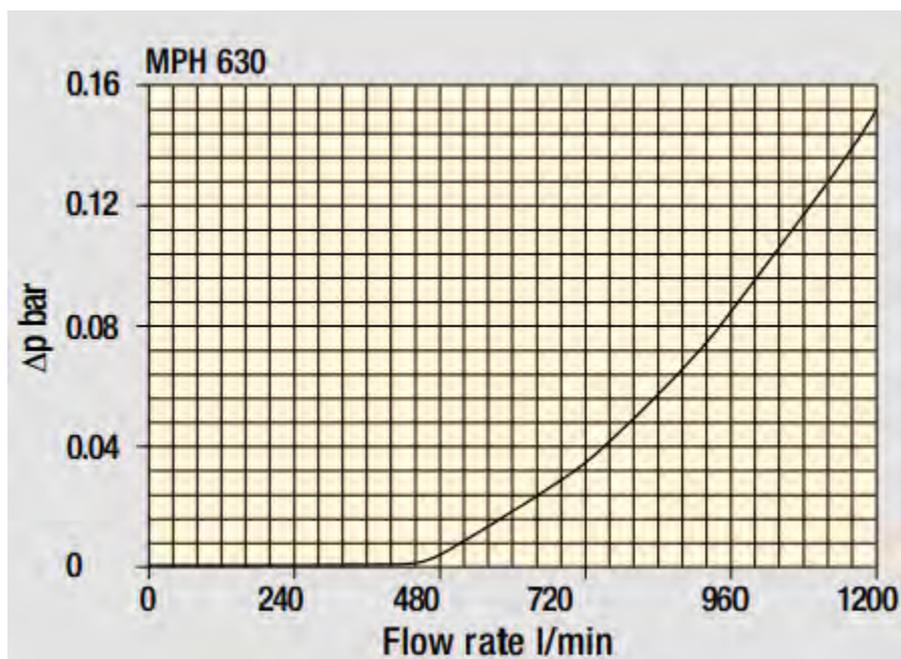


Рисунок 9 – Перепад давлений на ФС1

Потери давления на данном фильтре, если верить графику равны 0.

Потери давления на трубопроводе(L=0,5 м) от ФС1 до Б1 равны:

$$\Delta P = 0,5 * 4263 = 2131 \text{ Па}$$

В результате мы получим уравнение давления:

$$P_{Н1} = P_{Б1} + \Delta P_{ФН1} + \Delta P_{ВН1} + \Delta P_{КО1} + \Delta P_{ВН7} + \Delta P_{ВН2} + \Delta P_{ДР2} + \Delta P_{исп} + \\ + \Delta P_{ДР1} + \Delta P_{ВН4} + \Delta P_{ВН5} + \Delta P_{ВН10} + \Delta P_{ТПР} + \Delta P_{КО2} + \Delta P_{ФС1} + \Delta P_{\text{по длине}} \\ \Sigma \Delta P_{2,011 \text{ МПа}}$$

Энергия потерь давления в системе идет на нагрев рабочей жидкости, ее мы можем выразить уравнением:

$$N = \sum \Delta P * Q_{max}$$

$$N = 2,011 * 10^6 * 0,00163 = 3,3 \text{ кВт}$$

Данный расчет справедлив для случая, когда расход принимает свое максимальное значение.

Рассмотрим второй случай, когда мы делим расход на две равные части с помощью настройки клапана КП4.

$$Q = \frac{Q_{max}}{2} = \frac{0,00163}{2} = 0,000815 \frac{m^3}{c}$$

Потери давления в параллельных трубопроводах равны между собой.

Пересчитываем значение скорости при делении потока.

$$V_3 = \frac{0,000815}{0,00062} = 1,31 \frac{m}{c}$$

$$Re = \frac{1,31 * 0,028}{45 * 10^{-6}} = 818$$

Ламинарный режим течения.

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1636} = 0,078$$

Потери на трубопроводе:

$$\Delta P_i = R * L_i$$

$$R = 0,078 * \frac{885}{0,028} * \frac{1,31^2}{2} = 2115 \frac{H}{m^3}$$

R – коэффициент упрощения, характерный для данного трубопровода и для данного расхода

$\Delta P_i$  - перепад давлений(потери) на i-ом участке

$L_i$  - длина i-го участка

Потери давления на КО1:  $\Delta P_{КО1} = 0,1 \text{ бар} = 0,005 \text{ М}$  (Рисунок 6)

Трубопровод от КО1 до ВН7: L=1,2 м

$$\Delta P_4 = 1,2 * 2115 = 2538 \text{ Па}$$

От ВН7 до ВН2: L=0,8 м

$$\Delta P_5 = 0,8 * 2115 = 1692 \text{ Па}$$

От ВН2 до ДР2: L = 0,5

$$\Delta P_6 = 0,5 * 2115 = 1057 \text{ Па}$$

Потери давления на кранах(ВН7, ВН2, ВН4, ВН5, ВН10) равны потерям давления крана, которые мы находим как:

									ЛИСТ
									2
И	Л	№ докум.	Под	Д	ЮУрГУ.15.03.02.2018.288				
З	И		пис	а					
М	С		ь	т					

$$\Delta P_{\text{ВН}} = 0,02 * \frac{885 * 1,31^2}{2} = 15,2 \text{ Па} = 0,015 \text{ кПа}$$

Трубопровод от ВН10 до ТПР имеет длину L=0,5 м, поэтому:

$$\Delta P = 0,5 * 2115 = 1057 \text{ Па}$$

ТПР – турбинный преобразователь расхода(расходомер), ТПР12-2-1В «АПЗ»

Гидравлическое сопротивление преобразователя при максимальном расходе составляют не более 50 кПа = 0,5 МПа.

$$\Delta P = K Q^2$$

K – вспомогательный коэффициент

Перепад давления при нашем расходе

$$\Delta P_1 = K \frac{Q^2}{4}$$

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P} = \frac{K \frac{Q^2}{4}}{K Q^2} = \frac{1}{4}$$

$$\Delta P_1 = 0,125 \text{ МПа}$$

Потери давления на ДР1 и ДР2 при нашем расходе (Рисунок 7):

$$\Delta P_{\text{ДР1, ДР2}} = 2 * 0,125 = 0,25 \text{ МПа}$$

Участки трубопровода от ДР2 до испытуемого дросселя и от испытуемого дросселя до ДР1 имеют длину L=1,2 м, поэтому

$$\Delta P_{\text{др}} = 1,2 * 2115 = 2538 \text{ Па}$$

От ДР1 до ВН4, от ВН4 до ВН5 длина равна L=0,5 м

$$\Delta P = 0,5 * 2115 = 1058 \text{ Па}$$

От ВН5 до ВН10 – L=1,2

$$\Delta P = 1,2 * 2115 = 2538 \text{ Па}$$

Трубопровод от ВН10 до ТПР имеет длину L=0,5 м, поэтому:

$$\Delta P = 0,5 * 2115 = 1058 \text{ Па}$$

Длина трубопровода от ТПР до соединения линий L=1 м:

$$\Delta P = 1 * 2115 = 2115 \text{ Па}$$

		Дальше расход принимает	максимальное значение, поэтому значения потерь		ЛИСТ
			Ю УрГ У.15.03.02.2018.288		2
И	Л	№ докум.	Под	Д	
з	и		пис	а	
м	с		ь	т	

будут равны первому случаю(система с максимальным расходом).

Подставляем полученные значения в уравнение:

$$P_{Н1} = P_{Б1} + \Delta P_{ФН1} + \Delta P_{ВН1} + \Delta P_{КО1} + \Delta P_{ВН7} + \Delta P_{ВН2} + \Delta P_{ДР2} + \Delta P_{исп} + \Delta P_{ДР1} + \Delta P_{ВН4} + \Delta P_{ВН5} + \Delta P_{ВН10} + \Delta P_{ТПР} + \Delta P_{КО2} + \Delta P_{ФС1} + \Delta P_{по\ длина}$$

$$P_{Б1} = P_{Н1} - \sum \Delta P$$

$$\sum \Delta P = 0,978 \text{ МПа}$$

Количество энергии потерь(N) мы найдем графическим способом (Плакат 1)

В случае уменьшения расхода с помощью настройки насоса нам необходимо пересчитать участки от Н1 до КО1 и от КО2 до Б1. Расход равен:

$$Q = \frac{Q_{max}}{2} = \frac{0,00163}{2} = 0,000815 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V = ;$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{0,038^2 \pi}{4} = 0,00113,$$

$$V = \frac{0,000815}{0,00113} = 0,72 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{0,72 * 0,038}{45 * 10^{-6}} = 609$$

Ламинарный режим течения, поэтому:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{609} = 0,105$$

Тогда потери давления по длине от насоса до фильтра напорного ФН1 :

$$\Delta P_1 = 0,105 * \frac{1,2}{0,038} * \frac{885 * 0,72^2}{2} = 760 \text{ Па} = 0,76 \text{ л}$$

Потери на ФН1 мы находим из графика на Рис 4.  $\Delta P_{ФН1} = 0,002 \text{ М}$

Потери по длине от ФН1 до ВН1:

		$\Delta P_2 = 0,105 * \frac{0,038}{2} * \frac{885 * 0,72^2}{2} = 316 \text{ Па} = 0,31 \text{ кПа}$			ЛИСТ
И	Л	№ докум.	Под	Д	2
з	и		пис	а	
м	с		ь	т	

Юзрп У.15.03.02.2018.288

Потери на ВН1

$$\Delta P_{\text{ВН1}} = 0,02 * \frac{885 * 0,72^2}{2} = 4,6 \text{ Па}$$

Потери давления на участке от ВН1 до КО1

$$V_3 = \frac{0,000815}{0,00062} = 1,31 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{1,31 * 0,028}{45 * 10^{-6}} = 818$$

Ламинарный режим течения.

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1636} = 0,078$$

$$\Delta P = 0,078 * \frac{1,2}{0,028} * \frac{885 * 1,31^2}{2} = 2538 \text{ Па} = 2,5 \text{ кПа}$$

Потери от ТПР до КО2:

$$\Delta P = 0,078 * \frac{2}{0,028} * \frac{885 * 1,31^2}{2} = 4230 \text{ Па} = 4,3 \text{ кПа}$$

Потери на КО2(Рис. 8):

$$\Delta P = 0,05 \text{ МПа}$$

Трубопровод от КО2 до ФС1:

$$\Delta P = 0,078 * \frac{0,8}{0,028} * \frac{885 * 1,31^2}{2} = 1692 = 1,7 \text{ кПа}$$

ФС1:

$$\Delta P = 0$$

От ФС1 до Б1:

					$\Delta P = 0,078 * \frac{0,5}{0,028} * \frac{885 * 1,31^2}{2} = 1058 = 1,1 \text{ МПа}$	ЛИСТ
					ЮУрГУ. И. 09.02.2018. 168	2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

$$\Sigma \Delta l_{0,909 \text{ МПа}}$$

Количество энергии потерь(N) мы найдем графическим способом (Плакат 1).

При уменьшении расхода любым способом, перепад давления на испытуемом дросселе изменяется. Для поддержания постоянного перепада нам необходимо менять число оборотов его регулятора.

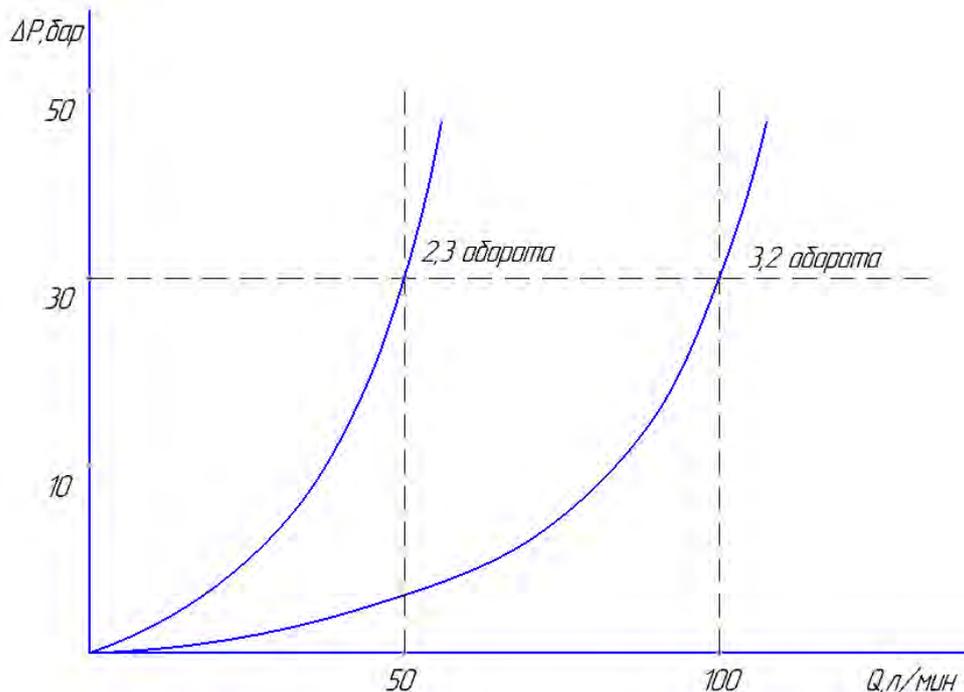


Рисунок 10 – характеристика дросселя

На плакате 1 в выбранном нами масштабе мы строим графики потерь давления. Каждый из графиков соответствует нашим случаям: расход максимален, регулировка КП4 и регулировка насосом.

При максимальном расходе нами была посчитана энергия потерь. График энергии и график потерь давления в этом случае идентичны, так как значение расхода во всей гидролинии имеет постоянную величину(не происходит деления потока).

$$N = \sum \Delta P * Q_{max}$$

Так как мы умножаем потери на каждом отдельном элементе на постоянный расход системы, то мы можем принять его равным 1. Это никак не скажется на внешнем виде графика энергии.

В случаях, когда расход в системе не постоянен, мы умножаем потери давления на каждом элементе на расход, соответствующий этому элементу, а он равен  $Q_{max}$  или  $0,5 Q_{max}$ . То есть мы можем потери на каждом элементе умножить

И на лии ма до ум.				Под	Д	ЛИСТ
з и м с				пис	а	2

Таким образом, мы получим графики энергий оставшихся двух случаев с не максимальным расходом на испытуемом дросселе. Масштаб графиков задает случай с максимальным расходом, так как он численно полностью посчитан.

## 8. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Основными документами, которыми необходимо руководствоваться при монтаже, наладке и эксплуатации электрогидравлической системы управления являются:

- ГОСТ Р 52543-2006 "Гидроприводы объемные. Требования безопасности"[11];
- ГОСТ 12.3.002-2014 "Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности"[12];
- РД 153-112 ТНП-028-97 "Правила технической и безопасной эксплуатации средств автоматики, телемеханики и контрольно-измерительных приборов"[13];
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением"[14].

При монтаже, наладке, эксплуатации и ремонте гидросистемы основными источниками опасности являются электрический ток и рабочая жидкость под высоким давлением, которой в гидроприводе является минеральное масло.

Монтаж, демонтаж, испытания и эксплуатацию гидросистемы следует производить с соблюдением требований пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования" и энергобезопасности по ГОСТ 12.1.019-79 "Система стандартов безопасности труда. Энергобезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты".

К обслуживанию гидравлической и электрической частей стенда, проведению профилактических мероприятий, монтажных и ремонтных работ могут допускаться лица, сдавшие техминимум на знание оборудования и прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности при работе с этим оборудованием.

При проведении гидравлических испытаний на прочность и плотность посторонним лицам запрещается находиться рядом с испытуемым оборудованием, аппаратурой и арматурой. Не допускается устранять дефекты в оборудовании, аппаратуре и арматуре, находящихся под давлением.

При монтаже трубопроводов запрещается:

ЮУрГУ.15.03.02.2018.288

ЛИСТ

2

И  
з  
м  
Л  
и  
с  
т  
Т  
р  
у  
б  
о  
п  
р  
о  
в  
о  
д  
ы  
з  
а  
п  
р  
е  
щ  
а  
е  
т  
с  
я

- использовать ранее установленные трубопроводы в качестве опоры для подмостей и настилов при монтаже последующих, а также для крепления к ним канатов, тег или каких-либо других такелажных средств;

- выполнять на подмостях гибку труб и другие подгоночные работы; детали и элементы, требующие подгонки, необходимо снимать и опускать на пол;

- крепить трубопроводы временными средствами (подвязывать проволокой, подпирать подпорками), так как это может привести к падению трубопровода и стать причиной несчастного случая;

- при прокладке трубопроводов крепить их к опорам с помощью сварки;

- сваривать трубопроводы и собирать разъемные соединения в подвешенном состоянии;

- допускать провисание прямых участков, так как это может нарушить плотность фланцевых, резьбовых и сварных соединений;

- оставлять в монтируемом трубопроводе инструменты, материалы, другие предметы.

Не допускается выполнять любые ремонтные работы на оборудовании находящимся под давлением или электрическим напряжением.

Для предотвращения несчастных случаев необходимо:

- регулярно производить внешний осмотр гидравлических соединений и при обнаружении утечек немедленно устранять причину их возникновения;

- при обнаружении отклонений от нормального функционирования гидросистемы приостанавливать эксплуатацию для выяснения причин неисправностей и их устранения;

- производить систематическую проверку исправности контрольно-измерительной и управляющей аппаратуры;

- регулярно производить замену фильтрующих элементов;

- не допускать проведение ремонтных, монтажных и демонтажных работ при работающем оборудовании;

- максимальное давление во время эксплуатации не должно превышать давления указанного в настоящем руководстве;

- не выполнять подтягивание болтов, гаек и других соединений, находящихся под давлением.;

									ЛИСТ
									2
И	необходимо отключить электропитание, на силовом шкафу установить табличку	№ докум.	Под	Электр	ЮУрГУ.У.15.03.02.2018.288				
З	И		пис	а					
М	С		ь	т					

"НЕ ВКЛЮЧАТЬ! РАБОТАЮТ ЛЮДИ", убедиться в том, что в гидросистеме отсутствует давление;

- содержать в исправном состоянии все контуры заземления в соответствии с «Правилами устройства электроустановок».

Необходимо помнить, что при выключенной с пульта управления электрогидравлической системе, цепи всех измерительных устройств находятся под напряжением и проведение ремонтных работ допустимо только при условии, что выключен вводной рубильник стенда.

					<i>ЮУрГУ.15.03.02.2018.288</i>	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
з	и		пис	а		
м	с		ь	т		

## 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В своей работе мы провели подробный анализ стенда для испытаний гидроаппаратуры ООО «Уральский инжиниринговый центр». Выполнили математическое описание работы стенда при подключении к нему одного из аппаратов(дроссель). Выполнили теоретическое описание результатов проведения испытаний. А благодаря различным способам изменения расхода мы смогли выявить самый энергоемкий режим работы стенда.

					<i>ЮУрГУ.15.03.02.2018.288</i>	ЛИСТ
						2
<i>И</i>	<i>Л</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под</i>	<i>Д</i>		
<i>з</i>	<i>и</i>		<i>пис</i>	<i>а</i>		
<i>м</i>	<i>с</i>		<i>ь</i>	<i>т</i>		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 20245–74. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний. Введен 30.06.1976 – М.: Издательство стандартов, 1976 – 46с.

2. ГОСТ 28971–91. Гидропривод объемный. Сервоаппараты. Методы испытаний. Введен 01.01.1993 – М.: Издательство стандартов, 1993 – 19с.

3. ГОСТ 17216 –71. Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей. Введен 01.01.1973 – М.: Издательство стандартов, 1973 – 3с.

4. ГОСТ 26890 – 86. Гидроаппаратура. Присоединительные размеры стыковых плоскостей монтажных плит. Введен 30.06.1987 – М.: Издательство стандартов, 1987 – 30с.

5. Каталог дросселей [Электронный ресурс]: модульные дроссели. / ООО ПКФ "ТАУРУС" г. Тольятти - комплектующие к промышленному оборудованию: 2017. – режим доступа: [http://tau-rus.com/atos\\_gidrodrossel\\_HQ\\_KQ\\_JPO](http://tau-rus.com/atos_gidrodrossel_HQ_KQ_JPO)

6. Каталог насосов [Электронный ресурс]: регулируемые насосы./ ОАО «Пневмостроймашина» г. Екатеринбург: 2018. – режим доступа: [http://www.psm-hydraulics.ru/catalog/gidronasosy/reguliruemye\\_nasosy](http://www.psm-hydraulics.ru/catalog/gidronasosy/reguliruemye_nasosy)

7. Каталог фильтров напорных [Электронный ресурс]: фильтры напорные ФНВ./ «MP Filtri»: 2018. – режим доступа: <http://www.mpfiltri.com/index.php/products/pressure-filters>

8. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

9. Свидетельство об утверждении типа средств измерений. Преобразователи расхода турбинные/АО «АПЗ», г. Арзамас, Нижегородская обл, 2015. – 6 с.

					ЮУрГУ.15.03.02.2018.288	ЛИСТ
						2
И	Л	№ докум.	Под	Д		
З	И		пис	а		
М	С		ь	т		