

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»  
Факультет «Заочный инженерно-экономический»  
Кафедра «Гидравлика и гидропневмосистемы»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/ Е.К. Спиридонов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ РАСХОДОМЕРНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУРГУ-15.03.02.2020.609 ПЗ

Руководитель работы

\_\_\_\_\_/ К.К. Лайко  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор,

студент группы ПЗ-557

\_\_\_\_\_/ Головин А.В.  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер, доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_/ А.В. Подзерко  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

## Аннотация

Головин А.В. Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе по теме – Модернизация расходомерного испытательного стенда. Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2020. – 46 стр., список литературы – 23 наименований, 4 листа чертежей формата А1.

Цель выпускной квалификационной работы – модернизировать гидравлического привода стенда ИСУ-1-В. Рассмотрены варианты компоновок похожих стендов. Описана принципиальная гидравлическая схема до и после модернизации. В ходе работы произведены расчеты давления, подачи в гидроприводе, расчет нескольких вариантов гидроцилиндров, выбран наиболее подходящий, необходимых параметров гидросистемы, подобрана гидроаппаратура. Рассчитано время цикла фиксирования и освобождения испытуемого изделия.

					<i>ЮУрГУ-2020.15.03.02.609.00.00 ПЗ</i>							
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб.</i>	<i>Головин</i>				Модернизация расходомерного			<i>В</i>	<i>К</i>	<i>Р</i>	2	46
<i>Пров.</i>	<i>Лайко</i>											
<i>Н.конт.</i>	<i>Подзерка</i>				испытательного стенда			ЮУрГУ Кафедра ГиГПС				
<i>Утв.</i>	<i>Спиридонов</i>											

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОБЗОР СТЕНДОВ ДЛЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАСХОДОМЕРОВ.....	7
1.1 Стенд предназначен для испытания насоса.....	7
1.2 Стенд производителя ОАО «Инкар».....	9
1.3 Стенд для приёмосдаточных испытаний насоса.....	10
1.4 Стенд для гидравлических и пневматических испытаний деталей трубопроводов СИ-С-А-АВ .....	12
1.5 Стенд для пневмогидравлических испытаний расходомеров ИСУ-1-В ...	13
2 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА СТЕНДА ДЛЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАСХОДОМЕРОВ ИСУ-1-В .....	16
2.1 Назначение и область применения стенда .....	16
2.2 Технические характеристики стенда.....	21
2.3 Описание принципиальной гидравлической схемы.....	22
2.4 Недостатки работы стенда .....	23
3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ .....	25
3.1 Расчет давления и расхода в гидросистеме .....	25
3.2 Определение размера гидроцилиндра.....	27
3.3 Ход штока гидроцилиндра .....	29
3.4 Выбор материала .....	29
3.5 Определение толщины стенки гидроцилиндра.....	29
3.6 Расчет на прочность шпилек крышки гидроцилиндра.....	30
3.7 Расчет штока на устойчивость .....	31
3.8 Принципиальная гидравлическая схема стенда.....	32
3.9 Расчет времени перемещения штока.....	33
4 ПОДБОР АППАРАТУРЫ .....	35
4.1 Условные проходы .....	35

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

4.2 Выбор рабочей жидкости .....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	45

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## ВВЕДЕНИЕ

Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных, сыпучих, твердых, паров и т. п.) широко применяется как в товароучетных и отчетных операциях, так и при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами. Расход вещества — это масса или объем вещества, проходящего через данное сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В зависимости от того, в каких единицах измеряется расход, различают объемный расход или массовый расход. Объемный расход измеряется в м<sup>3</sup>/с (м<sup>3</sup>/ч и т. д.), а массовый — в кг/с (кг/ч, т/ч и т. д.).

Расход вещества измеряется с помощью расходомеров, представляющих собой средства измерений или измерительные приборы расхода. Многие расходомеры предназначены не только для измерения расхода, но и для измерения массы или объема вещества, проходящего через средство измерения в течение любого, произвольно взятого промежутка времени. В этом случае они называются расходомерами со счетчиками или просто счетчиками. Масса или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяется по разности двух последовательных во времени показаний отсчетного устройства или интегратора.

Расходомеры, наиболее широко распространенные в промышленности, по принципу действия разделяются на следующие основные группы: переменного перепада давления;

обтекания — постоянного перепада давления;

тахометрические;

электромагнитные;

переменного уровня;

тепловые;

вихревые;

акустические.

Кроме того, известны расходомеры, основанные на других принципах

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				

действия: резонансные, оптические, ионизационные, меточные и др. Однако многие из них находятся в стадии разработки и широкого применения пока не получили.

В настоящее время расходомеры используются во всех бытовых и промышленных сферах, где присутствует передача жидкости, газа или иного вещества. С помощью расходомеров беспрепятственно определяются количество переданного вещества, например, количество газа, которое потребило предприятие или физическое лицо. По данным расходомера выставляются счета за потребление или покупку вещества. Поэтому работа расходомеров должна быть корректной. Именно для этого необходимо проверять работу расходомеров, для чего необходимы специальные стенды для качественной и быстрой проверки расходомеров.

Целью данной дипломной работы является модернизация стенда для пневмогидравлических испытаний расходомеров DN 15...300 "ИСУ-1-В".

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1. ОБЗОР СТЕНДОВ ДЛЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАСХОДОМЕРОВ

## 1.1 Стенд предназначен для испытания насоса

Стенд предназначен для испытания насоса НП-96 – производитель АО «Турбина» Луцк, Украина.

Стенд представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для настройки и испытания насоса НП-96. В боксе предусмотрена ниша для размещения насоса и его привода. Сама ниша закрыта сдвижным ограждением с бронестеклом. В качестве подкачивающего насоса используется авиационный шестеренный насос марки 4020, что приводит к пульсации потока жидкости. Данное явление приводит к снижению ресурса испытываемого насоса НП-96. В стенде применен двухступенчатый вертикальный мультипликатор с передаточным числом  $i = 5$ , который получает вращение от двигателя переменного тока мощностью не менее 55 кВт и оборотами  $n=1500$  об/мин, изменение частоты вращения двигателя происходит за счет частотного преобразователя «Hitachi». У мультипликатора на выходном валу размещен цифровой датчик, который замеряет частоту вращения вала и посылает сигнал на компьютер. Изменение частоты вращения двигателя происходит также, как и главного привода за счет частотного преобразователя с выводом информации на компьютер.

В машинном зале размещены редуктора с электродвигателями для вращения насоса 888, плунжерного насоса НП-92, трех топливных насосов подкачки и привода для смазки.

Данный стенд изображен на рисунке 1, технические характеристики стенда приведены в таблице 1.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Таблица 1 – Техническая характеристика стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	888
Подача насосов подкачки, л/мин	80
Потребляемая мощность, кВт	55
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
длина×ширина×высота	3800*2500*4000
Цена тыс. руб.	1732680

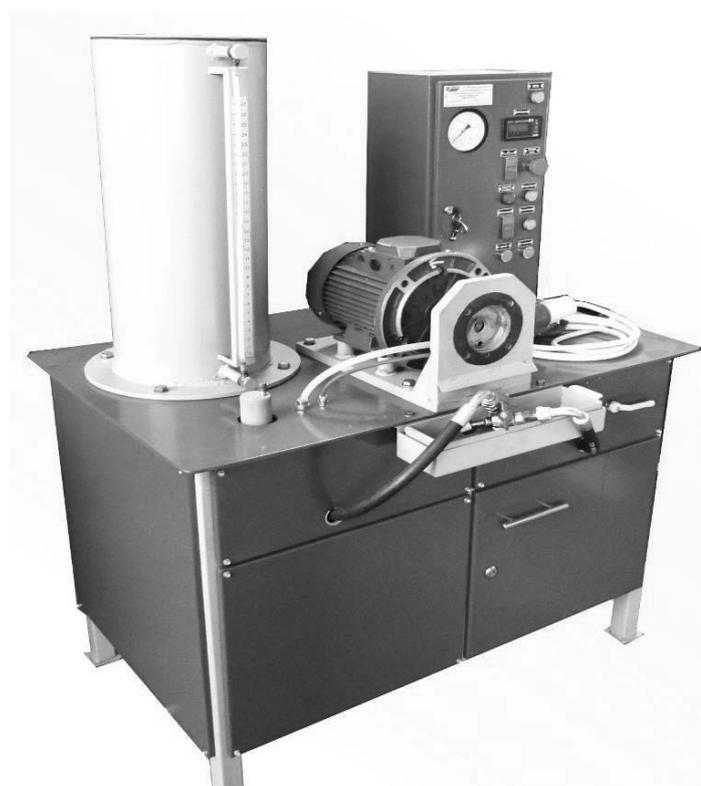


Рисунок 1 – Стенд для испытания насоса АО «Турбина»

Данный стенд удовлетворяет предъявляемым требованиям. Недостатком данного стенда является наличие аналоговых приборов измерения (манометры, дифманометры и термометры) влечет за собой увеличенное время на регулировку и испытание насоса НП-96 (до 16 часов) и повышенное количество брака (до 30%), а так же неудобство в работе всего стенда. Так же стенд снабжен мощной энергоустановкой в 55 кВт, что влечет большие затраты, которые отразятся в стоимости НП-96.

						150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

## 1.2 Стенд производителя ОАО «Инкар»

Стенд предназначен для приемосдаточных и серийных испытаний насоса НП-96 – производитель ОАО «Инкар» Пермь, Россия.

На стенде можно проводить приемосдаточные и серийные испытания практически всех насосов ПН-99, НП-96 и НП-55, применяемые в топливной аппаратуре двигателей АЛ-31, РД-33 и РД-29. Стенд представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для испытания насоса НП-96. В боксе предусмотрена ниша для размещения привода.

Данный стенд изображен на рисунке 2, технические характеристики стенда приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	4020
Подача насосов подкачки, л/мин	150
Потребляемая мощность, кВт	45
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
длина×ширина×высота	6800*7500*4000



Рисунок 2 – Стенд для испытания насоса ОАО «Инкар».

Данный стенд удовлетворяет предъявляемым требованиям. На стенде применена сложная гидросистема, так как испытывается весь агрегат НП-96, соответственно она удорожает весь стенд и усложняет работу испытателя (время испытания 14,5 часов). Недостатком данного стенда является наличие аналоговых приборов измерения (манометры, дифманометры и термометры), что влечет за собой низкую точность и сложность замеров при настройке насоса НП-96.

### 1.3 Стенд для приёмодаточных испытаний насоса

Стенд предназначен для приемодаточных испытаний насоса НП-96 – производитель ОАО «Завод им. Румянцева» Москва, Россия.

Стенд представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для настройки регулятора. В боксе предусмотрена ниша для размещения регулятора и его привода. Сама ниша закрыта сдвижным ограждением с бронестеклом. В качестве подкачивающего насоса применяется

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

150302.2020.609.00.00 ПЗ



#### 1.4 Стенд для гидравлических и пневматических испытаний деталей трубопроводов СИ-С-А-АВ.

Универсальный стенд для проведения статических испытаний давлением изделий на прочность, плотность и герметичность. Оборудование позволяет проводить испытания изделий объемом до 0,05 м<sup>3</sup> давлением жидкости и газа. Испытательный стенд имеет широкое применение - все компоненты выполнены из стали 316SS, а уплотнительные элементы из PTFE (фторопласт), что позволяет использовать в качестве испытательной среды даже агрессивные жидкости и газы. Оборудование соответствует требованиям РД 26-12-29-88 (Правила проведения пневматических испытаний изделий на прочность и герметичность), РД 2607-263-86 (Типовая методика испытаний трубопроводной арматуры на прочность и плотность материала деталей и сварных швов). ГОСТ Р 53402-2009 (Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний).

Стенд имеет две испытательные камеры для гидравлических и пневматических испытаний трубопроводной арматуры. Камера для проведения гидравлических испытаний оборудована бронированным многослойным стеклом, для визуального контроля процесса испытаний. Бронекамера для пневматических испытаний глухая, оборудована глушителями, подсветкой. Испытательный стенд соответствует требованиям безопасности ГОСТ 30703-2001. Испытательные камеры рассчитаны с применением специализированного лицензионного программного обеспечения, использующего метод конечных элементов – ANSYS LS-Dyna. Подготовка модели и просмотр/обработка результатов расчета выполнена в свободном программном обеспечении LS-PrePost. Предусмотрены механические блокировки испытательных камер при наличии давления в системе.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



Рисунок 3 – Стенд для гидравлических и пневматических испытаний деталей трубопроводов

Основные преимущества:

- универсальное оборудование (проверка любых изделий малого объема).
- удобство монтажа (выходы 0° и 90°, подвижная гребенка выхода).
- различные рабочие среды (жидкости: вода, дизельное топливо, минеральные и синтетические масла, жидкости на нефтяной основе, эмульсии, растворы щелочей и кислот; газы: кислород, азот, гелий, водород, аргон итд.).
- широкий диапазон и высокая точность регулировки давления.
- Плавная регулировка давления, за счет регулирования подачи в линии низкого давления;
- Отсутствие пульсации при наборе давления;
- Низкий уровень шума <75db;

#### 1.5 Стенд для пневмогидравлических испытаний расходомеров ИСУ-1-В

Стенд для пневмогидравлических испытаний расходомеров, предназначен для проведения испытаний расходомеров:

- 1) На прочность;

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ					

2) На плотность материалов.

На рисунке 2.1.1 показан стенд ИСУ-1-В.

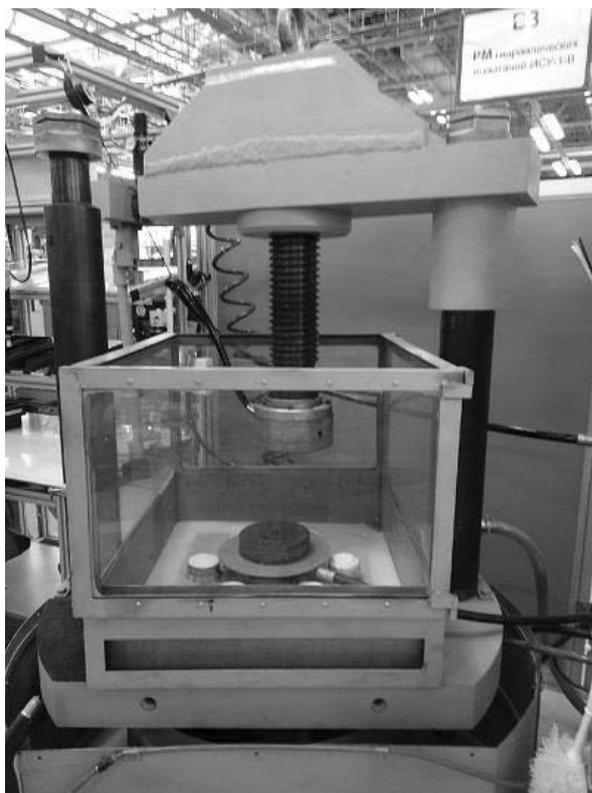


Рисунок 4 Стенд ИСУ-1-В

Таблица 4 – Технические характеристики стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	ДЦЕ-80
Подача насосов подкачки, л/мин	180
Потребляемая мощность, кВт	55
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
Длина*ширина*высота	1140*1095*2272

Данный стенд удовлетворяет предъявляемым требованиям. На стенде применена сложная гидросистема, соответственно она удорожает весь стенд и усложняет работу испытателя, что влечет низкую производительность стенда. Недостатком данного стенда является коррозия цилиндра, наличие сложной регулировки посредством винта, поменять расположение гидроцилиндра, установить его на вверх, высокое давление страгивания.

На основе анализа и в целях достижения требований предъявляемых к процессу приемо-сдаточных испытаний, а также экономии денежных средств, было принято решение, модернизировать имеющийся на заводе испытательный стенд. Модернизированный испытательный стенд не предназначается для реализации сторонним покупателям, только для внутризаводского использования.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 2 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА СТЕНДА ДЛЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РАСХОДОМЕРОВ ИСУ-1-В

### 2.1 Назначение и область применения стенда

Стенд для пневмогидравлических испытаний расходомеров, предназначен для проведения испытаний расходомеров:

- 1) На прочность;
- 2) На плотность материалов.

На рисунке 2.1.1 показан стенд ИСУ-1-В.

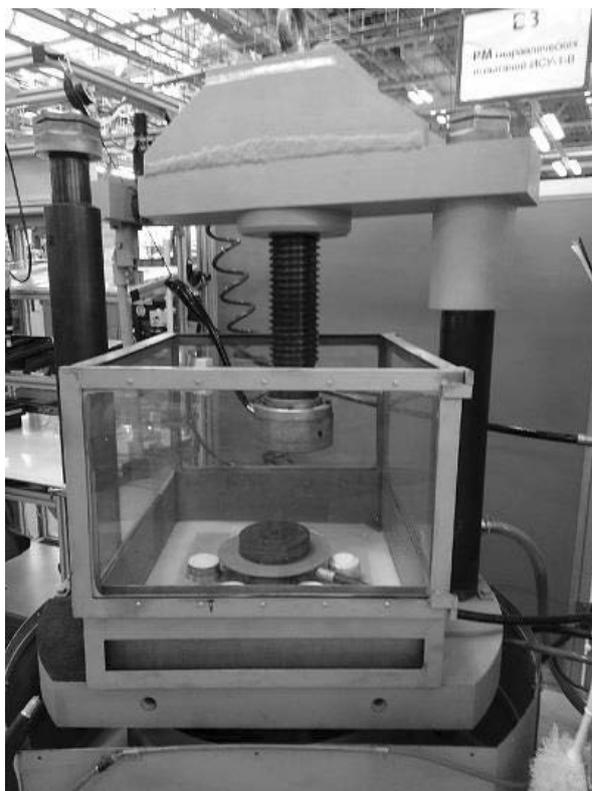


Рисунок 5 Стенд ИСУ-1-В

На рисунке 5 показан вид стенда ИСУ-1-В, этот стенд предназначен для пневмогидравлических испытаний. В таблице 5 представлены габаритные размеры стенда.

Таблица 5 Габариты станка

Габариты	Длина	Ширина	Высота	Масса
стенда	1140 мм	1095 мм	1734...2272 мм	1520 кг

Стенд, на рисунке 6 показан общий вид стенда, монтируется на емкости 1, предназначенной для сбора воды при раскреплении изделия после испытаний. Емкость 1, устанавливается на фундамент и крепится к нему фундаментными болтами М24\*600 ГОСТ24379, на рисунке 7 показано размещение фундамента и фундаментные болты. К емкости 1 крепится гидроцилиндр, на его верхней части монтируется плита, в которой размещаются стойки 2 и 3. На штоке гидроцилиндра крепится нижняя заглушка 4, на которую устанавливается испытываемое изделие своим магистральным фланцем.

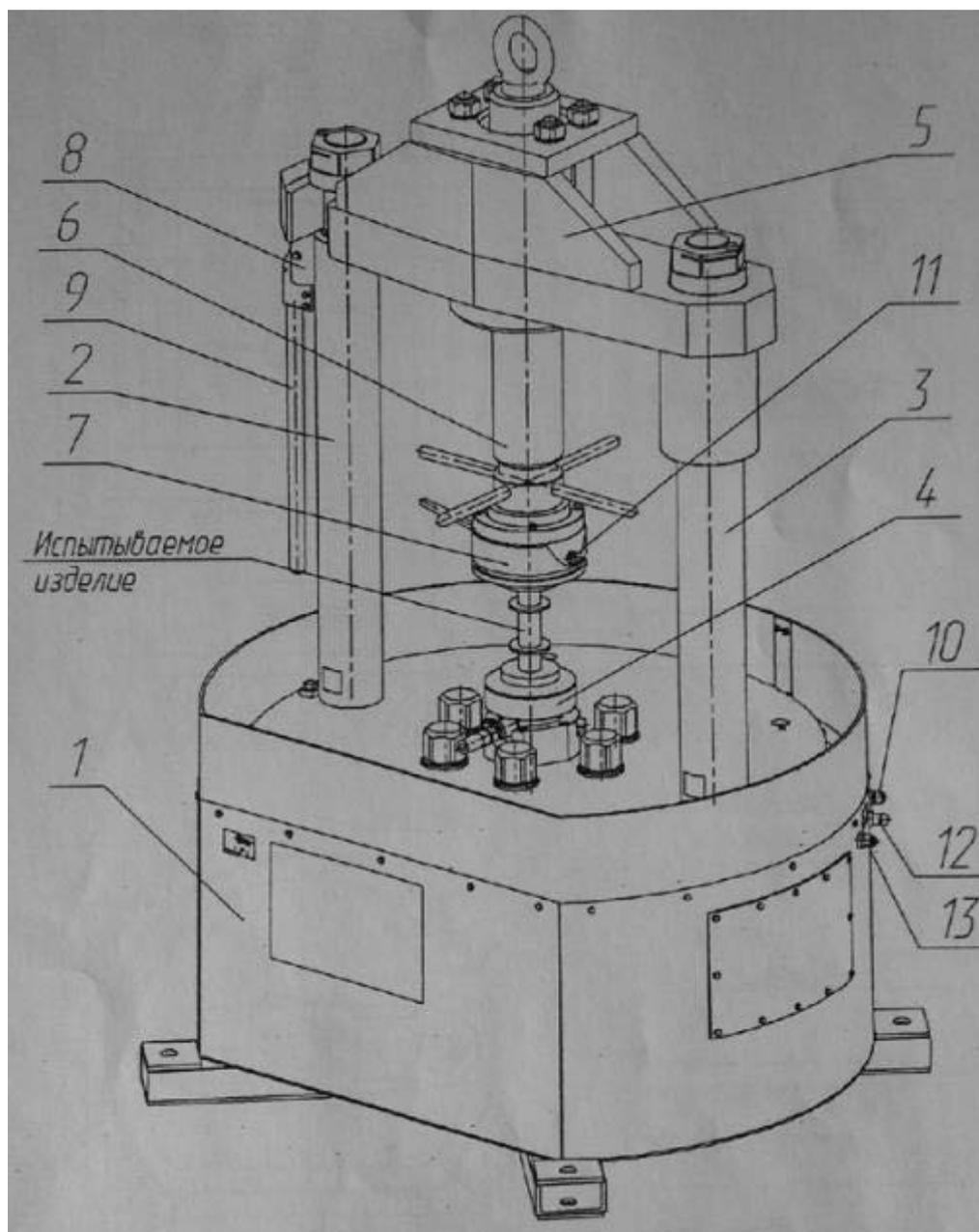


Рисунок 6. Общий вид стенда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

150302.2020.609.00.00 ПЗ

Лист

17

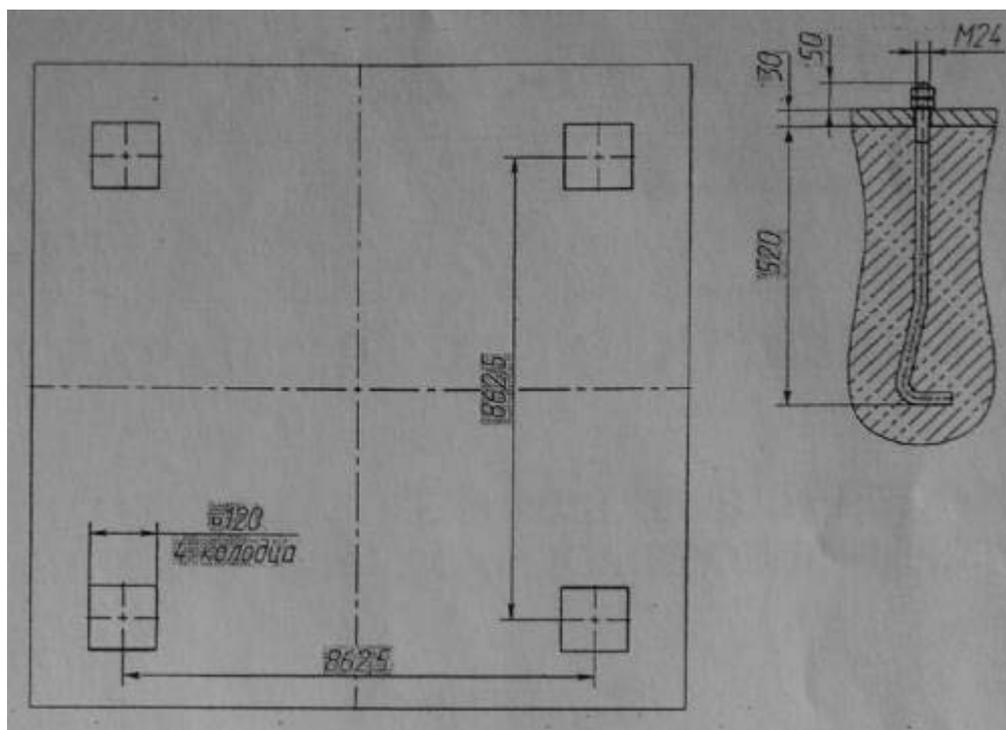


Рисунок 7. Фундамент и фундаментные болты

На правой стойке закреплена траверса 5. В центре траверсы 5 ввернут винт 6 на конце, которого закреплена верхняя заглушка 7. Вращением винта создается возможность выбора или настройки стенда на величину строительной длины испытываемого изделия от 50 до 500 мм. Траверса 5 при повороте вокруг оси выводит из рабочей зоны винт 6 и верхнюю заглушку на время постановки или съема испытываемого изделия.

В рабочем положении левый конец траверсы закреплен фиксатором 8, а ось винта 6 и заглушки совпадает с осью магистральных патрубков испытываемого изделия. Зависимость давления зажима в гидроцилиндре, для обеспечения достаточного прижима уплотнения торцовых поверхностей магистральных фланцев, испытываемого изделия к заглушкам при испытаниях от величины условного давления PN и размеров DN указана в таблице 6.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				

Таблица 6. Параметры испытываемых изделий

Давление в гидроприводе Р кг/см <sup>2</sup> , при герметизации на резиновую прокладку					
Условный проход DN, мм	Условный давление PN, кг/см <sup>2</sup>				
	Корпус Ду Метран 300 ПР	СПГК.5223.110 датчик расхода 8705 Ду 150	Датчик расхода 8705 Ду	СПГК.5223.140.00 Часть проточная футерованная	Корпус Ду Метран 305 ПР
	16	16	40	40	200
15			7,5	7,5	
25	7,9		11,3	9,3	
32	8,5				
40			15,1	16,2	
50	11,5		20,3	20,5	47,5
80	13,8		31,5	31,5	
100			42,5	42,5	125
150	26,7	46,1		71,5	
200	39,2				
250	96				
300	125				

Управление циклом и контроль испытаний осуществляется с пульта управления насосной станции, показан на рисунке 8.



Рисунок 8. Пульт управления насосной станции

Порядок работы стенда:

- 1) Испытания изделий проводятся согласно технологии предприятия
- 2) Перед испытанием на стенде установить заглушки согласно Ду и Ру изделия. При испытаниях Ду 15...100 на шток поршня установить нижнюю заглушку 6 Ду 15...100. При испытаниях Ду 100...300 к верхней заглушке 7 Ду 15...100, установить верхнюю заглушку 4 Ду 100...300, а шток поршня нижнюю заглушку 3 Ду 100...300. В зависимости от Ду изделия использовать прокладки, а для центрирования изделия использовать цетраторы 9. При испытании изделий со сферической поверхностью торцев Ду50, 100 использовать комплект заглушек 5.
- 3) Освободить рабочую зону стенда для чего расфиксировать траверсу 5 (рисунок 2.1.2) на стойке 2 за рукоятку 9 фиксатора 8 и повернуть траверсу за рукоятку 9
- 4) Установить испытываемое изделие, в дальнейшем по тексту изделие, уплотнительной поверхностью магистрального фланца на нижнюю заглушку 4 (рисунок 2.1.2).
- 5) Установить траверсу 5 в рабочее положение и зафиксировать ее на стойке 2.
- 6) Винтом 6 выставить строительную длину изделия (операция производится 1 раз за всю партию изделий).
- 7) Подать давление в нижнюю полость гидроцилиндра, изделие загерметизируется на верхнюю заглушку 7. Давление Р выбрать согласно таблице 2.1.2.
- 8) Произвести заполнение изделия водой и подать испытательное давление.
- 9) Сбросить испытательное давление и произвести разгерметизацию изделия.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

## 2.2. Технические характеристики стенда

Испытательные среды:

- 1) Вода техническая;
- 2) Сжатый воздух.

Применяемые испытательные давления

- 1) при заполнении испытываемых изделий водой – 0,3...0,5 МПа
- 2) при испытаниях на прочность и плотность материалов – Р исходя из таблицы 2.2.2.

Применяемые методы контроля при испытаниях прочности, плотности материалов, герметичности сальниковой набивки и прокладочных соединений.

Гидравлический привод:

- 1) Максимально развиваемое усилие 900000 Н;
- 2) Максимальный ход поршня 75 мм;
- 3) Рабочая среда масло И20А
- 4) настраиваемое давление масла, вырабатываемое масляным агрегатом насосной станции согласно применяемости по Ду и Ру испытываемых изделий, исходя из таблицы 6.

На рисунке 9 показана насосная станция. На рисунке 10 показана схема подключения насосной станции к стенду.

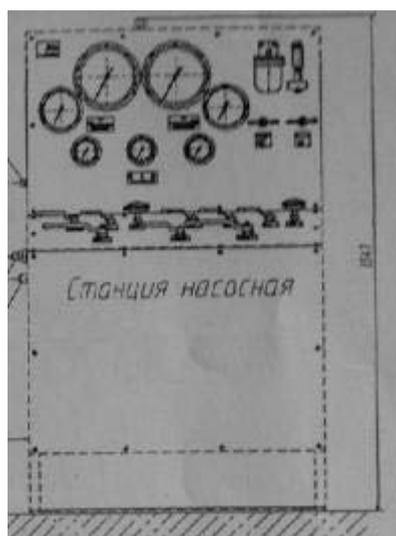


Рисунок 9 Насосная станция

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

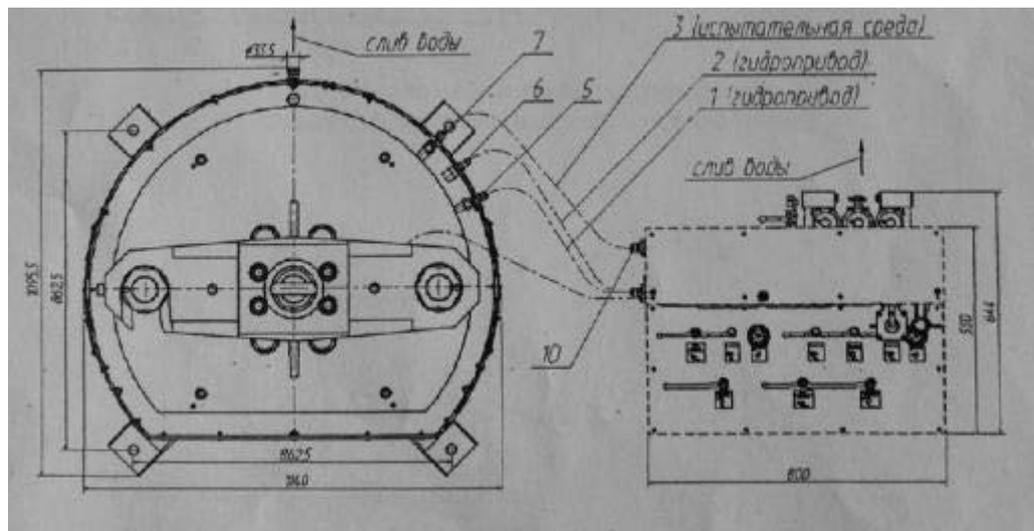


Рисунок 10 Схема подключения насосной станции к стенду

### 2.3 Описание принципиальной гидравлической схемы

Принципиальная схема стенда показана на рисунке 12. В нее входит гидропреобразователь 11, который преобразует энергию воздуха в гидравлическую, к нему подключена пневматическая схема с компрессором, имеется манометр 13, для контроля давления в гидросистеме, вентиль при открытии которого рабочая жидкость идет на слив в гидравлический бак, реле давления 12, которое настраивает давление на 0,17...22МПа, гидроклапан давления 11, далее рабочая жидкость проходит через предохранительный клапан ПК11, после рабочая жидкость попадает, через гидроклапан давления 12, в гидроцилиндр, который прижимает заготовку. При обратной работе в штоковую полость гидроцилиндра подается воздух под давлением, гидроцилиндр вытягивается предохранительный клапан 12 разгружается, и рабочая жидкость попадает в гидробак.



Исходя из выявленных проблем и предложенных решений разработаем цели для дипломной работы.

Цели:

- 1) Подобрать новый гидроцилиндр из стойких к коррозии материалов, в соответствии с необходимыми параметрами
- 2) Установить гидроцилиндр сверху
- 3) Модернизировать гидравлическую схему работы станда.
- 4) Автоматизировать процесс

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				

### 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

#### 3.1 Расчет давления и расхода в гидросистеме

Работа таких насосов основана на принципе действия пневмогидравлического мультипликатора (усилителя), в соответствии с которым работает плунжерный насос. При этом поддерживается динамическое равновесие системы: поршень пневматического привода - плунжер насоса. Соотношение площадей поршня пневмопривода и плунжера насоса определяет коэффициент усиления насоса по давлению.

Жестко связанные поршень пневмопривода и плунжер насоса обеспечивают обратную связь в системе "насос-гидросистема" по давлению на выходе. При минимальном давлении в гидросистеме скорость плунжера и подача насоса максимальные. При увеличении давления в гидросистеме снижается скорость плунжера вплоть до полного торможения, что соответствует нулевой подаче насоса. При этом для насоса нормальным режимом является как работа при нулевой подаче (поддержание давления в гидросистеме), так и работа при любом заданном значении подачи, вплоть до максимальной.

Пневматический привод, показан на рисунке 12, состоит из облегченного поршня и цилиндра из алюминия с упрочняющим покрытием. Сжатый воздух от внешней сети действует на поршень пневмоцилиндра, приводя его в движение в прямом и обратном направлении в зависимости от положения золотника реверсивного клапана. Реверсирование производится переключением ассиметрично нагруженного реверсивного клапана, управляемого пилотными клапанами, которые срабатывают при достижении поршнем пневмоцилиндра крайних положений. Подача смазки с воздухом не требуется.

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				



Рисунок 12. Пневмогидравлический мультипликатор

Всасывание и нагнетание насосом РЖ обеспечивается работой впускного и нагнетательного обратных клапанов с пружинной нагрузкой.

В насосной станции стенда ИСУ-1-В установлен мультипликатор ПГМ-450, технические характеристики отображены в таблице 7.

Таблица 7 Технические характеристики мультипликатора.

Параметр	Величина
Давление подводимого воздуха МПа	0,6
Давление воды/масла на выходе, МПа	2...45
Производительность за двойной ход, см <sup>3</sup>	41
Расход сжатого воздуха за двойной ход, см <sup>3</sup>	4000
Количество рабочих ходов	120
Габаритные размеры, мм	464*260*430
Масса, кг	50

Исходя из настроек предохранительного клапана пневматической системы насосной станции максимальное давление воздуха на входе в мультипликатор составляет:

$$p_{в} = 0.46 \text{ МПа}$$

Мультипликатор настроен на степень повышения давления 54, тогда рассчитаем давление рабочей жидкости в гидросистеме:

$$p_{\text{раб}} = 54 \cdot p_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{м}} = 54 \cdot 0.46 \text{ МПа} = 24,84 \text{ МПа}$$

Рассчитаем подачу, которую может выдаваемую мультипликатором, исходя из того, что мультипликатор совершает 120 рабочих ходов в минуту, а его производительность за рабочий ход составляет 41 см<sup>3</sup> или 0,041 литр, получаем:

$$Q = \frac{\frac{120}{\text{МИН}} \cdot 0.041 \text{ литр}}{2} = 2,46 \frac{\text{ЛИТ}}{\text{МИН}}$$

### 3.2 Определение размера гидроцилиндра

Теоритическая сила, развиваемая гидроцилиндром при движении штока:

$$F = p_{\text{пол}} \cdot A$$

где  $A$  – эффективная площадь рабочей полости;

$p_{\text{пол}}$  – полезное давление в полости гидроцилиндра, МПа:

$$p_{\text{пол}} = p_{\text{раб}} \cdot \eta_{\text{мех}}$$

где  $\eta_{\text{мех}}$  – механический КПД, принимаем 0,95;

Исходя из необходимости прохода через шток гидроцилиндра технической воды для испытаний, рабочая полость гидроцилиндра определяется исходя из формулы:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Исходя из ГОСТа 6540-68 отношение значений площадей поршневой и штоковой полостей цилиндров равно:

$$\varphi = 1,06; 1,12; 1,25; 1,33; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 5$$

Получаем выражение:

$$A = \frac{A_{\text{п}}}{\varphi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot \varphi}$$

Тогда для получения значения диаметра цилиндра получаем формулу:

$$A = \frac{F}{p_{\text{раб}} \cdot \eta_{\text{мех}}}$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot \varphi} = \frac{F}{p_{\text{раб}} \cdot \eta_{\text{мех}}}$$

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$D^2 = \frac{4 \cdot F \cdot \varphi}{\pi \cdot p_{\text{раб}} \cdot \eta_{\text{мех}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot \varphi}{\pi \cdot p_{\text{раб}} \cdot \eta_{\text{мех}}}}$$

Где  $\eta_{\text{мех}}$  – механический КПД, принимаем 0,95;

$F = 900000$  Н – максимальная теоритическая сила, развиваемая гидроцилиндром при движении штока;

$p_{\text{раб}} = 22,84$  – рабочее давление в гидросистеме, МПа;

$\varphi = 1,06; 1,12; 1,25; 1,33; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 5$  – соотношение площадей.

Диаметр штока определяем по формуле:

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{D^2}{\varphi}}$$

Скорость, в м/мин, развиваемую гидроцилиндром определим исходя из формулы:

$$V = \frac{Q \cdot \eta_V \cdot 10^3}{A}$$

Где  $Q = 2,46 \frac{\text{лит}}{\text{мин}}$  – подача;

$A$  - площадь рабочей полости гидроцилиндра в мм<sup>2</sup>;

$\eta_V$  – объемный КПД, принимаем 0,95;

Результаты расчета сведем в таблицу 8.

Таблица 8. Результаты расчета

№	$\varphi$	D, мм		d, мм		A, мм <sup>2</sup>	F, Н	V, м/мин
1	1,06	236,6	250	59,48	63	45970	997457	0,051
2	1,12	243,21	250	81,83	80	44061	956036	0,053
3	1,25	256,93	280	125,22	125	49303	1069776	0,047
4	1,33	265,03	280	139,47	140	46181	1002035	0,051
5	1,4	271,91	280	149,67	160	41469	899794	0,056
6	1,6	290,69	320	195,96	220	42412	920256	0,055
7	2	325	360	254,56	250	52700	1143485	0,044
8	2,5	363,36	400	309,84	320	45239	981596	0,052
9	5	513,87	560	500,88	500	49951	1083837	0,047

Исходя из полученных значений выбираем вариант №6, который развивает усилие большее чем необходимо и имеет наибольшую скорость выдвижения штока.

### 3.3 Ход штока гидроцилиндра

Длина хода поршня исходя из максимального значения размера испытуемого изделия принимается по ГОСТ 6540-68:

$$h = 900 \text{ мм}$$

### 3.4 Выбор материала

Материал деталей силовых цилиндров должен иметь достаточно высокую прочность, обеспечивающую работоспособность цилиндров при заданном рабочем давлении: при давлении  $p_{\text{ном}} = 20$  МПа применяют материалы с  $\sigma_B \geq 30 \div 90 \text{ кг/мм}^2$  [2, с.186]. А также материал должен иметь антикоррозионные (защитные) покрытия [2, с. 188, табл.129]. Из приведенных выше соображений применяем следующие материалы: Выбираем следующий материал:

гильза – сталь 40Х ГОСТ 4543-71;

цилиндр – сталь 40Х ГОСТ 4543-71;

шток – сталь 40Х ГОСТ 4543-71;

крышки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Ввиду хороших антикоррозионных свойств хромистых сталей выбираем для гидроцилиндра сталь 40Х

### 3.5 Определение толщины стенки гидроцилиндра

Поскольку диаметр гидроцилиндра достаточно велик, то расчет проводим по безмоментной теории расчета тонкостенных осесимметричных оболочек (рисунок 13).

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

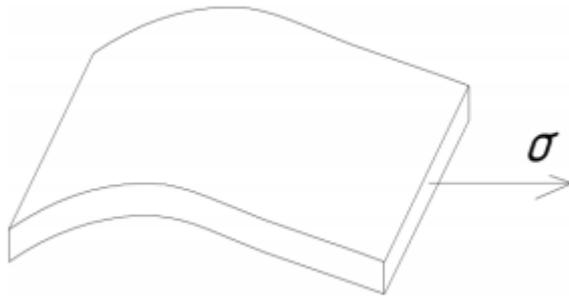


Рисунок 13 Схема расчета

Условие прочности, формула:

$$\sigma = \frac{p \cdot D_{\Pi}}{2 \cdot t} \leq [\sigma]$$

где  $t$  - толщина стенки гидроцилиндра, м;

$p$  - максимальное рабочее давление в гидроцилиндре, примем равным максимальному рабочему давлению, развиваемому насосом  $p=20$ МПа;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение на растяжение, Па:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n}$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести Па, для стали 40Х (при нормализации)  $\sigma_T= 275$  МПа;

$n$  – коэффициент запаса, принимаем равным 3.

$$[\sigma] = \frac{275 \text{ МПа}}{3} = 91,67 \text{ МПа}$$

Тогда:

$$t = \frac{p \cdot D_{\Pi}}{2 \cdot [\sigma]} = \frac{22.84 \text{ МПа} \cdot 320 \text{ мм}}{2 \cdot 91,67 \text{ МПа}} = 39.86 \text{ мм}$$

Примем толщину стенки гидроцилиндра  $h = 40$  мм.

### 3.6. Расчет на прочность шпилек крышки гидроцилиндра

Расчет шпилек на разрыв.

Условие прочности, формула:

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{z \cdot \pi \cdot d_{\text{шп}}^2} \leq [\sigma]$$

где  $F=900$  кН - максимальная сила, действующая на крышку;

						150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

$d_{\text{шп}}$  - диаметр шпилек, м;

$z = 8$  - число шпилек;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение на растяжение, МПа:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n}$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести, для стали 45 (при улучшении)  $\sigma_T = 450$  МПа;

$n$  – коэффициент запаса, принимаем равным 3.

$$[\sigma] = \frac{450 \text{ МПа}}{3} = 150 \text{ МПа}$$

Тогда:

$$d_{\text{шп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{z \cdot \pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 900000 \text{ Н}}{8 \cdot 3,14 \cdot 150 \text{ МПа}}} = 30,9 \text{ мм}$$

Принимаю  $d_{\text{шп}} = 32 \text{ мм}$ .

### 3.7. Расчет штока на устойчивость

Выбираем материал штока гидроцилиндра Сталь 40Х по ГОСТ-4543-71

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l)^2}$$

где  $P_{\text{кр}}$  – допустимое критическое усилие, выдерживаемое штоком,

$E = 200000$  МПа – модуль упругости,

$\mu = 2$  – коэффициент приведения длины,

$l$  – длина штока, в первом приближении равна:

$$l = 200 \text{ мм} + 2 \cdot h = 200 \text{ мм} + 2 \cdot 900 = 2000 \text{ мм}$$

$I$  – момент инерции:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot \left( 1 - \left( \frac{d_0}{d} \right)^4 \right)$$

Где  $d = 220$  мм – диаметр штока;

$d_0 = 25$  мм – диаметр отверстия

Получаем:

$$= \frac{3,14 \cdot (220 \text{ мм})^4}{64} \cdot \left( 1 - \left( \frac{25}{220} \right)^4 \right) = 114912685 \text{ мм}^4 = 114,9 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$P_{кр} = \frac{3.14^2 \cdot 200000 \text{ МПа} \cdot 114.9 \cdot 10^6 \text{ мм}^4}{(2 \cdot 2000 \text{ мм})^2} = 14,1 \text{ МН}$$

$$P_{кр} > F$$

Условие выполняется, следовательно, шток устойчив.

### 3.8. Принципиальная гидравлическая схема станда

Модернизированная принципиальная схема станда показана на рисунке 14. В нее входит гидропреобразователь ПР, который преобразует энергию воздуха в гидравлическую, имеется манометр МН, для контроля давления в гидросистеме, предохранительный клапан КП, для стравливания давления в бак, регулятор давления РД, который настраивает давление на 0,17...25 МПа, гидравлический распределитель Р, через который рабочая жидкость попадает в рабочую полость гидроцилиндра, который прижимает заготовку. При обратной работе в другую полость гидроцилиндра подается распределитель Р переключается под давлением, гидроцилиндр втягивается, и рабочая жидкость попадает, через сливной фильтр в гидравлический бак.

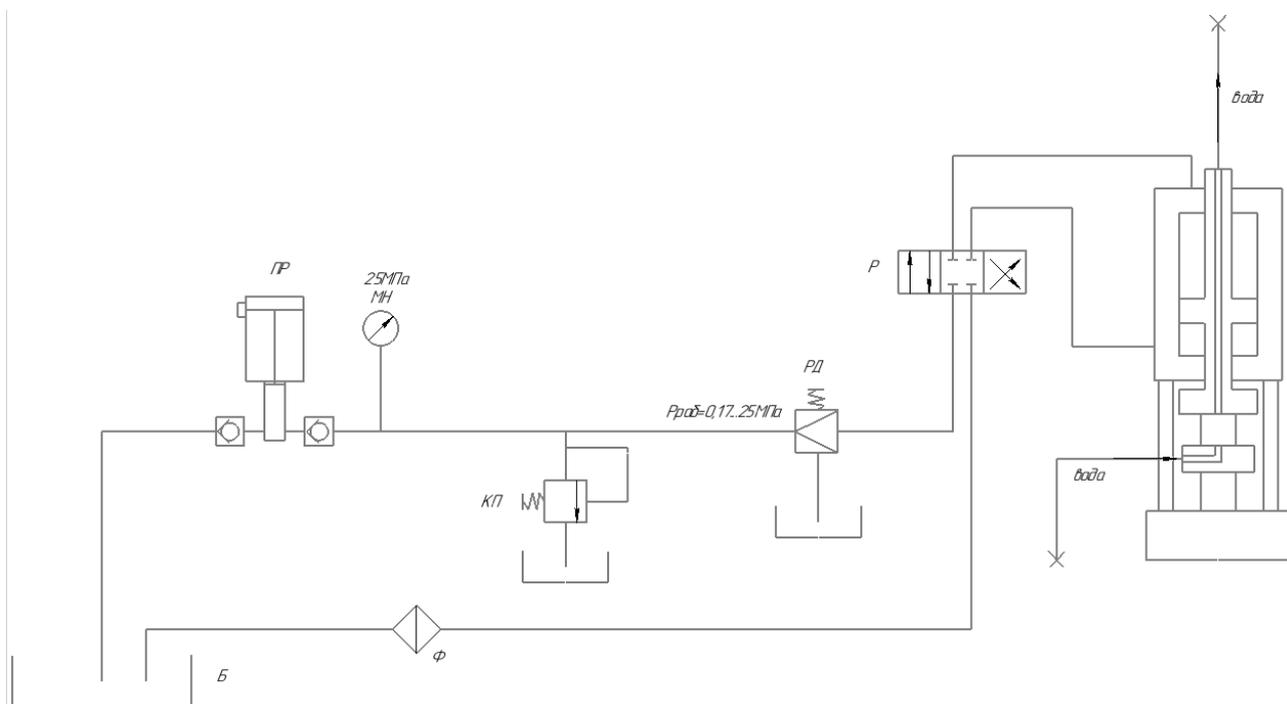


Рисунок 14. Модернизированная принципиальная гидравлическая схема станда

### 3.9. Расчет времени перемещения штока

Гидроцилиндр зажима:

ход поршня  $S = 900$  мм;

скорость штока составляет  $V = 55 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$

Время движения штока гидроцилиндра при полном выдвигении, мин:

$$t = \frac{S}{V} = \frac{900 \text{ мм}}{55 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}} = 16,3 \text{ мин}$$

Однако операция производится 1 раз за всю партию изделий, при этом возможно не полное выдвигение штока, а только на необходимое расстояние. При работе с одной партией шток поднимается и опускается на расстояние  $h=75$  мм, рассчитаем рабочее время операции:

$$t_{\text{раб}} = t_1 + t_2$$

Где  $t_1$  – время опускания штока перед испытанием, мин;

$t_2$  – время поднятия штока после испытания, мин;

$$t_1 = t_2 = \frac{h}{V} = \frac{75 \text{ мм}}{55 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}} = 1,36 \text{ мин}$$

Получаем рабочее время:

$$t_{\text{раб}} = 1,36 + 1,36 = 2,72 \text{ мин} = 163,2 \text{ сек}$$

Сведем эти значения в единую циклограмму, рисунок 15.

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

150302.2020.609.00.00 ПЗ

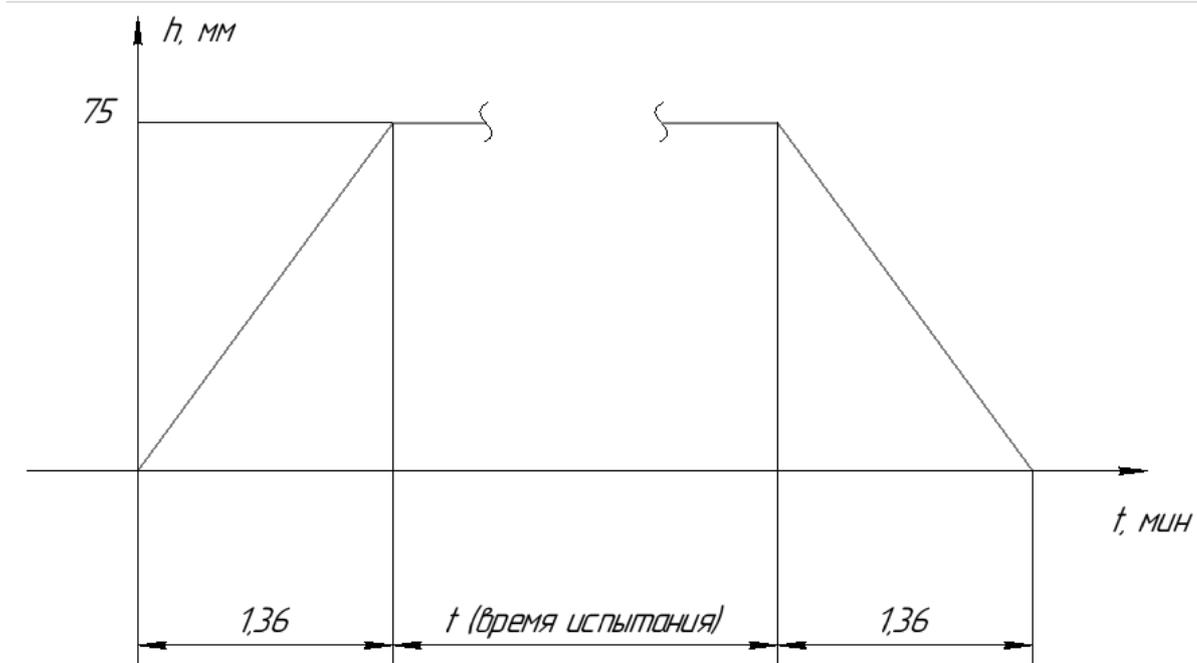


Рисунок 15. Циклограммы перемещения штоков гидропривода

#### 4. ПОДБОР АППАРАТУРЫ

##### 4.1. Условные проходы.

От выбора значений внутреннего диаметра гидролиний в значительной степени зависят потери энергии в процессе работы гидропривода, а также масса и некоторые другие характеристики. В силу этого выбор значений внутреннего диаметра гидролинии необходимо осуществлять из условия получения минимальных суммарных затрат на изготовление и эксплуатацию гидропривода. На практике же исходят из условия обеспечения движения в ней рабочей жидкости со скоростью, не превышающей допустимые значения.

Условный проход, м:

$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{max}}{\pi \cdot v_{доп}}}$$

Где  $v_{доп} = 5$  м/с – допустимая скорость потока рабочей жидкости;

Определим условные проходы трубопроводов для гидроцилиндров:

$$d_y^{тр} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 5}} = 0,0032\text{м} = 3,2\text{мм}$$

Округляем полученные значения до ближайших стандартных значений согласно ГОСТ 355 – 67:

$$d_y^{тр} = 5 \text{ мм}$$

Применяем стальные бесшовные холоднодеформированные трубы по ГОСТ 8734-75.

Труба  $\frac{5 \times 1,5 \text{ ГОСТ } 8734 - 75}{\text{В ГОСТ } 8733 - 74}$

##### 3.6.2. Подбор гидроаппаратуры.

Выбираем манометр ПМ2-1-320 ТУ2-053-1707-84Е.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



Таблица 13. Технические характеристики сливного фильтра

Обозначение	Условный проход, мм	Тонкость фильтрации, мкм	Номинальный расход, л/мин
Фильтр 6-80-2	6	80	60

#### 4.2. Выбор рабочей жидкости

В гидроприводе обычно жидкость выполняет роль и смазки и кинематического звена, а поэтому рассматривается как рабочая жидкость. В этой связи, при выборе масла в качестве рабочей жидкости конкретного гидропривода или при создании специальной гидравлической жидкости, учитываются или формируются определенные требования к их свойствам. Считается, что в идеале рабочая жидкость современного гидропривода должна быть:

- Определенным соотношением вязкости с величиной зазоров в щелевых уплотнениях агрегатов, обеспечивающим на номинальных силовых и температурных режимах работы высокую их герметичность.
- Малым изменением вязкости в широком диапазоне рабочих температур, давлений и скорости течения.
  - Малым удельным весом.
  - Высокой удельной теплоемкостью.
  - Высоким модулем сжатия.
  - Малым коэффициентом термического разложения.
  - Нетоксичностью жидкости и продуктов ее разложения.
  - Малой упругостью паров, высокой температурой кипения.
  - Пожаробезопасностью.
  - Хорошими свойствами смазки по отношению к материалам трущихся пар.
  - Нейтральностью к материалам уплотнений.
  - Малым адсорбированием воздуха и незначительным пенообразованием.
  - Растворимостью в существующих гидравлических жидкостях.
  - Высокими изолирующими и диэлектрическими свойствами.

- Прозрачностью или отличительной окраской.
- Стабильностью свойств при хранении и эксплуатации, обеспечивающие жидкости длительные сроки службы.
- Отсутствием неприятного запаха.
- Недефицитностью и низкой стоимостью исходных материалов для производства рабочей жидкости. Приведенные свойства носят обобщающий характер, т. е. отражают соотношение ряда более конкретных свойств. Так, например, под хорошими свойствами смазки понимается комплекс таких свойств рабочей жидкости, как снижать трение, а, следовательно, и потери мощности на трение, т. е. повышать механический КПД пар трения; снижать износ пар трения, т. е. повышать их ресурс (долговечность); отводить тепло от пар трения, т. е. в определенной мере повышать их безотказность; защищать детали агрегатов от коррозии; снижать вибрацию и шум; удалять (вымывать) из зоны трения и щелевых уплотнений продукты износа и другие загрязняющие примеси, т. е. повышать надежность агрегатов. Многие из приведенных свойств рабочих жидкостей находятся в противоречии друг к другу.

Например, применение рабочей жидкости более высокой вязкости позволяет снизить утечки в щелевых уплотнениях, т.е. повысить коэффициент подачи гидронасосов, снизить их абразивный износ, но ухудшает отвод тепла от пар трения, создания гидродинамического слоя смазки, снижает давление на всасывании, что может привести к сокращению температурного диапазона использования гидропривода, к снижению ресурса и безотказности насоса, повышению вибрации и уровня шума и т. п. Применение рабочей жидкости более низкой вязкости может существенно снизить, например, пожаробезопасность гидропривода. Естественно, что рабочие жидкости с более широким комплексом высоких эксплуатационных свойств имеют и более высокую стоимость. В этой связи, выбор рабочей жидкости для конкретного гидропривода всегда есть компромисс между отдельными ее свойствами. Тем более, что относительно той или иной техники ряд перечисленных свойств

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ					

рабочей жидкости могут иметь практического значения.

Поэтому, на практике разрабатываются более «узкие» спецификации на масла и рабочие жидкости, отражающие наиболее весомые требования к ним конкретного гидропривода, работающего в тех или иных условиях или режимах. К наиболее типовым свойствам рабочих жидкостей, учитываемых в требованиях к ним, обычно относятся:

1. Плотность при определенной температуре.
2. Вязкость при 1 – 3 температурах (положительной и отрицательной).
3. Индекс вязкости.
4. Температура вспышки и застывания.
5. Термоокислительная стабильность.
6. Кислотное число.
7. Противоизносные свойства.
8. Вспениваемость.
9. Стойкость к механической деструкции.
10. Совместимость с эластомерами.
11. Содержание механических примесей.
12. Содержание воды.

В определенной мере указанные свойства рабочих жидкостей обуславливаются свойствами исходного сырья или базового масла, а требуемый уровень достигается путем легирования основы, т. е. за счет введения той или иной композиции различного вида присадок.

Легирование масел, рабочих жидкостей и смазок рассматривается сегодня как один из основных факторов, влияющих на повышение надежности техники.

Преимущества выбранной жидкости

Использование в промышленных гидравлических системах минеральных масел имеет один существенный недостаток их пожароопасность. Особенно опасно применение масел в гидросистемах подводных и надводных судов, в горячих цехах металлургической промышленности, в литейных, сварочных и

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				

кузнечнопрессовых производствах.

Гидравлическая жидкость с высоким содержанием воды пожаробезопасна, нетоксична и экологически более чистая, чем рабочие жидкости на нефтяной основе, обеспечивает коррозионную стойкость конструкционных материалов, обладает высокими противоизносными и противозадирными свойствами в интервале температур от 5 до 50°C, благодаря наличию противокоррозионных, противоизносных и противозадирных присадок.

Параметры, предъявляемые для нашего гидропривода (таблица 14), рабочие жидкости, рекомендуемые для применения (таблица 15).

Таблица 14 – Предъявляемые параметры для рабочей жидкости

Наименование параметра	Значение
Класс чистоты по ГОСТ 17216-71	12
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	
• оптимальная	25-45
• минимальная кратковременная	10
Тонкость фильтрации (номинальная), мкм	25
Температура эксплуатации, °С	
• максимальная	+80
• минимальная	-20



противопенные свойства. Shell Tellus T 46 сохраняет рабочие параметры и надежно работает с насосами всех типов при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 90°C. Благодаря прекрасным вязкостно-температурным характеристикам масло Shell Tellus T 46 сохраняет хорошую прокачиваемость при низких температурах и стабильную рабочую вязкость при высоких.

Потребители масла Shell Tellus T 46 - работающие в тяжелых условиях экскаваторы, краны, бурильное и снегоуборочное оборудование, гусеничная техника, породотборочные машины, передвижные компрессоры, шлюзовые ворота, спасательное оборудование и др. Shell Tellus T 46 - масло с длительным сроком службы.

Преимущества:

- Малая зависимость вязкости от температуры. Использование эффективного сочетания специально подобранного базового масла и полученной по специальной технологии вязкостной присадки уменьшает зависимость вязкости масел от колебаний температуры и обеспечивает отличную прокачиваемость при низких температурах. Эти свойства масел Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46) делают их особенно пригодными для гидравлических механизмов, работающих в условиях экстремальных температур.

- Высокая механическая стабильность. Используемая в композиции Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46) присадка для улучшения индекса вязкости обладает высокой механической стабильностью, что гарантирует эффективную смазку и длительные сроки службы масел.

- Высокие противоизносные свойства. Противоизносные присадки, входящие в композицию Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46), эффективны в парах трения —сталь-сталь и —сталь-бронза при всех рабочих режимах, включая высоконагруженные, тяжелые и легкие условия эксплуатации.

- Хорошая фильтруемость. Минимальная склонность масел Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46) блокировать фильтры в присутствии воды, солей кальция и других примесей.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	150302.2020.609.00.00 ПЗ				

- Окислительная стабильность. Масла Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46) устойчивы к образованию кислых продуктов и шлама даже при высоких рабочих температурах.

- Защита от коррозии. Эффективные ингибиторы обеспечивают длительную защиту от коррозии как черных, так и цветных металлов.

- Деаэрирующие и антипенные свойства. Масла Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46) обеспечивают быстрое выделение воздуха без избыточного пенообразования. Совместимость Shell Tellus T 46 (Shell Tellus S2 46), имеющие в своем составе цинксодержащую противоизносную присадку, не рекомендуются к применению в гидравлических системах, имеющих детали с серебряным покрытием. В этом случае для смазки следует использовать масла Shell Tellus S.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта являлась совершенствование гидравлического привода станда ИСУ-1-В. При работе станда были выявлены недостатки, которые были устранены путем модернизации гидравлического привода. Был спроектирован гидроцилиндр изготавливаемый из коррозионностойкого материала. Благодаря установке нового гидроцилиндра вверх, решилась задача высокой трудоемкости поворота регулировочного винта.

В ходе дипломного проекта решены следующие задачи:

- 1) проведен анализ работы гидропривода станда;
- 2) были выявлены недостатки в работе станда;
- 3) произведен расчет гидроцилиндров
- 4) произведен выбор гидроаппаратуры;

По полученным расчетам получены следующие результаты:

Скорость движения штока:

$$V = 55 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Время необходимое для цикла фиксации и освобождения изделия:

$$t = 2,72 \text{мин}$$

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44



16. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1991. 383 с.
17. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления. М.: Машиностроение, 1972. 376 с.
18. Гамынин Н.С. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1992. 368 с.
19. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики. М.: Машиностроение, 1979. 232 с.
20. Зиновьев В.А. и др. Краткий технический справочник. 1 ч. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. 532 с.
21. Хохлов В.А. Электрогидравлический следящий привод. 2-е изд., допол. М.: Наука, 1966. 300 с.
22. Навроцкий К.Л. Моделирование и динамический расчет на ЭВМ гидро- и пневмоприводов. 2 ч. Москва, 2000.
23. Кабаков М.Г., Стесин С.П. Технология производства гидроприводов. М.: Машиностроение, 1974.

					150302.2020.609.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»  
Факультет Машиностроения  
Кафедра «Гидравлика и гидропневмосистемы»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.К. Спиридонов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу (проект) студента

Головина Алексея Валерьевича

(Ф. И.О. полностью)

Группа П-557

1. Тема работы (проекта)

Модернизация расходомерного испытательного стенда

(утверждена приказом по университету от 24 апреля 2020 г. № 627).

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 03.06.2020.

3. Исходные данные к работе (проекту)

- а) Общий вид стенда
- б) Паспорт стенда

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке

- а) Обзор вариантов аналогичных стендов, обоснование необходимости и направлений модернизации.
- б) Изучение принципа действия испытательного стенда, анализ недостатков схемы, определение направлений улучшения.
- в) Переработка компоновки стенда, расчет основных технических параметров нового гидроцилиндра, подбор нового оборудования.

5. Иллюстративный материал (плакаты, альбомы, раздаточный материал, макеты, электронные носители и др.):

Электронная презентация (12 слайдов)

6. Дата выдачи задания 09.04.2020

Руководитель \_\_\_\_\_/Лайко К.К./

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_/Головин А.В./

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы (проекта)	Срок выполнения этапов работы (проекта)	Отметка о выполнении руководителя
1. Изучение аналогичных испытательных стендов	09.04.2020 – 24.04.2020	
2. Изучение принципа действия испытательного стенда, определение его недостатков и направлений модернизации	13.04.2020 – 24.04.2020	
3. Проектировочные расчеты	27.04.2020 – 15.05.2020	
4. Подбор нового оборудования	27.04.2020 – 15.05.2020	
5. Оформление пояснительной записки и подготовка доклада	20.04.2020 – 29.05.2020	

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/Спиридонов Е.К./

Руководитель работы (проекта) \_\_\_\_\_/Лайко К.К./

Студент \_\_\_\_\_/Головин А.В./