

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
в г. Миассе  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
И.о. зав. кафедрой, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ Ю.Г. Миков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ГИДРОПРИВОД ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПОДАЧИ  
ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ПОЖАРНОЙ МАШИНЫ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ЮУрГУ – 15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, должность  
Старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ / Е.С.Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Руководитель, должность  
к.т.н., доцент кафедры ТПМ  
\_\_\_\_\_ / Н.Н.Елюкин /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Консультант, должность  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор  
студент группы 515  
\_\_\_\_\_ / Е.А.Савинков /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Консультант, должность  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, должность  
к.т.н., доцент кафедры ТПМ  
\_\_\_\_\_ / В.Г. Зезин /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Миасс 2019

## АННОТАЦИЯ

Савинков Е.А. Регулируемый гидропривод центробежного насоса подачи пенообразователя пожарной машины. – Миасс ЮУрГУ, ТПМ; 2019, 71 с., библиографический список – 11 наим., 6 листов чертежей ф. А1.

В дипломном проекте разработан и спроектирован регулируемый гидропривод центробежного насоса подачи пенообразователя пожарной машины. В процессе дипломного проектирования выполнен анализ конструкций гидравлических приводов подачи пенообразователя на пожарных АЦ, в результате чего был выбран подходящий вариант гидропривода, который соответствует заданным требованиям и найденным в процессе расчётов энергетическим и силовым параметрам; выбрана гидравлическая принципиальная схема гидропривода центробежного насоса подачи ПО. Также были проведены расчёты диаметров трубопроводов гидролиний, потерь давления в гидросистеме, расчёт тепловой, энергетической эффективности (КПД) гидропривода. Исходя из расчётов, выбраны компоненты гидросистемы проектируемого гидропривода. Выполнены чертежи из перечня графического материала.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» указаны требования по технике безопасности при эксплуатации гидропривода, а также требования к самому гидравлическому оборудованию.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Савинков Е.А.			Регулируемый гидропривод центробежного насоса подачи ПО	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Елюкин Н.Н.					6	71
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ Кафедра ТПМ		
<i>Н. Контр.</i>		Зезин В.Г.						
<i>Утверд.</i>		Миков Ю.Г.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	8
1 Состояние техники пожаротушения пенным раствором. Задачи дипломного проектирования.....	11
1.1 Технические требования к гидроприводу насоса подачи ПО.....	11
1.2 Задачи дипломного проектирования.....	17
2 Анализ и обоснование выбора принципиальной схемы гидропривода насоса ПО.....	18
2.1 Обоснование и выбор принципиальной схемы гидропривода.....	18
2.2 Описание работы гидропривода.....	20
3 Расчёт и выбор основных параметров гидропривода.....	25
3.1 Расчёт и выбор параметров регулируемых насоса и гидромотора.....	25
3.2 Расчёт диаметров трубопроводов гидролиний.....	29
3.3 Расчёт потерь давления в гидросистеме.....	34
3.4 Расчёт тепловой гидропривода.....	38
4 Выбор компонентов гидропривода.....	42
4.1 Выбор регулируемых насоса и гидромотора.....	42
4.2 Выбор гидроаппаратуры.....	46
4.3 Выбор рабочей жидкости.....	53
5 Безопасность жизнедеятельности.....	56
5.1 Организационно - правовые основы охраны труда.....	56
5.2 Требования безопасности эксплуатации гидравлического оборудования.....	64
Заключение.....	69
Библиографический список.....	71

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		7

## ВВЕДЕНИЕ

Пожары возникают и развиваются всюду, где есть горючие материалы и источники их воспламенения. На пожарах главным процессом является горение. Его протекание характеризуется большой скоростью распространения, оно сопровождается выделением из пламени большого количества тепловой энергии и, следовательно, быстрым увеличением температуры вблизи очага горения. Кроме этого, в продуктах горения содержится дым, окислы различных газов, ядовитые вещества и т.д.

Таким образом, пожары характеризуются быстрым нарастанием опасных факторов пожара. Это и создает большую опасность для жизни людей и приводит к быстрому уничтожению материальных ценностей. Следовательно, необходимо как можно быстрее ликвидировать возгорание и потушить пожар, т.е. создать условия, при которых процессы горения не могут развиваться.

На протяжении многих сотен лет постепенно накапливался опыт тушения пожаров. В течение этого времени создавались различные примитивные средства, облегчающие борьбу с пожарами, создавалась необходимость коллективного противостояния огню. Все это привело к необходимости создания организации пожарной службы. Ей стали придавать государственное значение. Так, в России в 1649 г. издан документ «Наказ о городском благочинии». В это же время был издан и второй документ «Соборное уложение». Основным в этих документах было обеспечение готовности людей к тушению пожаров; предписывалось иметь различные средства тушения пожаров водой, устанавливались меры по предотвращению возгораний и ответственность за возникновение пожаров.

Постепенно осознавалось, что убытки от пожаров в самом общем виде определяются двумя общими факторами.

Первую группу факторов составляют: горючесть строительных материалов, внутренней начинки, планировки зданий и сооружений. В

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		

соответствии с этим заменялись горючие строительные материалы на негорючие, создавались рациональные планировки зданий, ограничивающих распространение огня, использовались различные препятствия его развитию и распространению. Эта группа факторов во многом обуславливает условия развития пожаров.

Вторая группа факторов включает: быстроту обнаружения и извещения о пожаре, технические характеристики средств тушения, дорожные условия, водоснабжение и т.д. Эти факторы в значительной степени обеспечивают условия тушения пожаров.

Постепенно развивалась пожарная техника. Она создавалась и совершенствовалась на основе технического прогресса. Ее развитие осуществлялось на протяжении столетий и прошло большой путь от простого снаряжения до мощных средств тушения пожаров. По мере развития техники создавались новые огнетушащие вещества, средства доставки личного состава и огнетушащих веществ на пожар.

Первая серия автоцистерн (АЦ) была создана в период 1932-1937гг. на базе отечественных автомобилей ЯГ-4 и ЯГ-10. АЦ относят к основным ПА общего применения, предназначенным для доставки личного состава подразделений ГПС, огнетушащих веществ и оборудования к месту пожара и подачи огнетушащих веществ в зону горения.

Постепенно развитие пожарной техники набирало оборот.

С образованием Российской Федерации наступил новый этап развития пожарной техники.

Начиная с 1993 г. предприятиями страны освоен выпуск нескольких десятков новых моделей ПА, разработано и освоено производство практически всех видов отечественных ПА, необходимых для ведения боевых действий по тушению пожаров. Заводами создана обширная номенклатура автоцистерн на шасси ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ и Урал. Разработана серия пожарных насосов нового поколения. По желанию заказчика заводы могут

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		

комплектовать АЦ на шасси любых грузовых автомобилей, устанавливать на них насосы различных модификаций. Кроме традиционного пожарно-технического вооружения на ряде автоцистерн устанавливаются лебедки, средства освещения, дымососы и т.д.

В настоящее время пожарная техника включает первичные средства тушения, пожарные машины, стационарные установки пожаротушения и средства пожарной связи [1].

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПЕННЫМ РАСТВОРОМ. ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## 1.1 Технические требования к гидроприводу насоса подачи ПО

1.1.1 Одним из эффективных современных средств тушения пожаров является водопенный раствор, получаемый на пожарной машине путем впрыска концентрата пенообразователя (ПО) в поток воды в напорном патрубке пожарного насоса или в рукавную линию подачи воды. Для подачи ПО в составе пожарной машины используются различные насосные агрегаты со специальной системой регулирования подачи, обеспечивающие концентрацию ПО в водном растворе в диапазоне от 0,1 до 10% с точностью  $\pm 0,5\%$ . В пожарных машинах АЦ-100 для подачи ПО используются центробежные насосы с объемным гидроприводом на основе регулируемых аксиально-поршневых гидромоторов и насосов с прямым внешним электроуправлением. В такой системе пенного пожаротушения регулирование подачи (расхода) ПО обеспечивается изменением частоты вращения вала центробежного насоса путем изменения частоты вращения вала приводного гидромотора. Изменение частоты вращения вала гидромотора обеспечивается как изменением рабочего объема насоса гидропривода, так и рабочего объема гидромотора. Таким образом, гидроприводы центробежных насосов подачи ПО в пожарных машинах АЦ-100 представляют собой регулируемый объемный гидропривод с объемным регулированием частоты вращения вала гидродвигателя – гидромотора [4].

1.1.2 В последние годы насосные агрегаты отечественных пожарных автомобилей всё чаще оборудуются электронными системами получения водопенного раствора путём непосредственного впрыска под давлением концентрата пенообразователя в напорные патрубки пожарного насоса или рукавные линии.

Принцип работы данных систем следующий: при подаче воды от пожарного насоса расходомер измеряет поток воды и посылает сигнал на

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		11

цифровой блок управления микропроцессора, который в зависимости от установочных параметров концентрации водного раствора пенообразователя подаёт управляющую команду на выбор режима работы насоса, подающего пенообразователь. В итоге системы обеспечивают постоянное соотношение пенообразователя в потоке воды, независимо от изменений давления и расхода на выходе пожарного насоса. При увеличении или уменьшении напора и расхода воды количество впрыскиваемого пенообразователя автоматически увеличивается или уменьшается.

Системы многофункциональны. Они позволяют:

а) устанавливать необходимую процентную концентрацию пенообразователя в пенном растворе;

б) получать сведения об общем количестве воды и пенообразователя за период эксплуатации;

в) отображать давление впрыска пенообразователя и др.

Основные преимущества электронных систем непосредственного впрыска пенообразователя:

а) пожарный насос осуществляет перекачку только водяной среды (без пенообразователя), что положительно влияет на его эксплуатационные показатели;

б) возможность одновременной подачи от одного пожарного насоса воды и воздушно-механической пены, что особенно актуально для пожарных автоцистерн тяжёлого класса с мощными насосными установками;

в) экономия и увеличение запаса вывозимого пенообразователя при сохранении существующих объемов за счет применения более концентрированных (1 %) пенообразователей;

г) повышение качества получаемой воздушно-механической пены за счёт большей точности при электронном контроле расхода пенообразователя, в сравнении с инъекционным способом получения водного раствора пенообразователя.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		12



В России такие системы применяются в основном зарубежного производства: FoamPro (модели 2000, 3000, AccuMax); Hale (FoamLogix модели 2.1, 3.3, 5.0, 6.5, где цифры означают значения номинальной подачи пенообразователя в гал/мин); CTD (модели Triton, Cameleon, Salamandre). На рис. 1.1 схематично представлена система дозирования и впрыска пенообразователя FoamLogix [2].

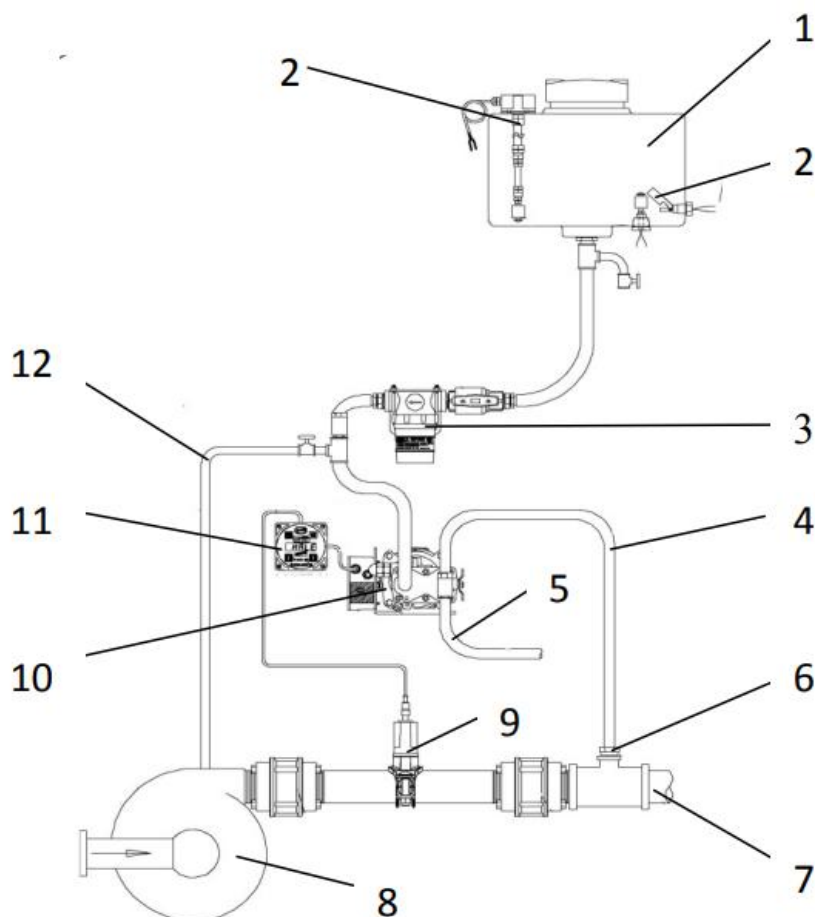


Рисунок 1.1 - Схема системы дозирования и впрыска пенообразователя Foam Logix с одним баком для пенообразователя (1 – бак для пенообразователя; 2 – датчик уровня; 3 – фильтр; 4 – трубопровод впрыска пенообразователя; 5 – перепускной трубопровод; 6 – устройство для впрыска пенообразователя с обратным клапаном; 7 – напорный коллектор насоса; 8 – пожарный насос; 9 – датчик расхода воды; 10 – насос подачи пенообразователя с электромотором; 11 – блок управления и контроля; 12 – промывочный трубопровод)

Данные автоматические электронные системы дозирования работают на всех типах пенообразователя в диапазоне расходов пожарного насоса от 0,5 л/с до 300 л/с (в зависимости от типа и модели), комплектуются независимым дозирующим насосом, обеспечивают концентрацию пенообразователя в водном растворе в диапазоне от 0,1 % до 10 % (в зависимости от типа и модели) с точностью  $\pm 0,05$  % и осуществляют впрыск пенообразователя в гидравлические (рукавные) линии как нормального (до 2 МПа), так и высокого (4 МПа) давления.

В дальнейшем электронные системы дозировки и впрыска пенообразователя стали базовой частью инновационного способа тушения пожаров – системы подачи компрессионной (пневматической) пены.

Компрессионная пена представляет собой однородную структуру (без остаточной жидкой фазы водного раствора пенообразователя), произведённую в смесительной камере способом принудительного вспенивания сжатым воздухом водного раствора пенообразователя и транспортируемую к месту подачи по трубопроводу и пожарным рукавам, что позволяет более эффективно использовать водный раствор пенообразователя. Системы подачи компрессионной пены показали высокую эффективность тушения при минимальном расходе огнетушащих средств, а при нормальном давлении возможность осуществлять подачу огнетушащей пены на высоту более 100 м. Физические параметры пены и, соответственно её тушащие свойства изменяются посредством регулирования соотношения ингредиентов. Установки позволяют получать так называемую «мокрую» пену кратностью 3...10 и «сухую» пену кратностью 10...20.

В настоящее время в зарубежных странах распространены системы подачи компрессионной пены CAFS (Compressed Air Foam System) и One Seven. На базе системы дозирования Foam Logix американская компания «Hale» создала систему тушения CAFS. Основные элементы системы CAFS включают в себя ранее рассмотренную систему дозировки и впрыска

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		14

пенообразователя Foam Logix, смеситель и компрессор. На рисунке 1.2 представлена схема работы системы подачи пены CAFS с устройством дозирования и впрыска пенообразователя Foam Logix.

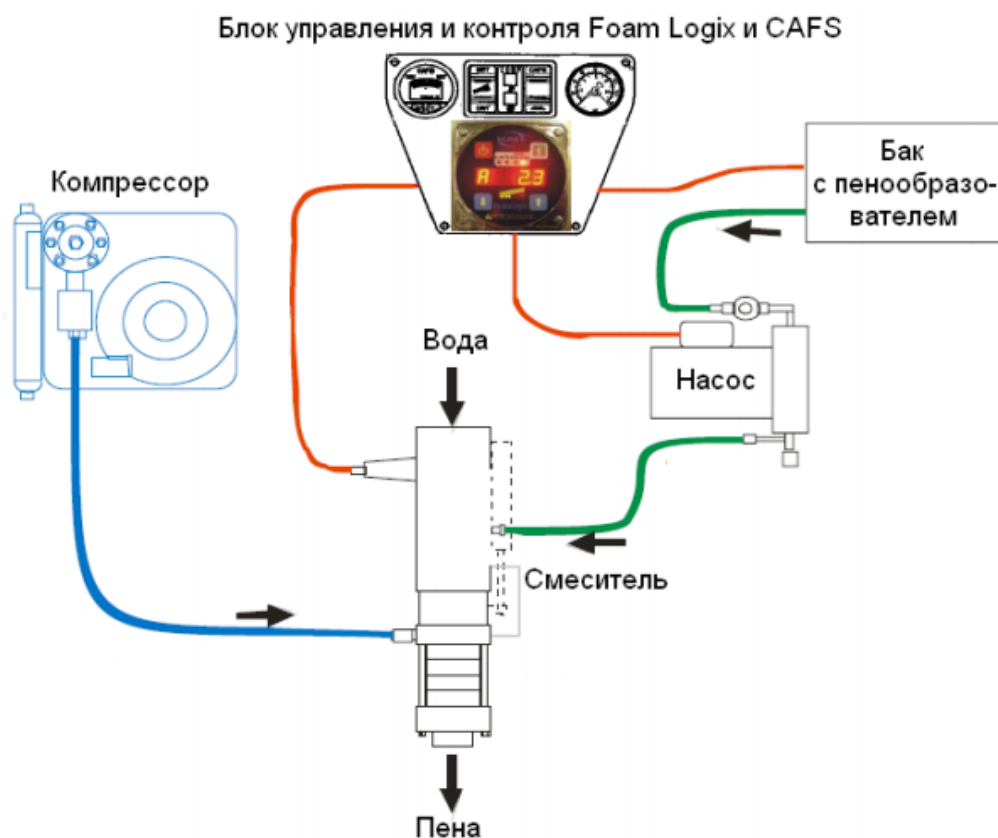


Рисунок 1. 2 - Схема работы системы подачи пены CAFS с устройством дозирования и впрыска пенообразователя Foam Logix

В соответствии с расходом воды на выходе из пожарного насоса, насос подаёт пенообразователь в смеситель системы CAFS, в который от компрессора производится подача сжатого воздуха 1,4 – 2,5 м<sup>3</sup>/мин под давлением 0,7–1,0 МПа. В результате на выходе из смесителя получается воздушно-механическая (пневматическая) пена, которая далее транспортируется по пожарным рукавам. Получение так называемой «высотной» пены (подача пены на высоту более 200 м) производится за счёт увеличения давления сжатого воздуха до 1,2 МПа. Значения моделей системы CAFS соответствуют значениям моделей системы Foam Logix и различаются по производительности: CAFS 2,1А; CAFS 3,3; CAFS 5,0 [3].

						15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата			15

В ближайшей перспективе можно предположить развитие и внедрение в практику отечественных систем подачи компрессионной пены как высокоэффективного средства тушения пожаров.

1.1.3 К центробежным насосам для целей пожаротушения предъявляется ряд специфических требований. Они должны обеспечивать подачу воды и водных растворов пенообразователя с водородным показателем рН от 7 до 10 плотностью 1010 кг/м<sup>3</sup> и массовой концентрацией твердых частиц до 0,5 % при их максимальном размере 3 мм. Насос может потреблять не более 70 % мощности, развиваемой двигателем, расположенным на шасси, и обеспечивать непрерывную работу в течение 6 ч при любых температурах окружающей среды.

Объёмные насосы и объёмные гидромоторы, состоящие в гидроприводе подачи ПО, должны обеспечивать надёжную и эффективную работу на всём диапазоне условий эксплуатации. Они должны быть просты в управлении и обслуживании [1].

Технические требования к проектируемому гидроприводу насоса подачи ПО:

- а) подача пенообразователя должна осуществляться в диапазоне: 0,02-12 л/с;
- б) давление ПО на выходе из насоса: 12 кгс/см<sup>2</sup>;
- в) работа гидропривода при температуре окружающего воздуха: от -25 до +40 0С;
- г) время работы гидропривода: до 6 часов;
- д) привод гидродвигателя насоса ПО – КОМ от ДВС автомобиля;
- е) диапазон частот вращения вала гидродвигателя насоса ПО – 1200-1800 об/мин.

При таких параметрах максимальный перепад давления на гидромоторе может достигать до 160 кгс/см<sup>2</sup>, а потребляемый расход масла до 106 л/мин.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		16

## 1.2 Задачи дипломного проектирования

1.2.1 Выбрать и обосновать принципиальную схему гидропривода насоса подачи ПО. Описать работу гидропривода.

1.2.2 Провести расчёт основных параметров гидропривода в соответствии с заданием на дипломный проект:

- а) расчёт параметров регулируемых насоса и гидромотора;
- б) расчёт диаметров трубопроводов гидролиний;
- в) расчёт потерь давления в гидросистеме;
- г) расчёт тепловой гидропривода.

1.2.3 Выбрать компоненты гидропривода:

- а) регулируемый насос и гидромотор;
- б) гидроаппаратуру;
- в) рабочую жидкость.

1.2.4 Выполнить перечень чертежей:

- а) схема гидравлическая принципиальная регулируемого гидропривода центробежного насоса подачи ПО;
- б) плакат общего вида пожарной машины;
- в) габаритный чертёж регулируемого насоса;
- г) габаритный чертёж регулируемого гидромотора;
- д) общий вид блока гидроаппаратуры;
- е) рабочий чертёж монтажной плиты блока ГА.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		17

## 2 АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ГИДРОПРИВОДА НАСОСА ПО

### 2.1 Обоснование и выбор принципиальной схемы гидропривода

2.1.1 При разработке схем гидропривода машин различного назначения, необходимо исходить из возможности использования готовой гидравлической аппаратуры, агрегатов и рекомендаций по рациональному использованию возможностей объемного гидропривода (ГП).

Принципиальная схема ГП определяет состав его элементов и связи между ними, даёт детальное представление о принципах работы ГП. Элементы на схеме изображаются с помощью стандартных условных графических обозначений. Рекомендуемые соотношения размеров условных обозначений гидрооборудования приведены в ГОСТ 2.781 – 96.

Основанием для разработки принципиальной схемы ГП являются требования к гидроприводу и условия его работы.

При разработке гидравлической схемы рекомендуется применять нормализованную аппаратуру, т.к. применение специальной гидроаппаратуры приводит к повышению стоимости гидропривода [5].

#### 2.1.2 Выбор гидропривода производится по следующим показателям:

- а) по типу гидропривода;
- б) по характеру движения выходного звена;
- в) по возможности и способу регулирования;
- г) по схеме циркуляции жидкости;
- д) по виду источника подачи рабочей жидкости в гидросистему.

2.1.2.1 Тип проектируемого гидропривода принят объемным, так как вращательное движение выходного звена (центробежного насоса) будет совершаться за счет работы объемного гидродвигателя (гидромотора).

2.1.2.2 По характеру движения выходного звена выбираем гидропривод вращательного движения – с вращательным движением выходного звена гидродвигателя (гидромотора).

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.1.2.3 В зависимости от требований, связанных с эксплуатацией машины, в гидроприводе может применяться объемное или дроссельное регулирования скорости выходного звена или сочетание этих способов.

Объемное регулирование скорости осуществляется изменением подачи насоса или гидромотора в зависимости от рабочего объема. Рабочий объем может изменяться автоматически с помощью регулятора мощности или других управляющих устройств.

Объемное регулирование скорости происходит без потерь на дросселирование потока, поэтому является наиболее эффективным и широко используется в гидроприводах с замкнутой циркуляцией и с реверсивными регулируемым насосами, оснащенными регуляторами мощности.

Дроссельный способ регулирования скорости ввиду больших потерь мощности менее эффективен, особенно при эксплуатации гидроприводов большой мощности. Однако гидравлические схемы с дроссельным регулированием проще и дешевле.

В виду того, что проектируемый гидропривод насоса подачи ПО имеет большую мощность, то по возможности и способу регулирования выбираем регулируемый гидропривод с объёмным регулированием скорости движения выходного звена.

2.1.2.4 В открытой схеме всасывающая линия насоса и сливная линия гидродвигателя разомкнуты между собой. Они сообщаются с гидробаком, в котором на поверхности рабочей жидкости атмосферное давление. Наличие гидробака, содержащего запас жидкости, обеспечивает лучшие условия для отвода тепла из системы. Эта схема позволяет питать одним насосом несколько гидродвигателей. В целом, она проще закрытой схемы. Однако, реверсирование насосом в этом случае осуществить нельзя – необходима установка гидрораспределителя. Разряжение во всасывающей линии насоса способствует возникновению кавитации и подсосу воздуха в систему.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		19

В закрытой схеме рабочая жидкость после гидродвигателя направляется непосредственно в насос. Таким образом, основной контур циркуляции не связан с атмосферой, что защищает систему от загрязнений, например, при работе в запыленной среде. Кроме того наличие повышенного давления в низконапорной магистрали уменьшает возможность возникновения кавитации. В этой схеме реверсирование легко осуществляется регулируемым насосом. К недостаткам закрытой схемы следует отнести сложность охлаждения и необходимость установки дополнительного оборудования – системы подпитки, для компенсации утечки жидкости через не плотности во внешнюю среду [8].

Для лучшего охлаждения во избежание установки дополнительного оборудования, выбираю открытую схему циркуляции жидкости.

2.1.2.5 Источник подачи рабочей жидкости в гидросистему проектируемого гидропривода – объемный насос. Насосный гидропривод наиболее широко используется во всех отраслях машиностроения.

## 2.2 Описание работы гидропривода

2.2.1 Гидропривод для АЦ-100 предназначен для вращения вала одного центробежного насоса подачи ПО с регулируемой частотой вращения. Следовательно, для обеспечения требуемой функции по назначению гидропривод должен содержать регулируемый гидромотор и регулируемый насос. Кроме этого, гидропривод должен содержать бак с рабочей жидкостью, предохранительный клапан, гидрораспределитель с функциями включения/выключения гидромотора и разгрузки насоса, фильтр очистки рабочей жидкости, маслоохладитель (необходимость маслоохладителя определяется по результатам расчета потерь мощности в гидроприводе и нагрева рабочей жидкости). Для обеспечения автоматического или дистанционного управления включением/выключением гидромотора (центробежного насоса подачи ПО) гидрораспределитель должен быть с электромагнитным управлением с электромагнитами 24 В постоянного тока.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		20



При подаче напряжения на электромагнит гидромотор должен включаться, при обесточенном электромагните гидромотор должен выключаться. Бак должен содержать фильтр сливной, горловину заправочную с заправочным фильтром и сапуном, указатель уровня, термометр, кран слива жидкости. Фильтр должен иметь индикатор загрязненности. Необходимо учесть, что гидромотор должен быть снабжен дренажной линией [4].

### 2.2.2 Состав гидравлической принципиальной схемы

Принципиальная схема регулируемого гидропривода центробежного насоса подачи ПО для АЦ-100, содержащая указанные элементы, приведена на рисунке 2.1.

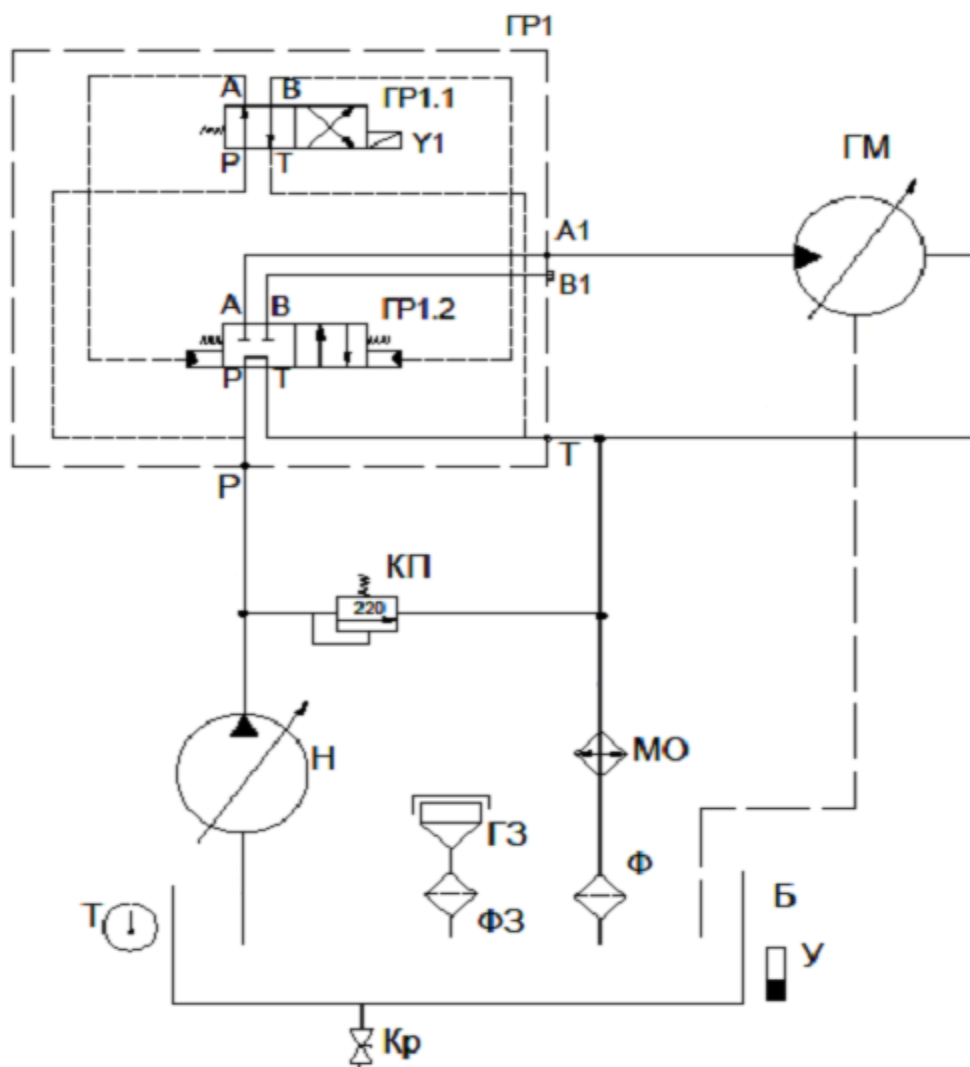


Рисунок 2.1 – Схема гидравлическая принципиальная регулируемого гидропривода центробежного насоса подачи ПО

В состав проектируемого гидропривода входят:

а) силовые органы гидропередачи: объёмный регулируемый насос (Н) и объёмный регулируемый гидромотор (ГМ);

б) устройства управления (управления потоком рабочей жидкости в гидросистеме): гидрораспределитель (ГР1.1 – двухкаскадный гидрораспределитель Ду16 с монтажной плитой; ГР 1.2); предохранительный клапан в собственном корпусе (КП); кран сливной (Кр); горловина заправочная (ГЗ);

в) вспомогательные элементы: маслоохладитель (МО); фильтр сливной (Ф); фильтр заправочный (ФЗ); бак с рабочей жидкостью (Б);

г) контрольно-измерительные приборы – указатель уровня рабочей жидкости в баке (У); датчик температуры рабочей жидкости (Т);

д) гидролинии (всасывающая, напорная и сливная);

е) отверстие В1 плиты заглушено.

Объёмный регулируемый насос (Н) предназначен для подачи рабочей жидкости в гидросистему. Он является силовым узлом гидропривода, преобразующего механическую энергию вращения вала, в энергию потока рабочей жидкости.

Объёмный регулируемый гидромотор (ГМ) служит для преобразования энергии жидкости во вращательное движение центробежного насоса подачи ПО.

Гидрораспределитель (ГР) предназначен для управления, распределения направления потока рабочей жидкости в магистралях. Число позиций гидрораспределителя определяется по числу операций, которые он должен совершать. В проектируемом гидроприводе гидрораспределитель имеет две позиции – включение/выключение гидромотора и разгрузку насоса.

Необходимости в изменении движения (реверса) выходного звена, нет.

Гидрораспределитель должен быть оснащён электромагнитным управлением, для автоматического или дистанционного включения/выключения гидромотора (центробежного насоса подачи ПО).

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		22

Предохранительный клапан (КП) предназначен для предохранения гидросистемы от перегрузок, поддержания рабочего давления в требуемых пределах и сброса давления в аварийных ситуациях.

Сливной кран (Кр) предназначен для слива рабочей жидкости из бака при обслуживании или ремонте гидропривода, а также при замене рабочей жидкости по регламенту.

Заправочная горловина (ГЗ) предназначена для заправки, либо дозаправки гидросистемы рабочей жидкостью.

Маслоохладитель (МО) предназначен для отвода тепла, возникающего при работе гидропривода. Повышенная температура гидросистемы влечёт за собой повышенный нагрев рабочей жидкости, что отрицательно сказывается на её свойствах и, как следствие, на характеристиках всей гидросистемы в целом.

Сливной (Ф) и заправочный (ФЗ) фильтра служат для очистки рабочей жидкости от содержащихся в ней примесей. Установка фильтра в сливную гидролинию наиболее распространена, так как фильтрующий элемент не испытывает высокого давления, не создаёт дополнительного сопротивления на всасывающей и напорной гидролинии и задерживает все механические примеси, содержащиеся в рабочей жидкости, возвращающейся в гидробак.

Заправочный фильтр предназначен для очистки рабочей жидкости от посторонних частиц при заправке и дозаправке гидросистемы.

Бак (Б) предназначен для хранения рабочей жидкости и ее охлаждения в рабочем режиме.

Указатель уровня рабочей жидкости в баке (У) позволяет измерять и контролировать объём рабочей жидкости.

Датчик температуры рабочей жидкости (Т) позволяет контролировать рабочую температуру гидросистемы.

Передача рабочей жидкости в гидросистеме проектируемого гидропривода осуществляется по гидролиниям (трубопроводам). С их

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		23

помощью соединяются между собой все элементы гидропривода, входящие в его состав.

Всасывающая гидролиния соединяет гидробак и всасывающую полость насоса. Напорная гидролиния обеспечивает передачу рабочей жидкости от насоса к гидромотору и работает под воздействием рабочего давления в гидросистеме. Сливная гидролиния обеспечивает отвод жидкости от гидромотора в гидробак.

### 2.2.3 Работа гидропривода осуществляется следующим образом

Рабочая жидкость объёмным насосом (Н) из бака (Б) по напорной линии подаётся на блок управления (гидрораспределитель ГР1.1). Гидрораспределитель золотникового типа, оснащён электрогидравлическим управлением. Перемещение золотника в исходное рабочее положение фиксируется включённым электромагнитом. Возврат золотника в исходную позицию обеспечивается пружинами. При перемещении золотника канал Р соединяется с каналом А. Рабочая жидкость поступает в полость гидромотора. Гидромотор начинает вращаться и передавать крутящий момент на вал центробежного насоса подачи ПО. Далее рабочая жидкость из объёмной камеры гидромотора по сливной линии поступает в маслоохладитель, где отдаёт часть своего тепла и движется дальше по сливной линии в бак, проходя через фильтрующий элемент.

При работе гидропривода давление в системе может резко возрасти и превысить заданное рабочее давление. Это может произойти из-за повышения нагрузки на выходном валу гидромотора, резком торможении гидромотора или в аварийной ситуации. В таком случае рабочая жидкость из напорной линии начинает проходить через предохранительный клапан в сливную линию; далее через маслоохладитель и фильтрующий элемент поступает обратно в бак.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		24

### 3 РАСЧЁТ И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА

#### 3.1 Расчёт и выбор параметров регулируемых насоса и гидромотора

##### 3.1.1 Выбор номинального рабочего давления рабочей жидкости

Основными параметрами гидропривода являются давление и объемный расход рабочей жидкости, подводимой от источника энергопитания (насоса).

При проектировании гидропривода пользуются рядом номинальных рабочих давлений по ГОСТ 12445-80. При выборе давления необходимо учитывать, что величина давления определяет размеры элементов гидропривода: высокое давление уменьшает размеры, но требует дорогих насосов и высокой герметичности соединений. Согласно изложенным рекомендациям ГОСТ 12445–80 в качестве номинального рабочего давления принимаю давление 20 МПа. Такое давление позволит применить сравнительно недорогой и надёжный насос, во время эксплуатации повысить долговечность, увеличить ресурс и продлить срок службы гидросистемы в целом [5].

##### 3.1.2 Расчёт расхода рабочей жидкости

Исходные данные:

а)  $M_{гм} = 16,3 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 160 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (крутящий момент на выходном валу гидромотора);

б)  $p_n = 20 \text{ МПа}$  (рабочее давление);

в)  $n = 1200 - 1800 \text{ об/мин}$  (диапазон частот вращения вала гидродвигателя насоса подачи ПО);

г) КПД гидромотора принимаю  $\eta_{гм} = 0,9$ ;

д) КПД объёмный принимаю  $\eta_o = 0,85$ ;

е)  $N_{потр} = \text{до } 240 \text{ кВт}$  (располагаемая потребляемая мощность гидропривода);

ж)  $Q_{по} = 0,02 \dots 12 \text{ л/с}$  (диапазон подач пенообразователя);

и)  $p_{по} = 12 \text{ кгс/см}^2 = 1,18 \text{ МПа}$  (давления ПО на выходе из насоса).

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		25

3.1.2.1 По исходным данным рассчитываем рабочий объём гидромотора по формуле [5]:

$$V_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot M}{\Delta p \cdot \eta_{\text{ГМ}}}, \quad (3.1)$$

где:  $M$  – крутящий момент на валу гидромотора, Н · м;

$\Delta p$  – перепад давлений, Па;

$\eta_{\text{ГМ}}$  – КПД гидромотора.

$$V_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 160}{20 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 55,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 55,8 \text{ см}^3.$$

По ГОСТ 13824-80 принимаю рабочий объём гидромотора  $V_0 = 56 \text{ см}^3$ .

3.1.2.2 Определяем расход рабочей жидкости гидромотора по формуле:

$$Q_{\text{ГМ}} = \frac{V_0 \cdot n}{\eta_o}, \quad (3.2)$$

где:  $V_0$  – рабочий объём гидромотора, л;

$n$  – частота вращения выходного вала гидромотора (принимаю минимальной (по исходным данным),  $n = 1200$  об/мин), об/мин;

$\eta_o$  – КПД объёмный.

$$Q_{\text{ГМ}} = \frac{0,056 \cdot 1200}{0,85} = 79 \text{ л/мин.}$$

Для дальнейшего проектирования принимаю расход рабочей жидкости гидромотора равным  $Q_{\text{ГМ}} = 80 \text{ л/мин}$ .

3.1.2.3 Исходя из заданных параметров ( $M_{\text{ГМ}} = 160 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $n = 1200 - 1800 \text{ об/мин}$ ;  $p_{\text{н}} = 20 \text{ МПа}$ ) и полученных расчётов ( $V_0 = 56 \text{ см}^3$ ;  $Q_{\text{ГМ}} = 80 \text{ л/мин}$ ) можем выбрать подходящий гидромотор, выпускаемый промышленностью.

3.1.3 Расчёт требуемых параметров насоса

3.1.3.1 Определяем подачу насоса (при минимальной частоте вращения вала насоса (по исходным данным),  $n = 1200$  об/мин) по формуле:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{ГМ}} = 80 \text{ л/мин}, \quad (3.3)$$

где:  $Q_{\text{ГМ}}$  – расход рабочей жидкости гидромотора, л/мин.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		26

Определяем рабочий объём насоса по формуле:

$$V_{0н} = \frac{Q_n}{n_n \cdot \eta_o}, \quad (3.4)$$

где:  $Q_n$  – подача насоса, л/мин;

$n_n$  – частота вращения вала насоса, об/мин;

$\eta_o$  – КПД объёмный.

$$V_{0н} = \frac{80}{1200 \cdot 0,85} = 0,078 \text{ л} = 78 \text{ см}^3.$$

По ГОСТ 13824-80 принимаю рабочий объём насоса  $V_{0н} = 80 \text{ см}^3$ .

3.1.3.2 Зная подачу насоса ( $Q = 80$  л/мин), частоту вращения вала насоса ( $n = 1200$  об/мин), рабочий объём насоса ( $V_{0н} = 80 \text{ см}^3$ ), номинальное рабочее давление ( $p_n = 20$  МПа), можем выбрать подходящий насос, выпускаемый промышленностью.

3.1.4 Расчёт полезной и потребляемой мощности гидропривода

3.1.4.1 Определяем полезную мощность насоса по формуле:

$$N_{пол} = p_n \cdot Q_n, \quad (3.5)$$

где:  $p_n$  – номинальное давление насоса, Па;

$Q_n$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с.

$$N_{пол} = 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{80 \cdot 10^{-3}}{60} = 26,7 \text{ кВт.}$$

3.1.4.2 Определяем потребляемую мощность насоса по формуле:

$$N_{потр} = \frac{N_{пол}}{\eta_n}, \quad (3.6)$$

где:  $N_{пол}$  – полезная мощность насоса, кВт;

$\eta_n$  – КПД насоса (принимаю  $\eta_n = 0,9$ ).

$$N_{потр} = \frac{26,7}{0,9} = 29,7 \text{ кВт.}$$

3.1.4.3 Определяем полезную мощность на валу гидромотора по формуле:

$$N_{пол} = M \cdot \omega, \quad (3.7)$$

где:  $M$  – крутящий момент на валу гидромотора, Н · м;

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		27

$\omega$  – угловая скорость на валу гидромотора, об/мин, определим по формуле:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}, \quad (3.8)$$

где:  $n$  – частота вращения выходного вала гидромотора (принимаю минимальной (по исходным данным),  $n = 1200$  об/мин).

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1200}{60} = 125,6 \frac{1}{с},$$

тогда:

$$N_{\text{пол}} = 160 \cdot 125,6 = 20,1 \text{ кВт.}$$

### 3.1.5 Расчёт КПД проектируемого гидропривода

#### 3.1.5.1 КПД гидропривода вычисляем по формуле:

$$\eta_{\text{гп}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{потр}}}, \quad (3.9)$$

где:  $N_{\text{пол}}$  – полезная мощность, кВт;

$N_{\text{потр}}$  – потребляемая мощность, кВт.

$$\eta_{\text{гп}} = \frac{20,1}{29,7} = 0,68.$$

3.1.5.2 Определяем общий КПД проектируемого гидропривода по формуле:

$$\eta = \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{гм}} \cdot \eta_{\text{г}}, \quad (3.10)$$

где:  $\eta_{\text{н}}$  – КПД насоса;

$\eta_{\text{гм}}$  – КПД гидромотора;

$\eta_{\text{г}}$  – КПД гидравлический, определим по формуле:

$$\eta_{\text{г}} = \frac{p_{\text{н}} - \Delta p}{p_{\text{н}}}, \quad (3.11)$$

где:  $p_{\text{н}}$  – номинальное давление насоса, Па;

$\Delta p$  – перепад давлений, Па.

$$\eta_{\text{г}} = \frac{20 \cdot 10^6 - 0,532 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} = 0,97,$$

тогда:

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		28



$$\eta = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 0,78.$$

### 3.2 Расчёт диаметров трубопроводов гидролиний

3.2.1 Передача рабочей жидкости в гидравлической системе осуществляется по трубопроводам - гидролиниям. С их помощью соединяются между собой все устройства, входящие в состав гидравлической системы. По функциональному назначению трубопроводы разделяются на всасывающие, напорные и сливные. Всасывающими трубопроводами являются те, которые связывают гидравлический бак и всасывающую полость насоса. Напорные трубопроводы обеспечивают передачу жидкости от насоса к гидравлическим потребителям энергии и работают под воздействием рабочих давлений в гидросистеме. Сливные трубопроводы обеспечивают отвод жидкости от гидравлических устройств в бак.

Целью расчетного определения диаметров трубопроводов гидролиний является минимизация гидравлических потерь – потерь давления рабочей жидкости на трение по длине трубопровода и на местных сопротивлениях. Как известно, потери давления пропорциональны квадрату скорости течения жидкости в трубопроводах. Для данного расхода жидкости тем больше диаметр трубы, тем меньше потери и наоборот. Однако, чем больше диаметр трубы, тем выше ее цена, больше масса и тем сложнее монтаж. Поэтому на практике при выборе диаметров труб исходят из некоторого компромисса между потерями давления и остальными факторами, в качестве которого приняты допустимые скорости течения жидкости в линиях гидропривода. Кроме этого, при выборе диаметра трубы во всасывающей линии необходимо иметь в виду, что давление на входе в насос должно быть достаточным для обеспечения его бескавитационной работы.

Ориентировочные значения скоростей, принятые в практике конструирования гидропривода, приведены в таблице 3.2 [6].

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 3.2 – Ориентировочные значения максимальных скоростей течения рабочей жидкости

Магистраль	Значение скорости $V$ течения рабочей жидкости
Всасывающая	$V_{\text{вс}} = 0,5 \dots 1,5$ м/с
Нагнетающая	$V_{\text{нагн}} = 5 \dots 6$ м/с
Сливная	$V_{\text{сл}} = 1,4 \dots 2,2$ м/с

### 3.2.2 Расчёт линии всасывания

3.2.2.1 Определяем площадь всасывающего трубопровода по формуле:

$$S_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{н}}}{V}, \quad (3.12)$$

где:  $Q_{\text{н}}$  – подача насоса, см<sup>3</sup>/мин;

$V$  – скорость течения рабочей жидкости, см/мин.

$$S_{\text{тр}} = \frac{80 \cdot 10^3}{150 \cdot 60} = 8,9 \text{ см}^2.$$

3.2.2.2 Определяем внутренний диаметр всасывающего трубопровода по формуле [6]:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\text{тр}}}{\pi}}, \quad (3.13)$$

где:  $S_{\text{тр}}$  – площадь трубопровода, см<sup>2</sup>.

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,9}{3,14}} = 33,7 \text{ мм.}$$

Выбираем всасывающий трубопровод по ГОСТ 8734-75 с внутренним диаметром  $d_{\text{тр}} = 34$  мм.

3.2.2.3 Определяем наружный диаметр всасывающего трубопровода по формуле:

$$D_{\text{тр}} = d_{\text{тр}} + 2 \cdot \delta_{\text{тр}}, \quad (3.14)$$

где:  $d_{\text{тр}}$  – внутренний диаметр всасывающего трубопровода, мм;

$\delta_{\text{тр}}$  – толщина стенки всасывающего трубопровода, мм.

Так как трубопровод линии всасывания не испытывает высокого давления (не более 0,2 МПа), то выбираем толщину стенки равную 1 мм.

Тогда:

$$D_{\text{тр}} = 34 + 2 \cdot 1 = 36 \text{ мм.}$$

Выбираем тонкостенную бесшовную трубу из Стали 20 по ГОСТ 8734 – 75:

$$\text{Труба } \frac{36 \times 1 \text{ ГОСТ 8734 – 75}}{\text{Б 20 ГОСТ 8733 – 74}}.$$

3.2.2.4 Определяем число Рейнольдса по формуле [8]:

$$Re = \frac{V \cdot d_{\text{тр}}}{\nu}, \quad (3.15)$$

где:  $V$  – скорость течения рабочей жидкости, м/с;

$d_{\text{тр}}$  – внутренний диаметр трубопровода, м;

$\nu$  – кинематическая вязкость рабочей жидкости, м<sup>2</sup>/с.

Для расчёта принимаю среднюю температуру рабочей жидкости 35<sup>0</sup>С, кинематическая вязкость  $\nu=25$  мм<sup>2</sup>/с.

Определяем скорость движения рабочей жидкости по формуле:

$$V = \frac{4 \cdot Q_{\text{н}}}{\pi \cdot d_{\text{тр}}^2}, \quad (3.16)$$

где:  $Q_{\text{н}}$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$d_{\text{тр}}$  – внутренний диаметр трубопровода, м.

$$V = \frac{4 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 34^2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 1,47 \text{ м/с.}$$

По формуле (3.15) определим число Рейнольдса:

$$Re = \frac{1,47 \cdot 34 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 2000.$$

Данное значение соответствует ламинарному течению рабочей жидкости.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		31

Определим зону расположения  $Re$  в графике Никурадзе по формулам:

$$Re_{гг} = 20 \cdot \frac{d_{тр}}{\Delta}; \quad (3.17)$$

$$Re_{кв} = 500 \cdot \frac{d_{тр}}{\Delta}, \quad (3.18)$$

где:  $d_{тр}$  – внутренний диаметр трубопровода, мм;

$\Delta$  - эквивалентная шероховатость ( $\Delta = 0,03$  мм (табл. 3.3)), мм.

$$Re_{гг} = 20 \cdot \frac{34}{0,03} = 22666;$$

$$Re_{кв} = 500 \cdot \frac{34}{0,03} = 566666.$$

### 3.2.3 Расчёт линии нагнетания

3.2.3.1 Определяем площадь нагнетающего трубопровода по формуле (3.12):

$$S_{тр} = \frac{80 \cdot 10^3}{600 \cdot 60} = 2,2 \text{ см}^2.$$

3.2.3.2 Определяем внутренний диаметр нагнетающего трубопровода по формуле (3.13):

$$d_{тр} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,2}{3,14}} = 16,7 \text{ мм.}$$

Выбираем нагнетающий трубопровод по ГОСТ 8734-75 с внутренним диаметром  $d_{тр} = 17,4$  мм.

3.2.3.3 Определяем наружный диаметр нагнетающего трубопровода.

Так как нагнетающий трубопровод находится под высоким давлением, толщину стенки выбираем 1,8 мм.

Наружный диаметр нагнетающего трубопровода рассчитываем по формуле (3.14):

$$D_{тр} = 17,4 + 2 \cdot 1,8 = 21 \text{ мм.}$$

Выбираем толстостенную бесшовную трубу из Стали 20 по ГОСТ 8734 – 75:

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		32

Труба  $\frac{21 \times 1,8 \text{ ГОСТ } 8734 - 75}{\text{Б } 20 \text{ ГОСТ } 8733 - 74}$ .

3.2.3.4 Определяем скорость движения рабочей жидкости по формуле (3.16):

$$V = \frac{4 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 17,4^2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 5,6 \text{ м/с.}$$

Определяем число Рейнольдса по формуле (3.15):

$$Re = \frac{5,6 \cdot 17,4 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 3900.$$

Данное значение соответствует турбулентному течению рабочей жидкости.

Определим зону расположения  $Re$  в графике Никурадзе по формулам (3.17; 3.18):

$$Re_{\text{гл}} = 20 \cdot \frac{17,4}{0,03} = 11600;$$
$$Re_{\text{кв}} = 500 \cdot \frac{17,4}{0,03} = 290000.$$

### 3.2.4 Расчёт линии слива

3.2.4.1 Определяем площадь сливного трубопровода по формуле (3.12):

$$S_{\text{тр}} = \frac{80 \cdot 10^3}{180 \cdot 60} = 7,4 \text{ см}^2.$$

3.2.4.2 Определяем внутренний диаметр сливного трубопровода по формуле (3.13):

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,4}{3,14}} = 30,7 \text{ мм.}$$

Выбираем сливной трубопровод по ГОСТ 8734-75 с внутренним диаметром  $d_{\text{тр}} = 32$  мм.

3.2.4.3 Определяем наружный диаметр сливного трубопровода.

Так как в сливном трубопроводе давление не превышает 0,2 МПа, толщину стенки выбираем 1 мм.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		33

Наружный диаметр сливного трубопровода рассчитываем по формуле (3.14):

$$D_{\text{тр}} = 32 + 2 \cdot 1 = 34 \text{ мм.}$$

Выбираем тонкостенную бесшовную трубу из Стали 20 по ГОСТ 8734 – 75:

$$\text{Труба } \frac{34 \times 1 \text{ ГОСТ 8734 – 75}}{\text{Б 20 ГОСТ 8733 – 74}}.$$

3.2.4.4 Определяем скорость движения рабочей жидкости по формуле (3.16):

$$V = \frac{4 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 32^2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 1,66 \text{ м/с.}$$

Определяем число Рейнольдса по формуле (3.15):

$$Re = \frac{1,66 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 2100.$$

Данное значение соответствует ламинарному течению рабочей жидкости.

Определим зону расположения  $Re$  в графике Никурадзе по формулам (3.17; 3.18):

$$Re_{\text{гл}} = 20 \cdot \frac{32}{0,03} = 21333;$$

$$Re_{\text{кв}} = 500 \cdot \frac{32}{0,03} = 533333.$$

### 3.3 Расчёт потерь давления в гидросистеме

3.3.1 Движение вязкой жидкости сопровождается потерями напора (давления), обусловленными гидравлическими сопротивлениями. Определение потерь напора (давления) является одним из главных вопросов практически любого гидравлического расчёта. Различают два вида потерь напора (давления) – потери на трение по длине, зависящие в общем случае от длины и размеров поперечного сечения трубопровода, его шероховатости, вязкости жидкости, скорости течения; и потери в местных сопротивлениях –

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		34

коротких участках трубопроводов, в которых происходит изменение скорости по величине или по направлению.

Потери давления не должны превышать 6% от номинального рабочего давления.

Потерями во всасывающем трубопроводе пренебрегаем.

3.3.2 Давление за насосом определяется, как сумма потерь на местных сопротивлениях и потерь на трение по длине трубопроводов по формуле:

$$p_n = p_{гм} + \Delta p_{нап} + \Delta p_{сл}, \quad (3.19)$$

где:  $p_{гм}$  – давление для преодоления силы нагрузки (20 МПа);

$\Delta p_{нап}$  – потери в напорном трубопроводе;

$\Delta p_{сл}$  – потери в сливном трубопроводе.

3.3.2.1 При движении жидкости в круглых трубах постоянного сечения потери давления на трение по длине трубопровода определяются по формуле:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \cdot \frac{l_1 + l_2 + l_3}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (3.20)$$

где:  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения по длине (коэффициент Дарси);

$l_1, l_2, l_3$  – длина трубопровода ( от Н до ГР – 2м; от ГР до ГМ – 1,5м; от ГМ до Б – 4м), м;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода, мм;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости (масло ВМГЗ –  $\rho = 865 \text{ кг/м}^3$ ),  $\text{кг/м}^3$ ;

$v$  – скорость течения рабочей жидкости, м/с.

Для ламинарного режима движения жидкости в круглой трубе коэффициент  $\lambda$  определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (3.21)$$

При турбулентном режиме движения рабочей жидкости коэффициент  $\lambda$  зависит в общем случае от числа Рейнольдса ( $Re$ ) и определяется по универсальной формуле Альштуля:

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.22)$$

где:  $\Delta/d$  – относительная шероховатость, мм;

$\Delta$  - эквивалентная шероховатость, мм.

Средние значения эквивалентной шероховатости труб приведены в таблице 3.3 [8].

Таблица 3.3 – Среднее значение эквивалентной шероховатости

Вид трубы	Состояние трубы	$\Delta$ , мм
Бесшовная стальная	Новая и чистая	0,03
	После нескольких лет эксплуатации	0,2
Стальная сварная	Новая и чистая	0,05
	Умеренно заржавленная	0,5

3.3.2.2 Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле Вейсбаха:

$$h_m = \zeta \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (3.23)$$

где:  $\zeta$  – коэффициент местного сопротивления;

$V$  – скорость течения рабочей жидкости, м/с.

3.3.3 Произведём расчёт потерь давления в напорном трубопроводе по формуле:

$$\Delta p_{\text{нап}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_m + \Delta p_{\text{га}}, \quad (3.24)$$

где:  $\Delta p_m$  – механические потери (составляют 20% от потерь на трение);

$\Delta p_{\text{га}}$  – потери на гидроаппаратуре (составляют  $4 \cdot 10^5$  Па);

$\Delta p_{\text{тр}}$  – потери давления на трение по длине трубопровода  $l_1$  и  $l_2$ , определим по формуле (3.20).



Для этого вычисляем коэффициент Дарси (для турбулентного движение рабочей жидкости) по формуле (3.22):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{0,03}{17,4} + \frac{68}{3900} \right)^{0,25} = 0,041,$$

тогда:

$$\Delta p_{\text{тр}} = 0,041 \cdot \frac{2 + 1,5}{0,0174} \cdot \frac{865 \cdot 5,6^2}{2} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

По формуле (3.24) определяем потери давления в напорном трубопроводе:

$$\Delta p_{\text{нап}} = 1,1 + 0,2 \cdot 1,1 + 4 = 5,32 \text{ атм.}$$

3.3.4 Произведём расчёт потерь давления в сливном трубопроводе по формуле:

$$\Delta p_{\text{сл}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{мо}} + \Delta p_{\text{ф}}, \quad (3.25)$$

где:  $\Delta p_{\text{м}}$  - механические потери (составляют 20% от потерь на трение);

$\Delta p_{\text{тр}}$  - потери давления на трение по длине трубопровода  $l_3$ , м;

$\Delta p_{\text{мо}}$  – потери давления в маслоохладителе;

$\Delta p_{\text{ф}}$  – потери давления в сливном фильтре.

Определяем потери давления на трение по длине трубопровода  $l_3$  по формуле (3.20).

Для этого вычисляем коэффициент Дарси (для ламинарного движения рабочей жидкости) по формуле (3.21):

$$\lambda = \frac{64}{2100} = 0,03,$$

тогда:

$$\Delta p_{\text{тр}} = 0,03 \cdot \frac{4}{0,032} \cdot \frac{865 \cdot 1,66^2}{2} = 0,04 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Определяем потери давления в маслоохладителе и сливном фильтре по формуле Вейсбаха (потери в местных сопротивлениях) по формуле (3.23).

Определим потери давления в маслоохладителе ( $\zeta_{\text{мо}} = 9$ ):

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$\Delta p_{\text{мо}} = 865 \cdot 9 \cdot \frac{1,66^2}{2} = 0,1 \text{ атм.}$$

Определим потери давления в сливном фильтре ( $\zeta_{\text{ф}} = 8$ ):

$$\Delta p_{\text{ф}} = 865 \cdot 8 \cdot \frac{1,66^2}{2} = 0,09 \text{ атм.}$$

По формуле (3.25) определяем потери давления в сливном трубопроводе:

$$\Delta p_{\text{сл}} = 0,04 + 0,2 \cdot 0,03 + 0,1 + 0,09 = 0,236 \text{ атм.}$$

3.3.5 По формуле (3.19) определим давление, создаваемое насосом:

$$p_{\text{н}} = 200 + 5,32 + 0,236 = 205,556 \text{ атм.}$$

Суммарные потери давления в гидросистеме составляют 2,8%.

### 3.4 Расчёт тепловой гидропривода

3.4.1 Надёжная и эффективная работа гидропривода возможна в условиях оптимальной температуры рабочей жидкости, обеспечивающая постоянство рабочих характеристик. Повышение температуры рабочей жидкости влечёт за собой увеличение утечек, объёмных потерь, нарушаются условия смазки, повышается износ деталей, в рабочей жидкости активируются процессы окисления и выделения смолистых осадков, ускоряющих облитерацию проходных сечений каналов и дроссельных щелей.

Основной причиной нагрева является наличие гидравлических сопротивлений в системах гидропривода. Дополнительной причиной являются объёмные и гидромеханические потери, характеризующиеся объёмным и механическим КПД.

3.4.2 Определим потери мощности в гидроприводе, переходящие в тепло по формуле:

$$\Delta N_{\text{пот}} = \Delta N_{\text{т}} = (1 - \eta_{\text{гп}}) \cdot N_{\text{потр}}, \quad (3.26)$$

где:  $\Delta N_{\text{т}}$  – мощность, переходящая в тепло, кВт;

$N_{\text{потр}}$  – потребляемая мощность, кВт;

$\eta_{\text{гп}}$  - КПД гидропривода.

$$\Delta N_{\text{т}} = (1 - 0,68) \cdot 29,7 = 9,6 \text{ кВт.}$$

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		38

3.4.3 Определяем условие приемлемости теплового режима в гидроприводе по формуле:

$$\Delta T_{уст} \leq \Delta T_{доп} = T_{Мmax} - T_{0max}, \quad (3.27)$$

где:  $\Delta T_{уст}$  – перепад температур между рабочей жидкостью и окружающей средой в установившемся режиме;

$\Delta T_{доп}$  – максимально допустимый перепад температур между рабочей жидкостью и окружающей средой;

$\Delta T_{Мmax}$  – максимально допустимая температура рабочей жидкости (60 °С);

$\Delta T_{0max}$  – максимальная температура окружающей среды (по исходным данным  $\Delta T_{0max} = 40$  °С).

$$\Delta T_{уст} \leq \Delta T_{доп} = 60 - 40 = 20 \text{ °С.}$$

3.4.4 Рассчитываем площадь и объём рабочей жидкости гидробака

3.4.4.1 Определяем площадь поверхности теплообмена, необходимую для поддержания перепада температур по формуле:

$$S = \frac{\Delta N_T}{\Delta T \cdot K_{тп}}, \quad (3.28)$$

где:  $\Delta N_T$  – мощность, переходящая в тепло, кВт;

$\Delta T$  – перепад температур в установившемся режиме, °С;

$K_{тп}$  - коэффициент естественной циркуляции (теплопередачи) (30 Вт/м<sup>2</sup> · °С).

$$S = \frac{9600}{20 \cdot 30} = 16 \text{ м}^2.$$

Из результатов расчёта видно, что площадь поверхности теплообмена слишком велика, соответственно мощности теплопередачи при естественной конвекции для обеспечения допустимой температуры рабочей жидкости 60 °С существенно недостаточно. Для рассеивания мощности нагрева рабочей жидкости требуется маслоохладитель.

Мощность маслоохладителя определим по формуле:

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$N_{\text{то}} = \Delta N_{\text{T}} - N_{\text{тп}}, \quad (3.29)$$

где:  $\Delta N_{\text{T}}$  – мощность, переходящая в тепло, кВт;

$N_{\text{тп}}$  – мощность теплоотдачи в окружающую среду через стенки элементов гидропривода, кВт (исходя из конструктивных соображений,  $N_{\text{тп}} = 1,2$  кВт).

$$N_{\text{то}} = 9,6 - 1,2 = 8,4 \text{ кВт.}$$

По формуле (3.28), пересчитаем площадь поверхности теплообмена, используя новые параметры:

$$S = \frac{1200}{20 \cdot 30} = 2 \text{ м}^2.$$

3.4.4.2 Определяем площадь поверхности теплообмена трубопроводов по формуле:

$$S_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot l_{\text{н}} + \pi \cdot d_{\text{сл}} \cdot l_{\text{сл}}, \quad (3.30)$$

где:  $d_{\text{н}}$  – внутренний диаметр напорного трубопровода, м;

$l_{\text{н}}$  – длина напорного трубопровода, м;

$d_{\text{сл}}$  – внутренний диаметр сливного трубопровода, м;

$l_{\text{сл}}$  – длина сливного трубопровода, м.

$$S_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,0174 \cdot 3,5 + 3,14 \cdot 0,032 \cdot 4 = 0,6 \text{ м}^2.$$

3.4.4.3 Определяем площадь гидробака по формуле:

$$S_{\text{б}} = S - S_{\text{тр}}, \quad (3.31)$$

где:  $S$  – площадь поверхности теплообмена, необходимая для поддержания перепада температур,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{тр}}$  – площадь поверхности теплообмена трубопроводов,  $\text{м}^2$ .

$$S_{\text{б}} = 2 - 0,6 = 1,4 \text{ м}^2.$$

3.4.4.4 Определяем объём рабочей жидкости гидробака по формуле:

$$S_{\text{б}} = 6,7 \cdot V_{\text{б}}^{\frac{2}{3}} \Rightarrow V_{\text{б}} = \left( \frac{S_{\text{б}}}{6,7} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (3.32)$$

где:  $S_{\text{б}}$  – площадь гидробака,  $\text{м}^2$ .

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$V_6 = \left(\frac{1,4}{6,7}\right)^{1,5} = 0,095 \text{ м}^3 = 95 \text{ л.}$$

3.4.4.5 Объем рабочей жидкости гидробака округляем до стандартного значения в большую сторону по ГОСТ 12448-80. Принимаю объем рабочей жидкости гидробака равным  $V_6 = 100$  л.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		41

## 4 ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ ГИДРОПРИВОДА

### 4.1 Выбор регулируемых насоса и гидромотора

#### 4.1.1 Выбор насоса

Исходя из исходных и найденных параметров  $V_o$ ,  $Q_n$ ,  $p_n$ ,  $n$ , для проектируемого гидропривода выбираю регулируемый аксиально-поршневой насос типа 313.80. Главными преимуществами насоса типа 313.80 являются его компактность, небольшой вес, широкий диапазон изменения рабочего объёма, различные виды регулирования и управления, имеет большую мощность и выдерживает высокие давления. Основные параметры регулируемого насоса типа 313.80 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Основные параметры аксиально-поршневого насоса типа 313.80

Параметр	Значение
Рабочий объём, см <sup>3</sup>	80
Частота вращения вала, об/мин (с <sup>-1</sup> ):	
- минимальная	400 (6,7)
- номинальная	1500 (25)
- максимальная	3350 (55,8)
Давление на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):	
- минимальное	0,08 (0,8)
- максимальное	0,2 (2)
Давление на выходе МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):	
- номинальное	20 (200)
- максимальное	40 (400)
Давление устойчивой работы регулятора, минимальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	3 (30)
Номинальная потребляемая мощность, кВт	41
Подача, л/мин (дм <sup>3</sup> /с)	114 (1,9)
Коэффициент подачи, %	0,95

Продолжение таблицы 4.1

Параметр	Значение
КПД полный, %	0,9
Масса (без рабочей жидкости), кг	38

Аксиально-поршневой насос типа 313.80 имеет широкий диапазон изменения рабочего объема. В исходном состоянии рабочий объем может быть как максимальным, так и минимальным. Управление может быть позитивным или негативным. Позитивное управление увеличивает рабочий объем, а негативное управление уменьшает рабочий объем. Изменение рабочего объема вызывает изменение подачи и потребляемого (приводного) момента.

Ограничение минимального и максимального рабочих объемов производится регулировочными винтами. При перемещении поршня регулятора, связанного с качающим узлом, происходит изменение угла наклона блока цилиндров и, тем самым, изменяется рабочий объем.

Полость цилиндра меньшего диаметра поршня регулятора постоянно соединена с каналом высокого давления. Рабочая жидкость через отверстия в поршне и пальце поступает на распределительный поясок золотника. 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.

В нейтральном положении золотник обеспечивает равновесие сил, действующих на поршень регулятора. Детали, входящие в крышку насоса, меняют соотношение моментов на рычаге и положение золотника относительно пальца. Смещение золотника от нейтрального положения вправо или влево вызывает изменение давления в полости большего диаметра поршня и смещение последнего.

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.

Давление в гидросистеме, действуя через поршни и шатуны на вал насоса, создает тангенциальную и осевую нагрузки, которые воспринимаются подшипниками.

Подача определяется частотой вращения вала насоса, а также собственным рабочим объемом насоса.

Аксиально-поршневой регулируемый насос типа 313.80 изготавливает ОАО «Пневмостроймашина» в городе Екатеринбург.

Аксиально-поршневой насос типа 313.80 изображён на рисунке 4.1.

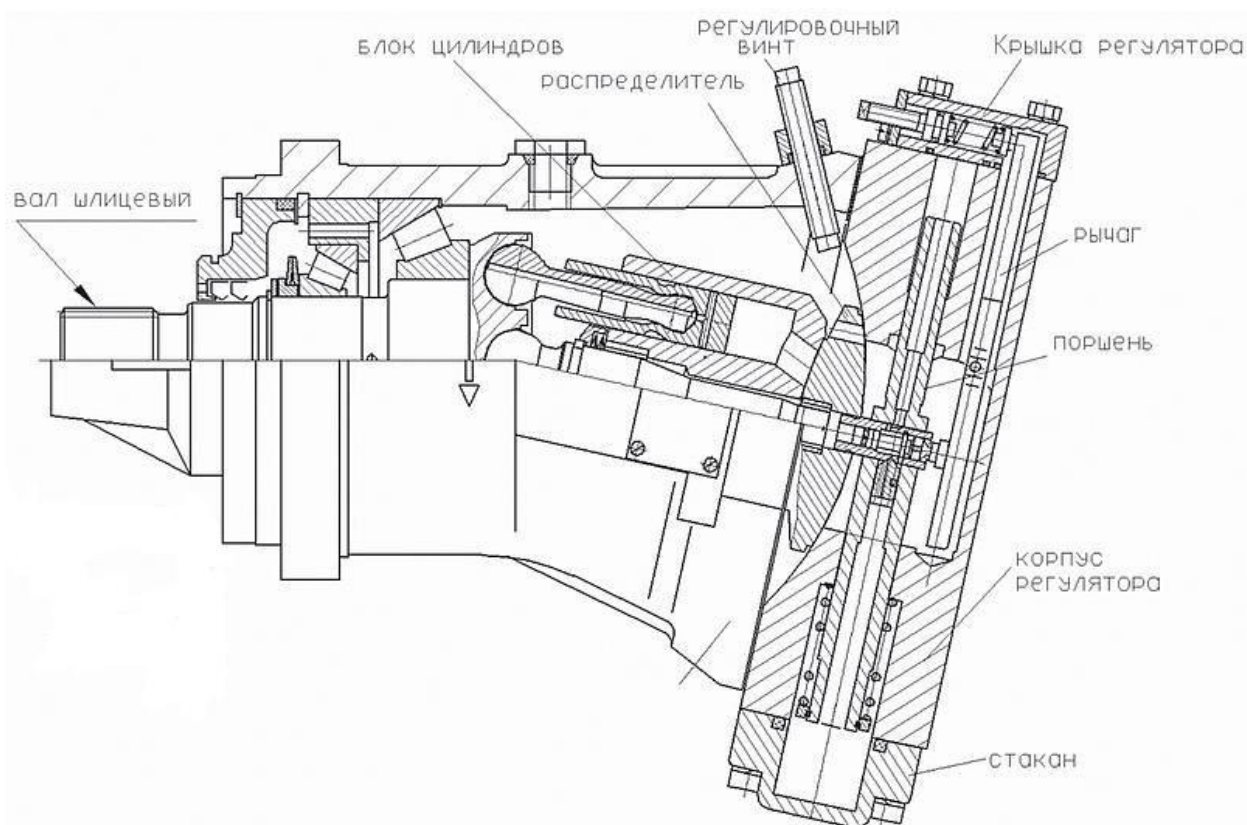


Рисунок 4.1 – Регулируемый аксиально-поршневой насос типа 313.80

#### 4.1.2 Выбор гидромотора

Для проектируемого гидропривода исходя из найденных и исходных параметров  $M_{ГМ}$ ,  $V_0$ ,  $p_H$ ,  $n$ , выбираю регулируемый аксиально-поршневой

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		44



гидромотор типа 313.56. Гидромотор типа 313.56 обладает широким диапазоном рабочего объёма, различными видами регулирования и управления, имеет небольшой вес и компактные габариты, имеет возможность работы с большими оборотами, удобен в монтаже и обслуживании. Основные параметры регулируемого гидромотора типа 313.56 приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные параметры аксиально-поршневого гидромотора типа 313.56

Параметр	Значение
Рабочий объём, см <sup>3</sup>	56
Частота вращения вала, об/мин.:	
- номинальная	1500
- максимальная	3750
Давление на входе, МПа:	
- номинальное	20
- максимальное	35
Давление на выходе, МПа	20
Перепад давления (номинальный), МПа	20
Номинальный расход, л/мин	106
Крутящий момент на валу (номинальный), Н · м	168
Номинальная мощность (эффективная), кВт	32
КПД гидромеханический, %	0,95
КПД полный, %	0,9
Масса (без рабочей жидкости), кг	22

Аксиально-поршневой гидромотор типа 313.56 функционально состоит из двух узлов: качающего узла и регулятора.

Качающий узел включает в себя вал, установленный в корпусе на подшипниках, и блок цилиндров. Со стороны конца вала гидромотор закрывается крышкой, уплотнённой резиновым кольцом и манжетой. Фланец вала через сферические головки шатунов соединён с поршнями и шипом.

Поршни воспринимают давление рабочей жидкости и через шатун передают усилие на сферический шарнир, сила в шарнире раскладывается на осевую и тангенциальную составляющие. Осевая нагрузка воспринимается радиально-упорными шариковыми и коническими подшипниками, а тангенциальная создаёт крутящий момент на валу гидромотора.

Блок цилиндров по сферической поверхности контактирует с распределителем, который противоположной стороной прилегает к опорной поверхности корпуса регулятора.

Регулятор предназначен для изменения рабочего объёма гидромотора за счёт изменения угла наклона блока цилиндров.

Величина момента на валу гидромотора прямо - пропорциональна рабочему объёму гидромотора и перепаду давления и ограничивается предохранительным клапаном.

Частота вращения прямо - пропорциональна количеству подводимой рабочей жидкости и обратно – пропорциональна рабочему объёму.

Регулируемый аксиально-поршневой гидромотор типа 313.56 изготавливает ОАО «Пневмостроймашина» в городе Екатеринбург.

Аксиально-поршневой гидромотор типа 313.56 изображён на рисунке 4.2.

## 4.2 Выбор гидроаппаратуры

### 4.2.1 Выбор гидрораспределителя

4.2.1.1 Гидрораспределитель предназначен для управления пуском, остановкой и направлением движения потока рабочей жидкости.

4.2.1.2 Исходя из найденных параметров ( $p_n = 20$  МПа;  $Q = 80$  л/мин) выбираю гидрораспределитель типа ВЕХ16.574А.Г24 по ТУ 4144-001-93294141-2012 с электрогидравлическим управлением, золотникового типа, двухпозиционный, четырёх – линейный (схема 574А), с пружинным возвратом золотника. Поставщик – ООО «Стройтехника», г. Миасс.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		46

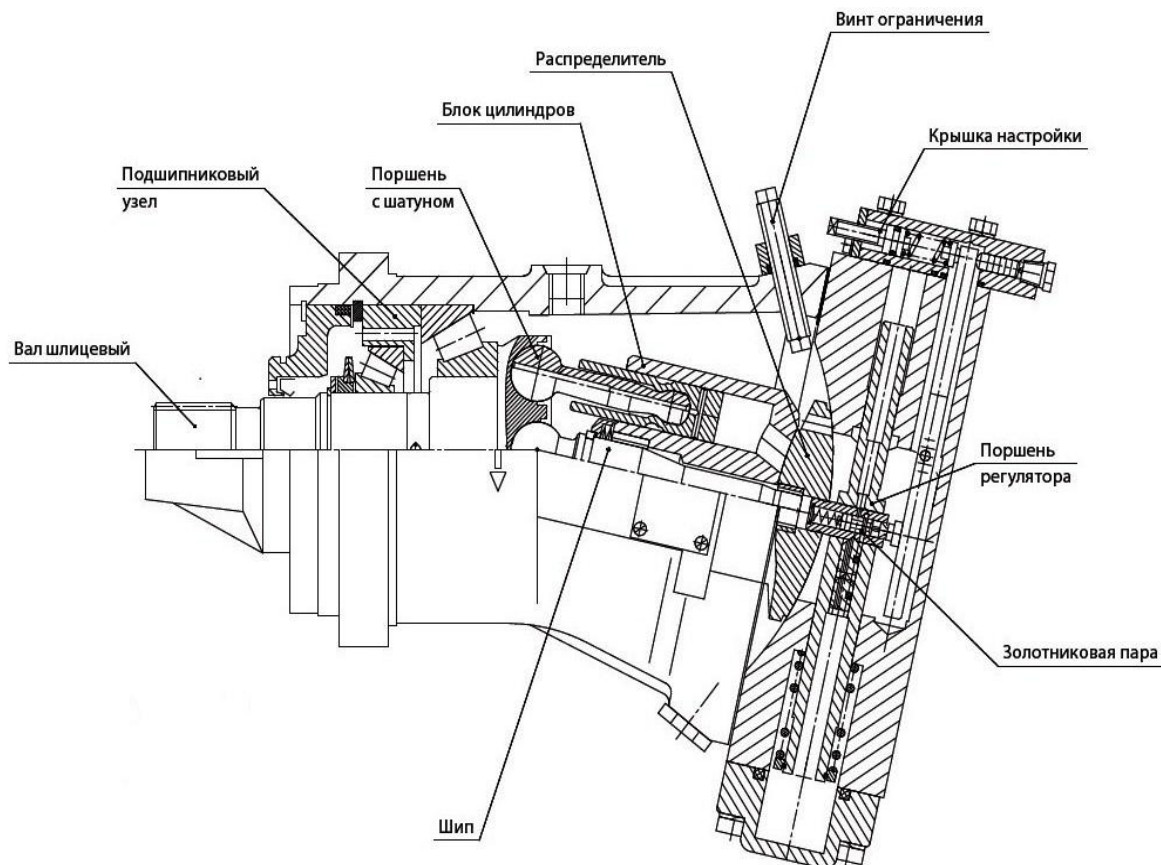


Рисунок 4.2 - Регулируемый аксиально-поршневой гидромотор типа 313.56

Гидрораспределитель ВЕХ16.574А.Г24 с электрогидравлическим управлением обеспечивает автоматическое, дистанционное управление включением/выключением гидромотора (центробежного насоса подачи ПО). На гидрораспределителе установлены 2 электромагнита с напряжением 24 В постоянного тока.

При подаче напряжения на электромагнит гидромотор должен включаться, при обесточенном электромагните гидромотор должен выключаться.

Основные характеристики гидрораспределителя ВЕХ16.574А.Г24 приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Характеристики гидрораспределителя ВЕХ16.574А.Г24

Параметр	Значение
Условный проход, мм	16
Давление на входе (номинальное), МПа	25

Продолжение таблицы 4.3

Параметр	Значение
Давление управления, макс/мин МПа	25/1
Расход рабочей жидкости, л/мин:	
- номинальный	80
- максимальный	125
Схема распределения потока рабочей жидкости	574
Количество магнитов	2
Способ установки золотника пилота	пруж. возврат
Управляющее напряжение, В	24
Масса, кг	9,3

Гидрораспределитель ВЕХ16.574А.Г24 изображён на рисунке 4.3.

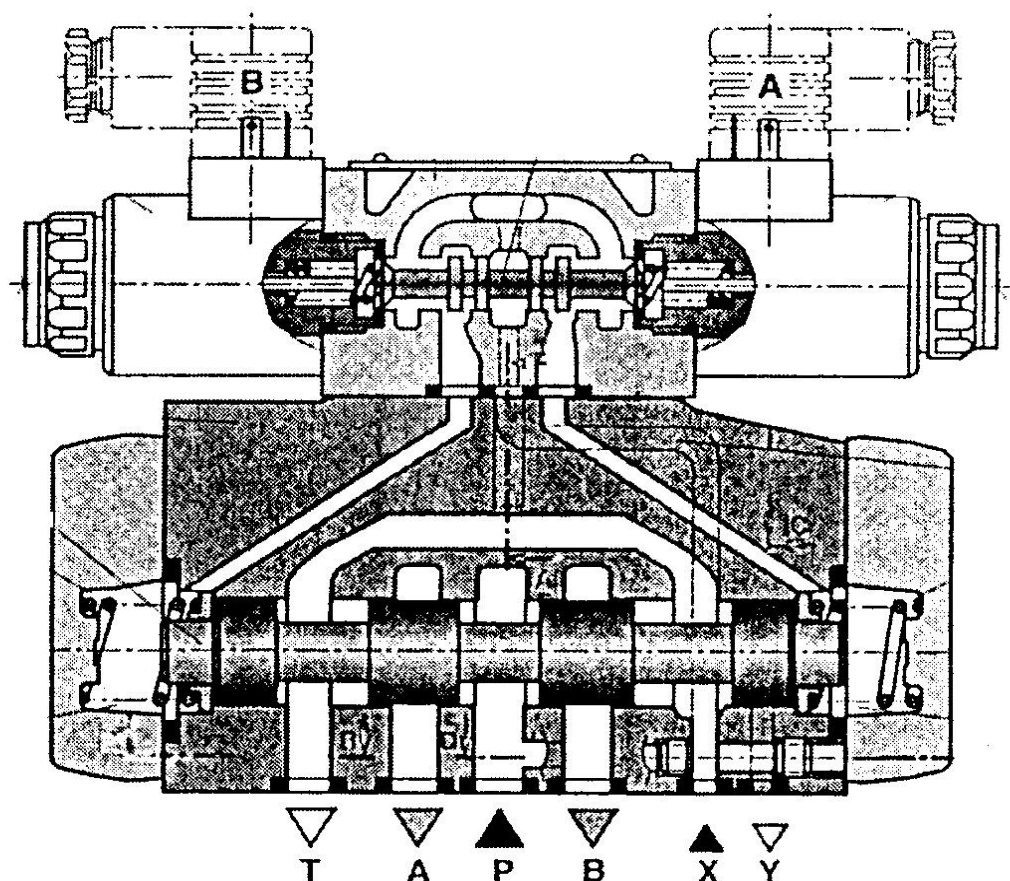


Рисунок 4.3 – Гидрораспределитель ВЕХ16.574А.Г24 с электрогидравлическим управлением

#### 4.2.2 Выбор предохранительного клапана

4.2.2.1 Предохранительный клапан предназначен для предохранения гидросистемы от перегрузок, поддержания рабочего давления в требуемых пределах и сброса давления в особых (аварийных) ситуациях.

4.2.2.2 Исходя из найденных параметров ( $p_n = 20$  МПа;  $Q = 80$  л/мин) выбираю предохранительный клапан прямого действия, корпусного исполнения типа У462.827.3 по ТУ 4144-014-00239882-2007. Изготовитель и поставщик – ОАО «Пневмостроймашина», г.Екатеринбург.

Предохранительный клапан типа У462.827.3 настраивается при номинальном расходе рабочей жидкости. Открытие клапана начинается при давлении  $\geq 0,75$  величины давления настройки.

Основные характеристики предохранительного клапана У462.827.3 приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Основные характеристики предохранительного клапана прямого действия типа У462.827.3

Параметр	Значение
Условный проход, мм	25
Расход рабочей жидкости, л/мин:	
- минимальный	5
- номинальный	250
- максимальный	400
Внутренняя герметичность при давлении $<0,75$ от давления настройки, см <sup>3</sup> /мин	0
Изменение давления настройки при изменении	
- минимальное	5-10
- номинальное	10-35
Масса, кг	4,1

Предохранительный клапан У462.827.3 изображён на рисунке 4.4.

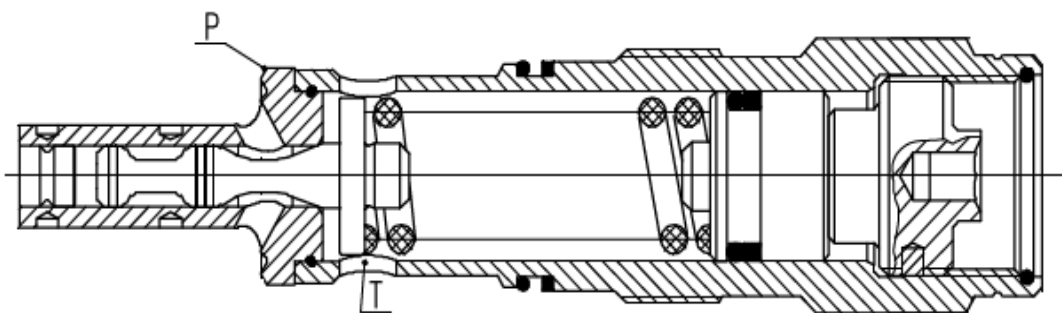


Рисунок 4.4 – Предохранительный клапан прямого действия типа У462.827.3

#### 4.2.3 Выбор маслоохладителя

4.2.3.1 Маслоохладитель предназначен для охлаждения рабочей жидкости в гидросистеме. В качестве охлаждающей жидкости используется вода, так как в проектируемом гидроприводе центробежного насоса подачи ПО пожарной машины АЦ-100 при работе гидропривода имеется поток холодной воды.

4.2.3.2 Исходя из расчётных параметров ( $N_{то}$ ;  $Q$ ;  $p_n$ ) выбираю водяной маслоохладитель МО – 2,5. Поставщик – ООО «Стройтехника», г. Миасс.

Основные параметры маслоохладителя МО – 2,5 приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Основные параметры водяного маслоохладителя МО – 2,5

Параметр	Значение
Количество тепла, отводимое маслоохладителем, при перепаде температур масла и воды на входе $35^{\circ}\text{C}$ (рассеиваемая мощность), кВт	23,3
Давление на входе, не более, МПа	0,8
Номинальный расход теплоносителя, л/мин	100
Перепад давлений на маслоохладителе при номинальных расходах теплоносителей, МПа	0,1
Масса, кг	60

Маслоохладитель МО – 2,5 изображён на рисунке 4.5.

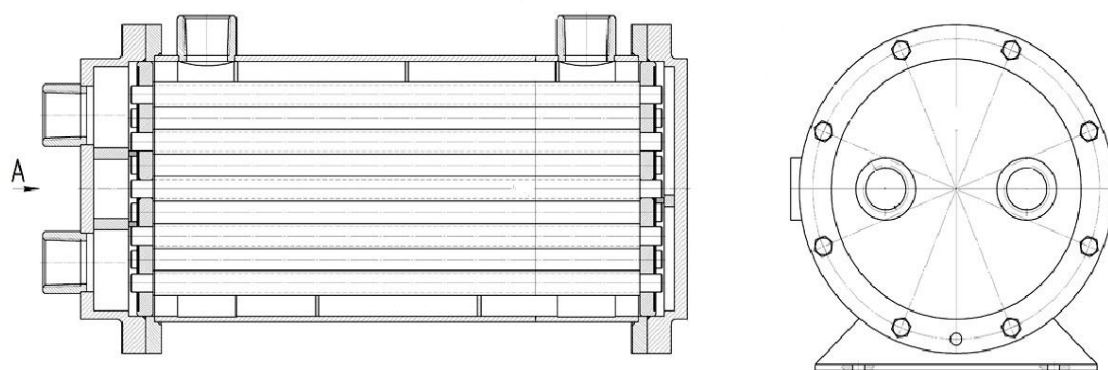


Рисунок 4.5 – Водяной маслоохладитель МО – 2,5

#### 4.2.4 Выбор фильтра

4.2.4.1 Рабочая жидкость в гидросистеме постоянно загрязняется твердыми частицами, которые попадают вместе с жидкостью в насос, гидродвигатель и гидроаппаратуру. Это существенно снижает срок службы гидропривода в целом. Для очистки от твердых частиц (загрязнений), масло проходит через фильтр. Фильтра подразделяются по форме отверстий в фильтрующем элементе на щелевые, сетчатые и пористые. В гидроприводе применяются фильтра с сетчатыми и бумажными фильтрующими элементами, которые обеспечивают нормальную тонкость очистки.

4.2.4.2 Исходя из найденных параметров ( $p_n$ ;  $Q$ ) выбираю фильтр сливной серии FMM/HL - 25 по ГОСТ 17216. Производитель «RG-Group» г. Москва. Фильтр FMM/HL – 25 состоит из неорганического микрофильтра с тонкостью фильтрации 25мкм. Основные параметры фильтра FMM/HL - 25 приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Основные параметры фильтра FMM/HL - 25

Параметр	Значение
Условный проход, мм	16
Номинальный расход рабочей жидкости, л/мин	110
Тонкость фильтрации, мкм	25

Продолжение таблицы 4.6

Параметр	Значение
Рабочая температура, °С:	
- минимальная	-25
- максимальная	+110
Материал корпуса	сталь
Максимальное рабочее давление, МПа	1,2
Масса, кг	1,9

Фильтр FMM/HL – 25 изображён на рисунке 4.6.

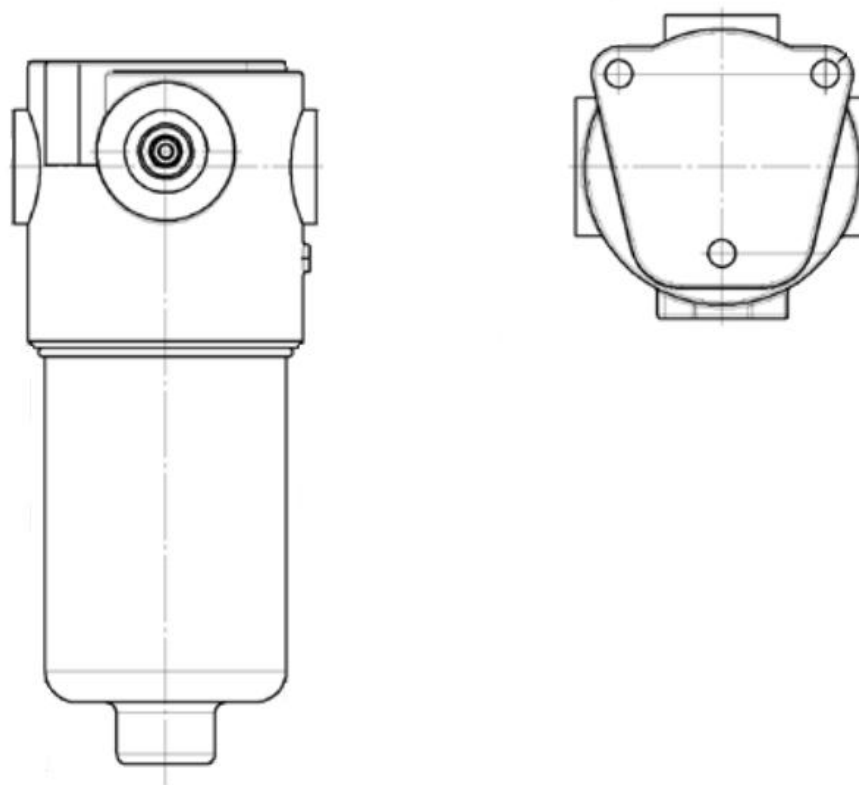


Рисунок 4.6 – Фильтр сливной серии FMM/HL – 25

4.2.4.3 В качестве заправочного фильтра выбираю фильтр сетчатый ВС 42–52 с толщиной фильтрации 160 мкм. Основные параметры фильтра ВС 42–52 приведены в таблице 4.7.



Таблица 4.7 – Основные параметры заправочного фильтра ВС 42-52

Параметр	Значение
Условный проход, мм	16
Номинальный расход рабочей жидкости, л/мин	32
Тонкость фильтрации, мкм	160
Масса, кг	1,1

Фильтр ВС 42-52 изображён на рисунке 4.7.

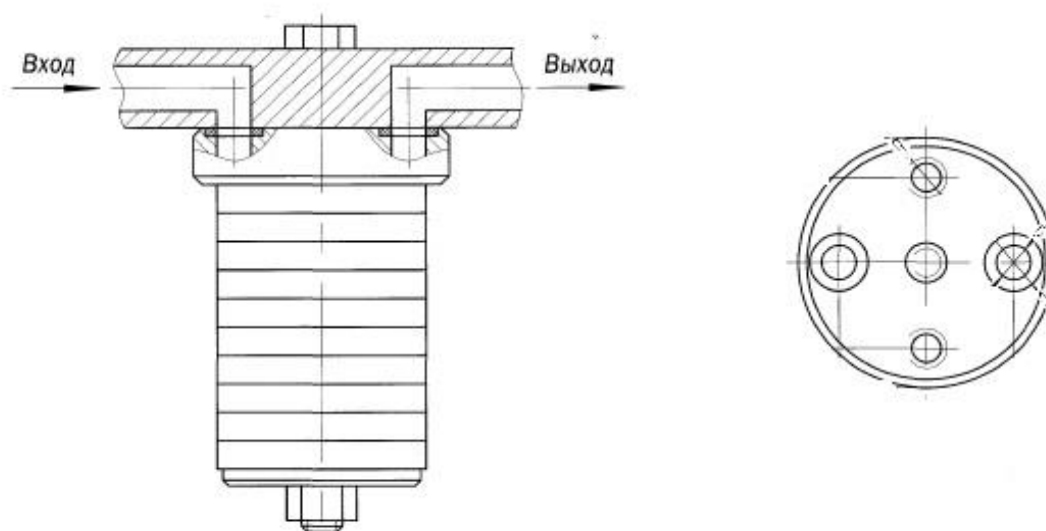


Рисунок 4.7 – Заправочный фильтр ВС 42-52

### 4.3 Выбор рабочей жидкости

4.3.1 Одним из основных элементов объёмного гидропривода является рабочая жидкость, с помощью которой передается энергия от ведущего звена к ведомому.

При работе гидропривода рабочая жидкость смазывает пары трения, а также предохраняет внутренние поверхности деталей гидросистемы от перегрева и коррозии. В процессе эксплуатации гидропривода изменяются такие параметры рабочей жидкости, как температура, давление, содержание примесей. Эти факторы необходимо учитывать при выборе рабочей жидкости,

которая должна обеспечивать устойчивую работу всего гидропривода при поддержании энергетических показателей на предусмотренном уровне.

4.3.2 Исходя из возможной эксплуатации пожарной машины АЦ-100 при температуре окружающей среды от минус 25 до 40°С в качестве рабочей жидкости гидропривода выбираю масло минеральное гидравлическое всесезонное ВМГЗ по ТУ 38.101479-86 с допустимой температурой эксплуатации от - 60 до 50°С.

Всесезонное масло ВМГЗ используется в системах гидроуправления и гидропривода подъёмно-транспортной, дорожной, строительной и другой технике. Оно обеспечивает надёжную эксплуатацию машин, обеспечивает легкий пуск гидропривода при низких температурах и без предварительного прогрева.

Гидравлическое масло ВМГЗ проявляет отличные смазочные свойства, почти не вспенивается, это важное свойство помогает избегать потерь масла во время работы. Также данный продукт устойчив к образованию осадков, что положительно сказывается на долговечности механизмов; имеет высокие антикоррозийные свойства; и самое важное качество масла ВМГЗ – возможность круглогодичного применения без сезонной замены, и запуска механизмов без предварительного прогрева масла.

Основные характеристики масла ВМГЗ приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Основные характеристики всесезонного гидравлического масла ВМГЗ

Параметр	Значение
Цветовой оттенок	тёмно-янтарн.
Механические примеси, %	отсутствуют
Содержание воды, %	отсутствует
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с:	
- при 50°С, не менее	10
- при -40°С, не более	1500

Продолжение таблицы 4.8

Параметр	Значение
Индекс вязкости, не менее	160
Плотность, при $t 20^{\circ}\text{C}$ , $\text{кг/м}^3$	865
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	-60
Вспышки в открытом тигле, не ниже, $^{\circ}\text{C}$	135
Максимальная зольность, %	0,15
Массовая доля осадков после окисления, не более, %	0,05
Коррозия металлов	выдерживает

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Организационно-правовые основы охраны труда

5.1.1 Отличительной особенностью профессиональной деятельности пожарных является то, что она осуществляется в трёх различных сферах.

Во-первых, пожарные в стационарных условиях пожарных частей обеспечивают и поддерживают техническую готовность пожарных машин. Для этого они осуществляют техническое их обслуживание и ремонт.

Во-вторых, они – участники транспортно-уличных потоков с преимущественным правом движения. Необходимость следования на пожар с высокими скоростями пожарные машины и их боевые расчеты могут являться принципиально опасными в возникновении дорожно-транспортных происшествий.

В-третьих, они используют пожарную технику в нестандартной и непредсказуемой обстановке, подвергаясь всем опасным факторам пожара.

Эти сферы деятельности пожарных могут являться источниками разного уровня опасности для них. Так, установлено, что во всех указанных выше сферах деятельности пожарных повышенный риск гибели. Естественно, что наибольшее количество погибающих имеет место на пожарах и в дорожно-транспортных происшествиях.

Профессия пожарных не только трудна, но и является одной из самых опасных. По данным США почти 40000 случаев смерти пожарных 42% произошло вследствие сосудиисто-сердечных заболеваний, 29% - от обрушения конструкции, 8% - от ожогов, остальные – по другим причинам. На 100 тыс. жителей смерть наступила от сердечно-сосудистых заболеваний у 68 пожарных, 56 – шахтеров и 35 полицейских.

Изложенные особенности обуславливают строгую регламентацию – правил охраны труда (ОТ), а также организации их четкого и безусловного исполнения. Эти требования подчеркиваются и тем, что согласно данным международной статистики, главным возникновением несчастных случаев

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		56

является, как правило, не техника, не организация труда, а сам работающий человек, который по тем или иным причинам не соблюдал правил техники безопасности, нарушал нормальное течение трудового процесса, не использовал предусмотренные средства защиты и т.п.

5.1.2 Для изучения регламентаций правил охраны труда следует дать четкие определения основных понятий.

В процессе трудовой деятельности на человека воздействуют опасные и вредные производственные факторы.

Опасный производственный фактор – фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к внезапному резкому ухудшению здоровья.

Воздействие на человека опасного фактора при выполнении им служебных обязанностей приводит к несчастному случаю.

Вредный производственный фактор – то же, что и опасный фактор, но приводит к заболеваниям или снижению работоспособности.

Техника безопасности (ТБ) – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Охрана труда (ОТ) – система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Обеспечение ОТ осуществляется организацией по технике безопасности, которая занимается воспитанием и обучением пожарных.

Техника безопасности в ГПС обеспечивается:

а) созданием пожарных машин и ПТВ с минимальной опасностью для личного состава;

б) разработкой средств защиты от опасностей (заграждения, водяные завесы, дублирование приводов и т.д.);

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		57

в) обоснованием мероприятий по безопасности труда.

### 5.1.3 Организация охраны труда

5.1.3.1 Охрана труда и здоровья граждан страны гарантируется Конституцией. В ГПС право на здоровье и безопасность труда пожарных обеспечивается мероприятиями, проводимыми МЧС и ГУГПС, а также в гарнизонах ГПС и пожарных частях.

К ОТ предъявляются общие требования, регламентируемые системой государственных стандартов безопасности труда (ССБТ).

ССБТ – комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда. Этому комплексу присвоен класс 12.

Классификационная группировка 0 устанавливает стандарты, определяющие задачи ССБТ, общую терминологию понятий по ОТ, дает определение опасных и вредных производственных факторов, их группировку.

Классификационная группировка 1 включает стандарты на нормы и требования по видам опасных и вредных производственных факторов, их допустимые значения, а также методы их измерения.

Классификационная группировка 2 охватывает стандарты на требования безопасности к производственному оборудованию, к его конструкции, методы контроля требований.

Классификационная группировка 3 сосредотачивает стандарты по требованию безопасности к размещению технологического оборудования, режимам его работы, средствам защиты работающих.

Классификационная группировка 4 содержит стандарты, устанавливающие требования к средствам защиты органов дыхания, пожарной технике и т.д.

ССБТ являются основой для обоснования нормативной документации по охране труда в различных отраслях промышленности. В ГПС таким

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		58

документом являются «Правила по охране труда в ГПС МВД России». Ряд требований по ОТ изложены в НПБ, Наставлении по технической службе.

В Правилах по ОТ сформулированы требования безопасности к:

- а) пожарной технике, ПТВ и объектам ГПС;
- б) несению караульной службы;
- в) выполнению боевых действий;
- г) проведению пожарно-технических исследований;
- д) испытанию ПТВ.

Техническая служба ГПС по вопросам ОТ:

- а) обеспечивает общую организацию безопасности труда при эксплуатации ПТ;
- б) обосновывает требования безопасности к ПТ и ПТВ;
- в) организует обучение безопасной работе, выполнению правил безопасного труда, контролирует готовность ПТ и боевых расчетов к безопасной работе;
- г) осуществляет воспитание личного состава ГПС и пропаганду безопасной работы.

Требования безопасности к ПТ сводятся к следующему:

- а) конструкция ПМ не должна снижать показателей безопасности базовых шасси;
- б) обеспечивать безопасность работ при всех видах боевых действий пожарных;
- в) общие требования к ПА дополняются требованиями информативности, кабине боевого расчета, ПТВ, техническому обслуживанию;
- г) ПА, предназначенные для работы в зонах высоких тепловых потоков должны иметь тепловую защиту.

Для создания условий безопасной работы личного состава ГПС должностные лица органов управления обязаны проводить ряд мероприятий.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		59

Во-первых, в установленном порядке проводить инструктажи по выполнению Правил по ОТ.

Во-вторых, принимать меры к максимальному облегчению условий труда и механизации трудоемких процессов.

В-третьих, вести непрерывное наблюдение лично, через подчиненных начальников за действиями личного состава подразделений, разрабатывать мероприятия и принимать меры по исключению несчастных случаев.

И, наконец, в-четвертых, при затяжных пожарах своевременно производить подмену работающих, их питание, обеспечение водой.

5.1.3.2 Обучение пожарных в ГПС регламентировано Правилами ОТ. В них важны три положения.

Люди, поступающие в ГПС, допускаются к несению службы и работе на пожарах после прохождения курса обучения и сдачи зачета по ОТ. Правила охраны труда изучаются во всех темах программы курса начальной подготовки. Начальствующий состав изучает Правила ОТ самостоятельно.

Младший начальствующий и рядовой состав ГПС изучают правила техники безопасности на всех видах занятий и при оперативно-тактическом изучении объектов в районе дислокации пожарной части.

По изучению отдельных вопросов техники безопасности решением руководителей УГПС, ОГПС могут проводиться специальные занятия.

В обеспечении ОТ в ГПС уделяется большое внимание организации инструктажей пожарных. Они различаются по характеру и времени проведения.

5.1.3.3 В качестве основного элемента и метода предупреждения травматизма рабочих является система инструктажей. По характеру и времени проведения инструктажи бывают:

а) вводный инструктаж - проводится со всем личным составом, поступающим на службу. Проводит инженер по охране труда в кабинете по охране труда в виде лекции или беседы. Освещаются вопросы: специфика

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		60



работ на предприятии, режим работы, расположение производственных участков, порядок движения по территории, нормы выдачи спецодежды, спецпитания, электробезопасность, пожарная безопасность, приемы оказания первой медицинской помощи.

О проведении инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа (контрольном листе) с обязательными подписями инструктирующего и инструктируемого.

б) первичный инструктаж - на рабочих местах проводится со всем личным составом индивидуально с практическим показом безопасных приемов труда.

Проводит непосредственный руководитель работ, к которому поступает работник.

Освещаются вопросы: безопасные приемы труда на оборудовании на данном месте, правила пользования спецодеждой, инструментом, проходами, сигнализацией.

После проведения первичного инструктажа заполняется вторая часть контрольного листа и журнал. Контрольный лист сдается в отдел кадров (в личное дело работника).

в) повторный инструктаж - проводится со всем личным составом. Проводится один раз в 6 месяцев, для работников, работающих на участках с повышенной опасностью – раз в 3 месяца.

Освещаются вопросы вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте. Его проводят с целью закрепления знаний безопасных приемов и методов труда.

г) внеплановый инструктаж - проводят в объеме первичного инструктажа на рабочем месте при изменении правил по охране труда, технологического процесса, при вводе в эксплуатацию нового оборудования, при несчастных случаях, при изменении места работы.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		61

д) целевой инструктаж - проводится для работников перед выполнением работ с повышенной опасностью, допуск к которым оформляется нарядом-допуском.

Этот инструктаж фиксируют в наряде-допуске на производство работ и в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

5.1.3.4 Руководство и ответственность за обеспечение ОТ, техники безопасности и обучение личного состава в ГПС возлагается:

а) в УПО, ОПО на руководство этих аппаратов;

б) в учебных заведениях, на различных сборах – на начальников этих заведений и сборов;

в) в пожарных частях, караулах и отделениях – на их начальников;

г) при проведении занятий, учений, соревнований и на пожарах – на руководителей этих мероприятий и лиц начальствующего состава, обеспечивающих выполнение работ на порученном участке.

При возникновении несчастных случаев должностные лица должны: оказать помощь пострадавшим, доложить о нем старшему начальнику, комитету профсоюза, если пострадавший работает по найму, организовать и провести служебное расследование и составить акт; утвердить акт и принять меры к устранению причин несчастных случаев. Акт составляют, если потеря трудоспособности была более одних суток.

Если причиной несчастного случая явились конструктивные недостатки ПА или ПТВ, то УГПС направляет акт-рекламацию заводу-изготовителю, ГУПС МЧС страны (республики) и местному комитету профсоюза.

О групповых, смертельных и тяжелых несчастных случаях начальник части немедленно сообщает начальнику УГПС (ОГПС) и местному комитету профсоюза. Представители УГПС (ОГПС) проводят расследование с медицинской и технической экспертизами. При гибели людей расследование проводит начальник УГПС (ОГПС).

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		62

Акт составляется в течение не более 7 дней со дня происшествия. При групповых случаях акт составляется на каждого пострадавшего.

5.1.3.4.1 Происшествия с ПА могут служить причинами дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с тяжёлыми последствиями: гибелью и травмами людей.

ДТП могут происходить по различным причинам. Основными из них являются несоблюдение правил дорожного движения, низкая квалификация водителей и их недисциплинированность. Несомненно, большую роль играют внезапно возникающие непредвиденные ситуации в транспортном потоке. Причиной их могут быть и водители ПА в стремлении реализовать высокие скорости при следовании на пожар.

Последствия ДТП могут быть самыми разнообразными: наезды на пешеходов, столкновения и опрокидывания ПА.

По каждому случаю ДТП проводится служебное расследование. В случае травм людей привлекаются представители УГПС, руководители подразделений ГПС. Учет ДТП ведется в специальном журнале УГПС, ОГПС и в формуляре ПА.

В ГПС разработана четкая система мероприятий по предотвращению ДТП, представленных в Наставлении по технической службе. Они являются основой для формирования мероприятий отделами пожарной техники и входят отдельным разделом в план работы УГПС, ОПГП.

Основные мероприятия можно разделить на ряд групп:

- а) обучение и воспитание водительского состава;
- б) организация кабинетов безопасности движения;
- в) изучение маршрутов следования на пожары;
- г) изучение и обобщение положительного опыта эксплуатации ПА.

#### 5.1.4 План мероприятий по улучшению условий и охране труда

Для того чтобы улучшить условия труда и снизить травматизм на ГПС разрабатывается план мероприятий. В плане предусматривается закупка

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		63

нового технологического оборудования, закупка оборудования в кабинет медицинского контроля, оборудование комнаты отдыха водителей.

В разработке данного плана участвуют главные специалисты хозяйства. В хозяйстве все рабочие регулярно проходят медицинский осмотр.

Физические факторы являются основными опасными и вредными производственными факторами. Они приводят к профессиональным заболеваниям. В хозяйстве разрабатывается целый ряд мероприятий для снижения этих факторов.

На ГПС строго соблюдаются правила техники безопасности. На рабочих местах развешаны соответствующие инструкции по эксплуатации оборудования. В специально отведенных местах имеются ящики с песком и огнетушители.

Спецодеждой обеспечиваются все работники ГПС. За спецодеждой ведется строгий учет и по мере износа ее заменяют.

В настоящее время принят план по улучшению условий труда, в котором предусмотрено переоснащение ряда помещений, а так же закупка нового оборудования [10].

## 5.2 Требования безопасности эксплуатации гидравлического оборудования

### 5.2.1 Безопасность при эксплуатации гидропривода центробежного насоса подачи ПО

5.2.1.1 При эксплуатации гидравлического оборудования предъявляется ряд требований по безопасности:

а) между насосом и предохранительным гидроклапаном не допускается устанавливать запорную арматуру, препятствующую работе предохранительного клапана;

б) в случае применения на комплексе нескольких баков для жидкостей, эти баки должны иметь различную маркировку;

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		64

в) трубопроводы, в том числе рукава гидросистемы должны быть рассчитаны на прочность с коэффициентом запаса прочности;

г) напорные трубопроводы гидросистемы должны быть испытаны гидравлическим давлением, равным 1,5-кратному значению номинального рабочего давления, при этом должна быть обеспечена герметичность системы;

д) гибкие рукава должны быть размещены так, чтобы исключалась возможность их механического повреждения в результате соприкосновения с конструкциями;

е) гибкие рукава, находящиеся в непосредственной близости от рабочего места оператора, должны иметь предохранительный кожух или экран;

ж) трубопроводы гидросистемы должны быть надежно закреплены, предохранены от опасных колебаний и повреждений, а также от нарушения герметичности их соединений;

и) удлинение напорных трубопроводов сваркой не допускается. В случае необходимости сварки (например у соединений с приварным шаровидным ниппелем) участок трубопровода со сварным швом должен быть равнопрочным участку трубопровода без шва и должна быть обеспечена возможность очистки шва внутри трубопровода;

к) на участке трубопровода между предохранительным устройством и рабочим гидроцилиндром допускается вваривать элементы гидравлического оборудования (например: соединения конус-шар и т.д.);

л) в гидроаппаратах управления должна быть исключена возможность непреднамеренного включения рычагов и рукояток управления.

Усилия на органах управления не должны превышать значений, указанных в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Значения усилий на орган управления

Орган управления	Максимально допустимое усилие, Н
Рычаг	120
Педаля:	

Продолжение таблицы 5.2

Орган управления	Максимально допустимое усилие, Н
- редко применяемая	300
- часто применяемая	150
Маховик	100 (измерение по ободу)

м) если надежная эксплуатация требует систематического контроля состояния гидравлического оборудования, то на месте управления следует установить сигнальные устройства, информирующие о давлении, температуре и т.д.

С помощью сигнальных лампочек или другим способом следует сигнализировать состояние безопасности гидравлических устройств приводных механизмов, действие которых оператор непосредственно не ощущает;

н) сигнальные и контрольные приборы должны быть отделены от аналогичных приборов контроля механизмов их передвижения;

п) устройства безопасности против разрыва трубопроводов следует присоединять непосредственно на цилиндре или на гидромоторе. В случае невозможности выполнения этого требования, трубопровод между устройством безопасности и гидроцилиндром или гидромотором должен быть из стали с коэффициентом запаса прочности

Если возможно повреждение устройства безопасности и соединительных трубопроводов между гидроцилиндром и устройствами безопасности, то устройства безопасности должны быть встроены в цилиндр или гидромотор;

р) температура рабочей жидкости не должна в процессе эксплуатации превышать нижнего и верхнего предельных значений, допустимых как для гидравлического оборудования, так и для самой жидкости;

с) каждый гидравлический контур следует предохранять от недопустимого давления предохранительным клапаном, отрегулированным на

опасные пиковые давления. Отрегулированные гидроклапаны должны быть опломбированы;

т) основные характеристики гидравлического оборудования должны быть выбраны так, чтобы при работе не возникали перегрузки несущих элементов конструкции;

у) в местах, где необходимо контролировать давление в гидросистеме, должны быть предусмотрены присоединительные элементы, необходимые для контрольных измерений.

5.2.1.2 К гидравлическому оборудованию предъявляется ряд следующих требований:

а) предохранительные гидроклапаны, гидроаккумуляторы, гидроцилиндры, гидромоторы и насосы, а также рукава и трубопроводы должны иметь паспорт или сертификат, подтверждающие качество их изготовления;

б) гидравлическое оборудование должно быть спроектировано и изготовлено так, чтобы при соблюдении условий эксплуатации не могла возникнуть опасность несчастного случая при:

- 1) повреждении гидравлического оборудования;
- 2) разрыве трубопроводов, рукавов или повреждении их соединений;
- 3) перерыве в снабжении электроэнергией.

При этом соответствующие приводные механизмы должны самостоятельно останавливаться даже тогда, когда элементы управления не приведены в нулевое положение, или должны продолжать контролируемое движение;

в) соединения трубопроводов, в том числе рукавов, а также места присоединения приборов должны быть герметичными;

г) должна быть предусмотрена возможность удобного и безопасного заполнения гидросистемы рабочей жидкостью, её слива, а в случае необходимости - возможность удаления воздуха из гидросистемы;

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		67

д) фильтрование рабочей жидкости должно быть непрерывным. Степень фильтрации должна устанавливаться с учетом требований, записанных в технической документации на гидравлическое оборудование;

е) система управления должна обеспечивать плавное, без рывков, разгон и торможение механизмов;

ж) при включенном гидравлическом оборудовании механизмы должны работать четко;

и) степень загрязнения основных гидравлических фильтров должна быть контролируемой без их разборки;

к) в гидробаке должны быть указаны максимальный и минимальный уровни рабочей жидкости и обеспечен простой и безопасный контроль уровня рабочей жидкости;

л) органы управления, не включенные постоянно, после прекращения воздействия на них должны возвращаться в исходное положение и вызывать отключение или остановку управляемых с их помощью механизмов;

м) органы управления гидравлическим оборудованием должны быть отделены от органов управления механизмами их передвижения;

н) гидроаппараты и органы управления должны быть выполнены так, чтобы направление движения органов управления по возможности соответствовало направлению вызываемых ими движений;

п) при прекращении подачи энергии все включенные гидравлические приводные механизмы должны самостоятельно останавливаться в том случае, когда управляющие элементы не находятся в нулевом положении.

При возобновлении подачи энергии должна быть исключена возможность самостоятельного пуска приводов с электрическим управлением, а у приводов с другими видами управления – непреднамеренный пуск [11].

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		68



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработан регулируемый гидропривод центробежного насоса подачи пенообразователя пожарной машины. Гидропривод обеспечивает регулируемую непрерывную подачу пенообразователя. Регулирование подачи происходит за счёт изменения частоты вращения вала центробежного насоса, путём изменения частоты вращения вала приводного гидромотора. Время непрерывной работы гидропривода – до 6 часов.

В процессе дипломного проектирования выполнены следующие задачи:

а) Анализ конструкций и принцип работы гидропривода для подачи огнетушащих веществ, в результате чего, можно сделать вывод, что гидравлический привод является неотъемлемой частью в пожарной машине. Гидропривод обеспечивает эффективную регулируемую подачу водопенного раствора, с большой точностью концентрации пенообразователя.

б) Выбрана принципиальная схема гидропривода центробежного насоса подачи ПО.

в) Проведены расчёты основных характеристик гидропривода в соответствии с заданием на дипломный проект:

1) расчёт энергетических и силовых характеристик гидропривода ( $p = 20$  МПа;  $Q = 80$  л/мин;  $N_{\text{пол}} = 20,1$  кВт;  $N_{\text{потр}} = 29,7$  кВт;  $\eta = 0,78$ );

2) расчёт диаметров трубопроводов гидролиний;

3) расчёт потерь давления в гидросистеме ( $p_n = 205,556$  атм; суммарные потери давления составили 2,8%);

4) расчёт тепловой гидропривода (выбран объём гидробака  $V = 100$ л).

г) Исходя из расчётов, выбраны компоненты гидропривода:

1) выбран регулируемый аксиально-поршневой насос типа 313.80 ( $p_n = 20$ МПа;  $Q = 80$  л/мин);

2) выбран регулируемый аксиально-поршневой гидромотор типа 313.56 ( $p_n = 20$  МПа;  $Q = 80$  л/мин;  $M_{\text{ГМ}} = 160 \text{ Н} \cdot \text{м}$ );

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		69

3) выбрана гидроаппаратура гидропривода;

4) в качестве рабочей жидкости выбрано минеральное всесезонное масло ВМГЗ по ТУ 38.101479-86.

д) Выполнен перечень чертежей основных составляющих гидропривода.

е) В разделе «Безопасность жизнедеятельности» описаны организационно-правовые основы охраны труда и требования безопасности эксплуатации гидравлического оборудования.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника. – 3-е издание. Москва, 2004 г. – 552 с.
2. Преснов А.И., Мироньчев А.В. О применении электронных систем дозировки и впрыска пенообразователя в насосных установках пожарных автомобилей. Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. Воронежского ин-та ГПС МЧС России. Воронеж, 2013. – 404 с.
3. Преснов А.И., Мироньчев А.В., Алибеков А.А. Современное пожарно-спасательное оборудование: учеб. пособие. СПб.: С.- Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2013. – 54 с.
4. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М., Машиностроение, 1991. – 384 с.
5. Елюкин Н.Н. Расчёт и проектирование объёмных гидроприводов: учебное пособие, г. Миасс, 2011. – 49 с.
6. Галдин Н.С. Гидравлические машины, объёмный гидропривод: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 272 с.
7. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с., ил.
8. Корпачёв В.П. Основы проектирования объёмного гидропривода. – 3-е изд. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 164 с.
9. Каталог гидравлики «Регулируемые аксиально-поршневые насосы и гидромоторы серии 313», ОАО «Пневмостроймашина», г. Екатеринбург.
10. Безбородько М.Д., Брежнев А.А. и др. Охрана труда пожарных. Современные требования. – М.: Стойиздат., 1993. – 184 с.
11. ГОСТ Р 52543 – 2006 Объёмные гидроприводы. Требования безопасности, 2007.

					15.03.02.2019.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Кол-во	№ докум.	Подпись	Дата		71