

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

Хакимов Эльдар Александрович

Разработка конструкции гидроцилиндра гидропривода с ходом штока 500 мм
и максимальным усилием на штоке 100 кН.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6В07107 - Эксплуатационно-сервисная инженерия

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
«Технологические машины
и оборудование»

канд. техн. наук, асс.-проф.
(ученая степень, звание)

Калиев Б.З.

подпись

Ф.И.О.

« 10 » 06 2025 г.

ДИПЛОМЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Разработка конструкции гидроцилиндра гидропривода с ходом штока 500 мм
и максимальным усилием на штоке 100 кН»

По специальности: 6В07107 - Эксплуатационно-сервисная инженерия

Выполнил

Хакимов Э.А.

Рецензент

к.т.н., доц. В.А.К. проф. каар.
(ученая степень, звание)
Мусабеков Э.А.

подпись

Ф.И.О.

« 9 » 06 2025 г.

Научный руководитель

Кандидат технических наук, профессор,

Мырзахметов Б.А.

подпись

« 9 » 06 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

6B07107 - Эксплуатационно-сервисная инженерия



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Технологические машины
и оборудование»

канд. техн. наук, асс.-проф.
(ученая степень, звание)

Калиев Б.З.

подпись

Ф.И.О.

«27»

01

2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Хакимову Эльдару Александровичу

Тема: «Разработка конструкции гидроцилиндра гидропривода с ходом штока 500 мм
и максимальным усилием на штоке 100 кН»

Утверждена приказом ректора Университета № 26-П/Ө от «29» 01 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «20» мая 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: ход штока 500 мм, максимальное
усилие на штоке 100 кН.

Краткое содержание дипломной работы: _____

- Техническая часть с анализом конструкции гидроцилиндра
- Расчетно-проектная часть с определением основных конструкционных
размеров гидроцилиндра.
- Специальная часть с рекомендациями по модернизации гидроцилиндра.
- Вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда, расчет
экономической эффективности разработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены слайдов презентации работы

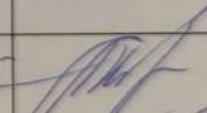
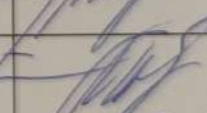
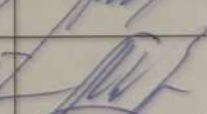
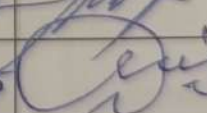
Рекомендуемая основная литература: из 30 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Техническая часть	15.02.2025 г.	
Специальная часть	10.03.2025 г.	
Расчетная часть	01.05.2025 г.	
Охрана труда	12.05.2025 г.	

Подписи

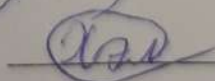
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
(проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Техническая часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	9.06.25	
Специальная часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	9.06.25	
Расчетная часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	9.06.25	
Охрана труда	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	9.06.25	
Нормоконтролер	Сарыбаев С.С.	10.06.25	

Научный руководитель

 к.т.н., проф., Мырзахметов Б.А.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Хакимов Э.А.

Дата « 9 » 06 2025 г

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобаның тақырыбы: «Штанганың жүрісі 500 мм және штангаға максималды күші 100 кН болатын гидравликалық жетекке арналған гидравликалық цилиндрдің конструкциясын жасау». Гидравликалық жетектердің жиі кездесетін мәселелерінің бірі оның жұмыс сұйықтығының ластануы болып табылады. Бұл гидравликалық жүйенің тиімділігінің төмендеуіне, оның элементтерінің зақымдалуына әкеледі, мысалы: поршень, штанга, сақтандырғыш және ағызу клапандары, золотник клапаны және т.б.

Бұған жол бермеу үшін гидравликалық жетектерге сүзгі элементтері орнатылып, техникалық қызмет көрсетіледі, оның барысында жүйе тазартылады, сүзгілер, жұмыс сұйықтығы және майлау материалдары ауыстырылады. Дегенмен, бұл жұмысты ластанудан қорғау үшін әрдайым жеткіліксіз. Бұл жұмыста гидравликалық жетектердің тұрақтылығы мен ұзақ мерзімділігін арттыру үшін қосымша қорғаныс шаралары қарастырылып, берілген параметрлері бар гидравликалық жетектің гидравликалық цилиндрінің конструкциясының есебі келтірілген.

АННОТАЦИЯ

Темой данного дипломного проекта является «Разработка конструкции гидроцилиндра гидропривода с ходом штока 500 мм и максимальным усилием на штоке 100 кН». Одной из самых распространенных проблем гидроприводов является – загрязнение его рабочей жидкости. Это приводит к снижению эффективности гидросистемы, повреждениям ее элементов, таких как: поршень, шток, предохранительные и сливные клапаны, золотник и т.д.

Дабы не допустить этого, в гидроприводы устанавливаются фильтрующие элементы, и проводится техническое обслуживание, в ходе которого производится прочистка системы, замена фильтров, рабочей жидкости и смазывающих материалов. Однако, даже этого не всегда достаточно для защиты рабочей от загрязнений. В данной работе, рассмотрены дополнительные меры защиты, для повышения стабильности и долговечности гидроприводов, а также приведен расчет конструкции гидроцилиндра гидропривода с заданными параметрами.

ABSTRACT

The topic of this diploma project is "Development of a hydraulic cylinder design for a hydraulic drive with a rod stroke of 500 mm and a maximum force on the rod of 100 kN". One of the most common problems with hydraulic drives is contamination of its working fluid. This leads to a decrease in the efficiency of the hydraulic system, damage to its elements, such as: piston, rod, safety and drain valves, spool valve, etc.

To prevent this, filter elements are installed in hydraulic drives, and maintenance is carried out, during which the system is cleaned, filters, working fluid and lubricants are replaced. However, even this is not always enough to protect the working from contamination. In this work, additional protective measures are considered to increase the stability and durability of hydraulic drives, and a calculation of the design of a hydraulic cylinder of a hydraulic drive with specified parameters is given.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Техническая часть	5
1.1 Анализ конструкции гидроцилиндра	5
1.2 Принцип работы гидроцилиндра	22
2 Расчетно-проектная часть	24
2.1 Исходные данные	24
2.2 Выбор гидромашин и рабочей жидкости	25
2.3 Выбор гидроаппаратуры и вспомогательных устройств	27
2.4 Потери давления в гидрелиниях	29
2.5 Мощность насоса	33
3 Патентная часть	34
4 Специальная часть	36
4.1 Разработка мероприятий по защите полированного штока гидроцилиндра	36
5 Экономическая часть	43
5.1 Факторы влияющие на стоимость изделия	43
5.2 Стоимость гидроцилиндра	44
5.3 Экономический расчет	44
6 Охрана труда	45
Заключение	46
Список использованной литературы	47
Приложение А	49

ВВЕДЕНИЕ

Объемные гидроприводы получили широкое применение в промышленности, машиностроении, строительстве, производстве, транспортировке и т.д. Гидроцилиндры используются в подъемниках, поворотных и загрузочно-разгрузочных устройствах, желобах, системах регулирования валков, в сортировочных и транспортных устройствах. Гидроцилиндры служат приводом рабочих органов машин и механизмов и используются для подъема и перемещения грузов. Их используют в качестве приводов подъемных, транспортных, сельскохозяйственных и дорожных машин, станков прессов, прокатных станов и т.п. Такое широкое применение гидравлических приводов, обуславливается различным рядом преимуществ, в сравнении с их механическими и электрическими аналогами.

Основными преимуществами гидроприводов являются:

- высокая удельная мощность гидропривода (передаваемая приводом мощность, приходящаяся на единицу суммарного веса его элементов. Данный параметр у гидравлических приводов может превышать в 3-5 раз по сравнению с электрическими приводами;

- высокое быстродействие гидропривода. Такие операции как пуск, реверс и остановка могут выполняться гидравлическим приводом значительно быстрее, чем другими приводами. Это обуславливается малым моментом инерции исполнительного органа гидродвигателя (для сравнения, момент инерции вращающихся частей гидромотора может быть от пяти до десяти раз меньше, чем у соответствующего момента инерции электродвигателя);

- значительный коэффициент усиления гидроусилителей, который по мощности может достигать значительных показателей;

- свобода компоновки агрегатов гидравлического привода;

- слабое воздействие вибрации на организм человека;

- мощный амортизирующий эффект. При поломках, или возникновении неисправностей, может возникнуть обратный удар. Он может повредить привод, что значительно повысит стоимость ремонта. Однако, рабочим элементом гидроприводов служит жидкость, которая, в данных непредвиденных ситуациях послужит амортизатором, защитив оборудование от дальнейших поломок, и сократив время его простоя на ремонт.

При всех достоинствах гидравлических приводов, не стоит забывать и об их недостатках. Таковым является чувствительность рабочей жидкости к загрязнению и необходимость должного её обслуживания. Одной из главных причин загрязнения рабочей жидкости, является её связь с внешней средой посредством выходного элемента гидроцилиндра (штока). При движении штока, загрязнения попадают на его поверхность и проникают в полость гидроцилиндра, что приводит к загрязнению жидкости. Это может привести к понижению производительности привода и даже, к его поломке. Загрязнение рабочей жидкости приводит к снижению эффективности гидросистемы, повреждениям ее элементов, таких как: поршень, шток, предохранительные и

сливные клапаны, золотник и т.д. Повреждение уплотнений может привести к самым разным поломкам, от увеличения времени циклов гидроцилиндра, изменению вязкости рабочей жидкости и смазывающих материалов, повышению шума его работы и прерывистому движению штока, до полного заклинивания золотника, поршня, или клапанов, что влечет за собой деформацию поршня и гидроцилиндра, выбиванию крышки цилиндра, повреждению труб и протечкам гидросистемы.

Для предотвращения данного исхода, в гидроприводах необходимо использовать гидравлические фильтры и проводить техническое обслуживание гидросистемы, но даже при их использовании нельзя гарантировать безотказную работу гидропривода. Сам по себе ремонт может стоить немалых затрат, но это не идет ни в какое сравнение с прибылью, которую крупные компании могут потерять за время простоя оборудования на ремонте. Поэтому, чтобы повысить работоспособность оборудования и повысить шансы его безотказной работы до последующего технического обслуживания необходимы дополнительные меры защиты рабочей жидкости от загрязнений.

1.1 Анализ конструкции гидроцилиндра

Гидроцилиндр – это объёмный гидродвигатель, преобразующий гидравлическую энергию в механическую работу выходного звена (штока), выполняющего возвратно поступательные движения.

Гидроцилиндры применяются в самых разных сферах, где требуется преобразование гидравлической энергии в механическое движение, обеспечивая при этом значительные усилия. Они используются в строительной, дорожной, сельскохозяйственной, грузоподъемной и промышленной технике, а также в авиации и космонавтике.

Примеры использования гидроцилиндров:

- *строительная техника*: экскаваторы, погрузчики, бульдозеры используют гидроцилиндры для управления движением ковша, стрелы, рукояти и других рабочих органов.
- *грузоподъемная техника*: автокраны, краны-манипуляторы, подъемные платформы и подъёмные механизмы в различных отраслях промышленности используют гидроцилиндры для подъема и перемещения грузов.
- *промышленность*: металлорежущие станки, прессы, кузнечнопрессовые машины, системы автоматизации производственных линий, а также подъемники, поворотные устройства и другие механизмы в различных отраслях промышленности используют гидроцилиндры для привода рабочих органов.
- *сельское хозяйство*: сельскохозяйственная техника, например, комбайны, тракторы и другие машины, используемые в полевых и животноводческих работах, используют гидроцилиндры для управления различными механизмами.
- *авиация и космонавтика*: в авиации и космонавтике гидроцилиндры применяются в системах управления летательными аппаратами, в механизмах разгрузки и других технических решениях.
- *автомобилестроение*: гидроцилиндры используются в подвеске автомобилей, в системах управления и других механизмах.
- *бытовые устройства*: гидроцилиндры используются в подъемниках, качающихся столах и других механизмах, которые применяются в быту.

Для работы гидроцилиндра необходимо вспомогательное оборудование. Данным оборудованием являются:

- гидрораспределитель;
- насос;
- трубопровод;
- и гидробак.

Это четыре основных оборудования, необходимых для работы любого гидроцилиндра.

1.1.1 Гидравлический распределитель. Гидравлический распределитель – устройство, предназначенное для управления потоками жидкости в гидросистеме, с помощью внешнего воздействия на него. Он отвечает за управление движения выходного звена, посредством перенаправления потоков рабочей жидкости гидросистемы в полости гидроцилиндра, за счет чего происходит возвратно-поступательное движение штока.

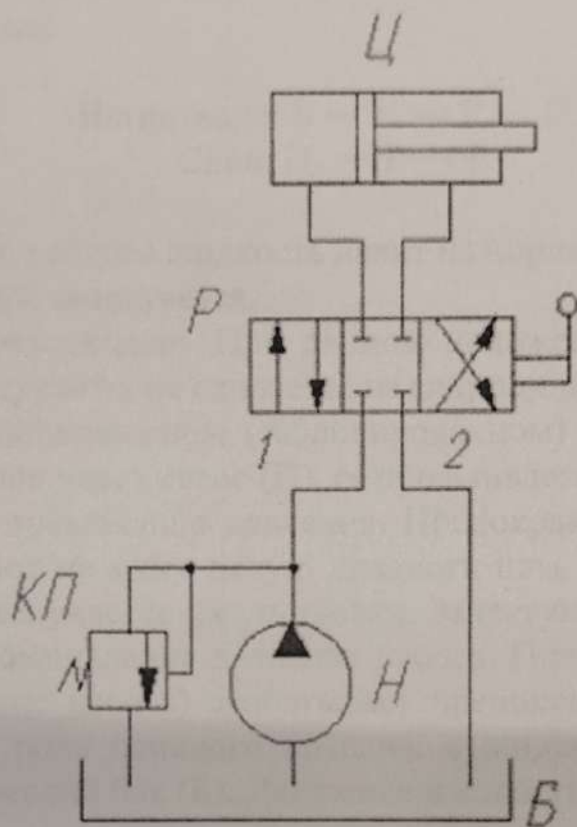


Рисунок 1 – Простейшая гидросхема

На рисунке 1 изображена простейшая гидросхема с использованием гидрораспределителя (Р), насоса (Н), гидроцилиндра (Ц), гидробака (Б) и предохранительный клапан (КП). Рассмотрим несколько положений гидрораспределителя, чтобы понять, как именно он влияет на движение штока гидроцилиндра:

Положение 1. Рабочая жидкость хранится в гидробаке (Б). При работе насоса (Н) жидкость течет по трубопроводу в гидрораспределитель (Р) и далее попадает в левую полость гидроцилиндра (Ц_л) (поршневую), при этом жидкость, находящаяся в правой полости гидроцилиндра (Ц_ш) (штоковой), начинает сливаться по трубопроводу через гидрораспределитель (Р), обратно в гидробак (Б). Движение жидкости можно записать как:

Нагнетание: Б → Н → Р → Ц_л
Слив: Ц_ш → Р → Б

Таким образом, рабочая жидкость давит на поршень и шток гидроцилиндра выдвигается.

Положение 2. По большей части схоже с положением 1. Однако, рабочая жидкость из насоса (Н), проходя через гидрораспределитель (Р), попадает в штоковую полость гидроцилиндра ($\Pi_{ш}$). В свою очередь жидкость, находящаяся в поршневой полости гидроцилиндра ($\Pi_{п}$), по трубопроводу через гидрораспределитель сливается в гидробак (Б). В данном случае, движение жидкости выглядит как:

$$\begin{aligned}\text{Нагнетание: } & \text{Б} \rightarrow \text{Н} \rightarrow \text{Р} \rightarrow \Pi_{ш} \\ \text{Слив: } & \Pi_{п} \rightarrow \text{Р} \rightarrow \text{Б}\end{aligned}$$

Таким образом, рабочая жидкость давит на поршень со штоковой стороны, и шток гидроцилиндра задвигается.

Центральное положение. При данном положении гидрораспределителя (Р), жидкость не поступает и не сливается из гидроцилиндра (Π). Таким образом, шток пребывает в неподвижном (заблокированном) состоянии. Жидкость из гидробака (Б), проходя через насос (Н), останавливается у гидрораспределителя (Р) что приводит к повышению давления. Предохранительные клапаны (КП), зачастую настраивают на одну целую двадцать пять сотых от максимального показателя давления в участке их установки. Зачастую, это давление на выходе из насоса, то есть номинальное давление насоса. При достижении $1,25P_n$ (P_n – номинальное давление насоса) срабатывает предохранительный клапан (КП), начиная выполнять роль сливного клапана, а жидкость, начинает сливаться обратно в гидравлический бак (Б). Движение жидкости можно записать как:

$$\text{Б} \rightarrow \text{Н} \rightarrow \text{КП} \rightarrow \text{Б}$$

Гидравлические распределители классифицируются по типу запорно-регулирующих элементов на:

- золотниковые;
- клапанные;
- крановые;
- струйные.

Золотниковые гидрораспределители. Данный тип гидрораспределителей является наиболее распространенным в гидроприводе. Это обуславливается их высокой надежностью и компактностью. Их применяют при весьма высоких значениях давления в гидросистеме, до 32 МПа. Так же, их можно применять при значительно больших расходах, в сравнении с крановыми.

Клапанные гидрораспределители. Несмотря на все преимущества и распространенность золотниковых гидрораспределителей, у них есть существенные недостатки. Они выражаются в невозможности использования данного типа гидравлических распределителей, при давлении свыше 32 МПа, а также, в утечках, которые делают невозможным удержание гидроцилиндра и

гидродвигателя под нагрузкой в неподвижном состоянии. В случаях, когда необходимо обеспечить хорошую герметичность, предпочитают выбирать клапанные гидрораспределители. Данный тип имеет большие габарит и массу, однако они гарантируют обеспечение герметичного перекрытия гидролинии. Так же, данный тип может использоваться при более высоких давлениях (свыше 32 МПа).

Клапанные гидрораспределители. В гидроприводе данный тип гидравлических распределителей получили одно из самых широких распространений. Конструктивно, их запорный элемент выполнен в виде шаровой, цилиндрической, конической пробки, или в виде плоского поворотного крана.

Струйные гидрораспределители. Главным достоинством струйных гидрораспределителей является их низкая чувствительность к загрязнению рабочей жидкости, что обуславливается их отсутствием подвижных частей в данных типах гидрораспределителей.

Существуют множество различных гидравлических распределителей, с различной вариацией распределения рабочей жидкости. Некоторые из них представлены в таблицах 1 и 2:

Таблица 1 – Вариации схем гидрораспределителей

3C2		2B2B		2B2BL		2B2	
3C3		2B3B		2B3BL		2B3	
3C4		2B4B		2B4BL		2B4	
3C5		2B5B		2B5BL			
3C6		2B6B		2B6BL			
3C7		2B7B		2B7BL			
3C9		2B9B		2B9BL			
3C10		2B10B		2B10BL			
3C11		2B11B		2B11BL			
3C12		2B12B		2B12BL		2B12L	
3C25		2B25B		2B25BL		2B3L	
3C29		2B29B		2B29BL		2B8L	

Таблица 2 – Вариации схем гидрораспределителей

№ схемы	Условное обозначение	Последов-сть соединения каналов при пер-ключении	№ схемы	Условное обозначение	Последов-сть соединения каналов при пер-ключении
14			94		
24			124		
34			134		
44			154		
54			443		
64			573		
64A			573E		
74			574		
84			574A		
84A			574E		

1.1.2 Насос. Насос – это гидравлическая машина, которая преобразует механическую энергию в энергию потока жидкости. Насосы предназначены для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, включая: механические смеси жидкости с твёрдыми и коллоидными веществами, или сжиженных газов. Неполная классификация насосов по принципу действия и конструктивному исполнению изображена на рисунке 2.

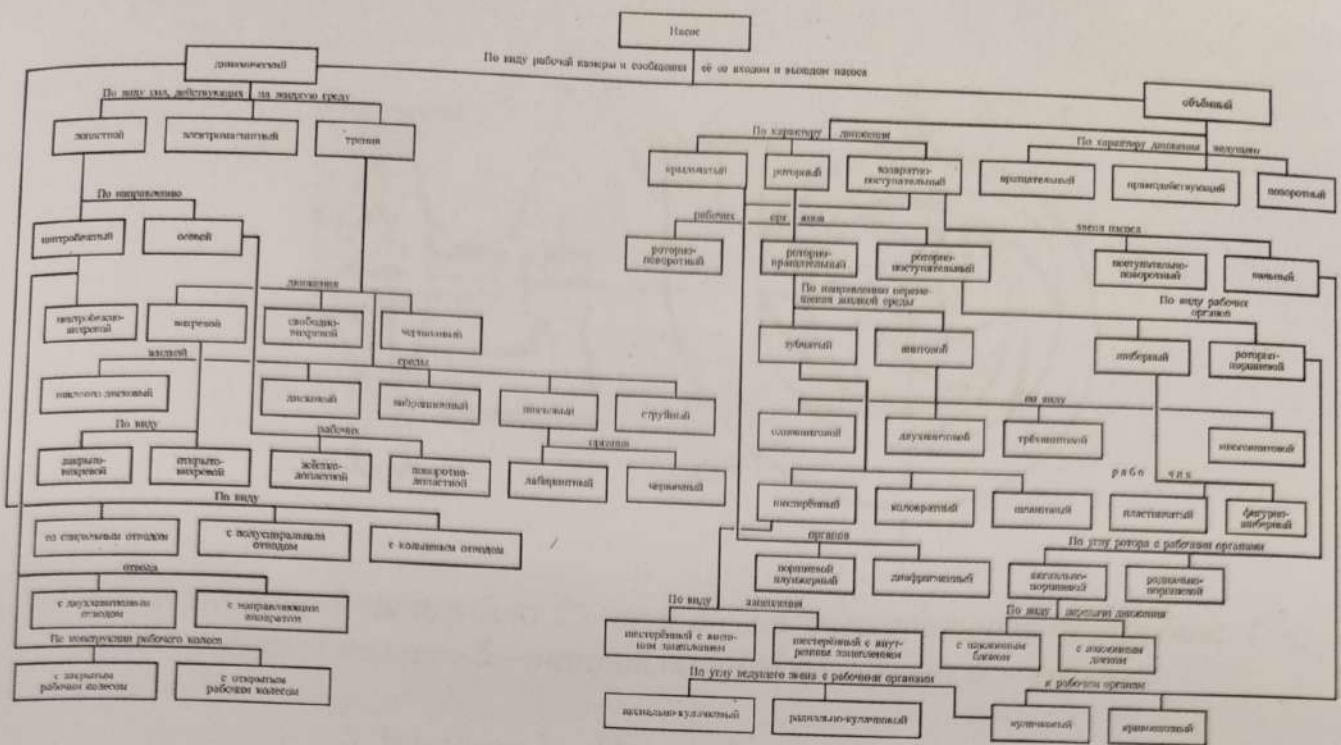
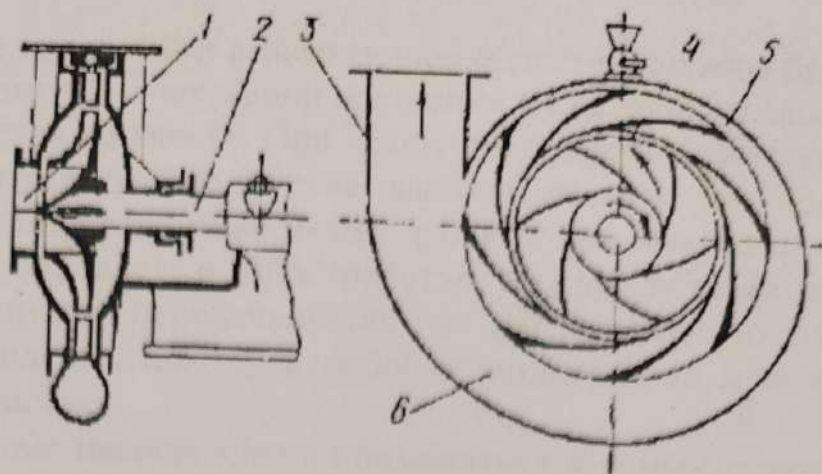


Рисунок 2 – Неполная классификация насосов по принципу действия и конструктивному исполнению

Существуют множество различных насосов, работающих по совершенно разным принципам. Однако, для всех насосов самыми важными параметрами являются напор и расход. Также, важным параметром насосов в гидравлике является перекачиваемая жидкость. Некоторые насосы способны перекачивать загрязненные жидкости, благодаря особенностям их принципа действия, иные же требовательны в чистоте рабочей жидкости, из-за чего появляется необходимость её предварительной фильтрации. Это так же связано с их принципом действия и рабочим органом, который может заклинить или даже повредиться при недостаточной чистоте жидкости. Помимо чистоты, важны вязкость и агрессивность рабочей жидкости. Некоторые жидкости могут вызвать коррозию или окисление внутренней поверхности насоса и его рабочих элементов, а из-за вязкости может существенно снизиться производительность насоса, или он и вовсе не будет способен перекачивать жидкость с повышенными показателями вязкости. Поэтому так важно правильно подбирать насос, в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями и особенностями его эксплуатации. Рассмотрим некоторые виды насосов:

Центробежный насос (рисунок 3). Принцип действия данного насоса основан на центробежной силе, возникающей в рабочем колесе при вращении в нем жидкости. Центробежный насос состоит из следующих элементов:

- рабочее колесо с лопастями;
- спиральная камера;
- вал;
- подшипниковые узлы.



1 – всасывающий патрубок; 2 – вал; 3 – нагнетательный патрубок; 4 – рабочее колесо; 5 – направляющий аппарат; 6 – корпус.

Рисунок 3 – Центробежный насос

При вращении рабочего колеса жидкость, поступающая через всасывающий патрубок к центру колеса, под действием центробежной силы периферии между лопастями. Благодаря несовпадению оси вращения колеса и оси центра корпуса, расстояние от лопастей колеса до стенок корпуса не одинаково, и идет по нарастающей до нагнетательного патрубка (наглядно видно на рисунке 3). Таким образом, посредством преобразования кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления, происходит перекачивание рабочей жидкости.

К преимуществам центробежных насосов относят:

- непрерывность подачи жидкости;
- возможность работы на сеть без запорной арматуры;
- высокие показатели кпд;
- простота конструкции и надежность.

Данный тип насосов широко применяется в различных отраслях промышленности для перекачивания воды, нефтепродуктов, химических жидкостей и т.д.

Шестеренчатый насос. Данный тип насосов весьма прост в конструкции и имеет небольшие габариты, при высоких показателях напора. Они способны перекачивать большие объемы жидкости без перерывов сплошным потоком. Их часто применяют для перекачки жидкостей с повышенными показателями вязкости: от чистой воды до битумов, смол и мазута. Шестеренчатый насос состоит из:

- двух прямозубых шестерней;
- приводного вала;
- корпуса;

- опорных втулок валов;
- сальника.

Соединение напорной и всасывающей областей должны быть герметично закрыты. Две прямозубые шестерни находятся в постоянном зацеплении друг с другом, не пропуская жидкость. При вращении ведущей шестерни, вращается и ведомая, создавая разрежение во всасывающей области. Это происходит из-за увеличения объема пространства между зубьями при выходе их из зацепления. Далее жидкость попадает в пространство между зубьями и вплотную к поверхности корпуса, перекачивается в нагнетательную область. Из-за герметичного сцепления шестерен рабочая жидкость не может вернуться во всасывающую область.

Шестеренчатые насосы могут применяться в самых различных областях промышленности и производства, к примеру, таких как:

- пищевая промышленность, для перекачки сгущенного молока, желе, крема, шоколада и т.д.;
- строительство: работа с клеем, краской маслом;
- химической отрасли;
- нефтяная область;
- машиностроение;
- сельское хозяйство;
- судостроение;
- лакокрасочное производство.

Различают шестеренчатые насосы с внутренним (рисунок 4) и с внешним (рисунок 5) зацеплением.

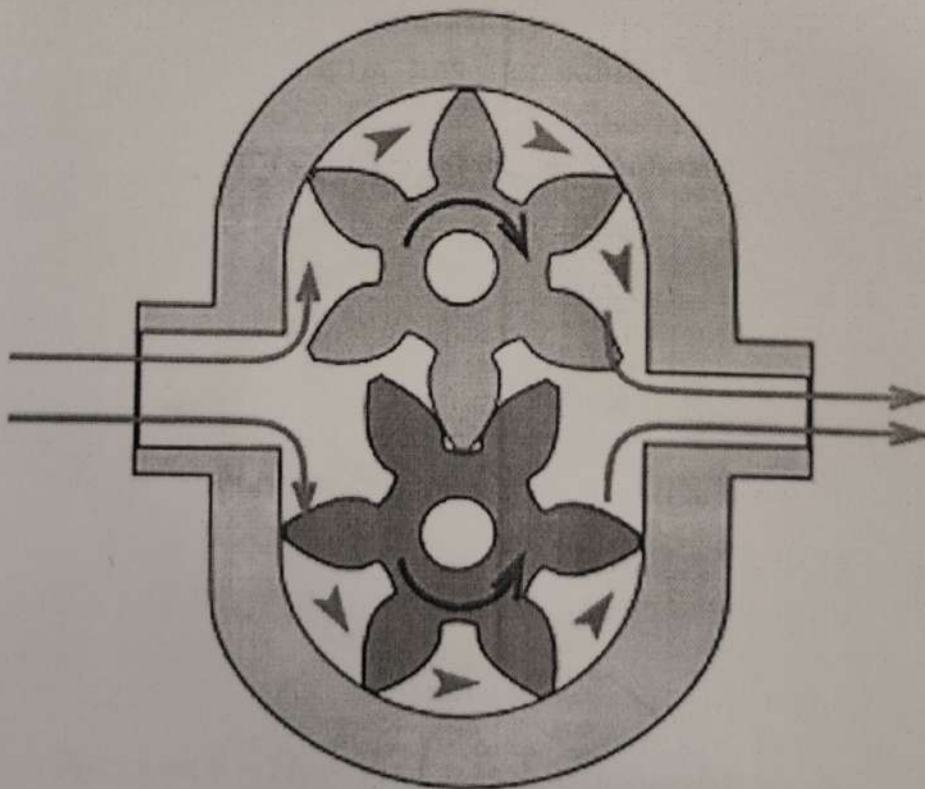


Рисунок 4 – Шестеренчатый насос с внутренним зацеплением

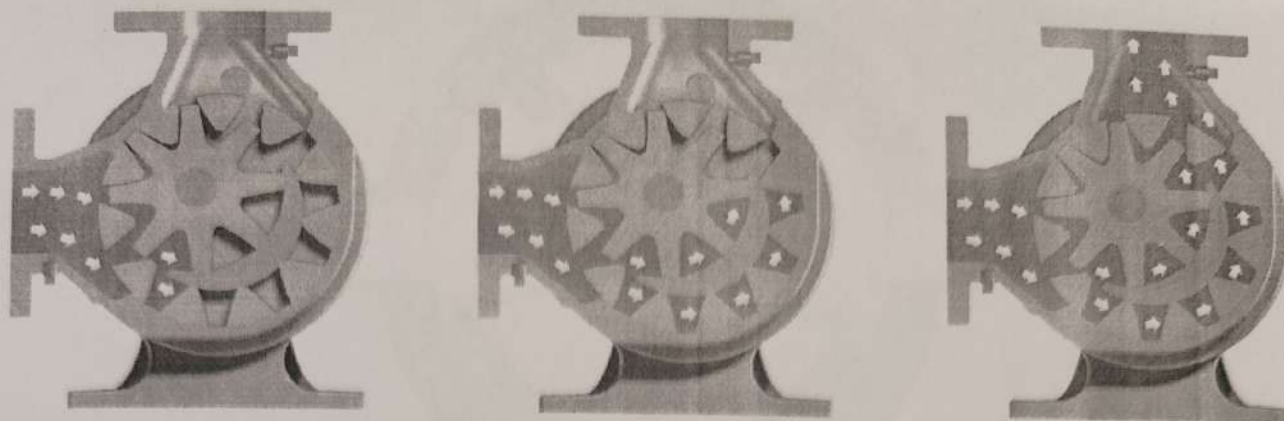


Рисунок 5 – Шестеренчатый насос с внешним зацеплением

Пластинчатые насосы. В данном типе насоса перекачивание рабочей жидкости происходит за счет изменения объема рабочей камеры. Пластинчатый насос состоит из корпуса, ротора и рабочих пластин (шиберов). Принцип действия данного насоса основан на центробежной силе. При вращении ротора рабочие пластины перемещаются в проточках к поверхности корпуса, создавая герметичную рабочую камеру. Для лучшего уплотнения, в проточки могут устанавливаться пружины сжатия, давящие на пластины и создающие лучшее уплотнение пластин с корпусом насоса. Благодаря несовпадению осей корпуса и ротора, при работе насоса рабочая камера постоянно изменяется в объеме, создавая разрежение на всасывающей линии и давление на нагнетающей, перекачивая при этом жидкость. Наглядно принцип работы пластинчатых насосов изображен на рисунках 6 и 7:

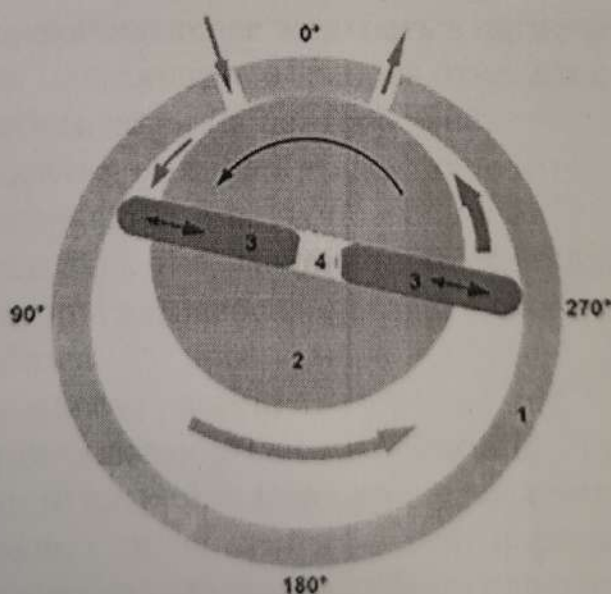


Рисунок 6 – Простейший пластинчатый насос

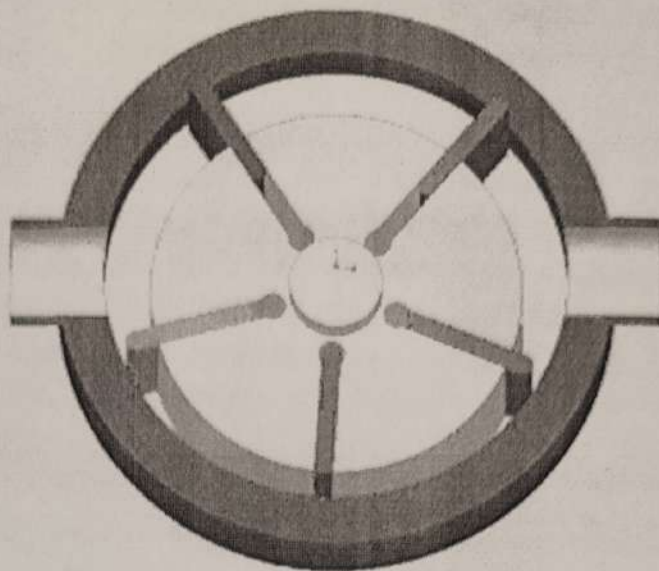


Рисунок 7 – Пластинчатый насос с пятью пластинами

Подробно разберем работу пластинчатого насоса на примере рисунка 6. При вращении ротора насоса (2), посредством приводного двигателя, создается центробежная сила, прижимающая рабочие пластины (3) к внутренней поверхности корпуса насоса (1). При помощи пружины (4), создаётся плотное герметичное уплотнение, не пропускающее рабочую жидкость из рабочей камеры. От герметичности уплотнения зависит эффективность и производительность насоса, поэтому так важно обеспечить герметичность рабочей камеры. При вращении, рабочая камера на промежутке от 0 до 180 градусов увеличивается. Увеличение рабочего объёма сопровождается образованием вакуума, который способствует всасыванию рабочей жидкости. Далее, на промежутке от 180 до 360 градусов рабочая камера уменьшается, создавая давление и перекачивающее жидкость в нагнетательный трубопровод.

К преимуществам пластинчатых насосов относится:

- высокая надежность насоса;
- отсутствие пульсации рабочей жидкости;
- низкий уровень шума;
- менее требовательны к фильтрации рабочей жидкости;
- высокая ремонтпригодность;
- реверсивная работа;
- высокий объёмный КПД насоса;
- хорошая самовсасывающая способность, однако, рекомендуется располагать всасывающий патрубок ниже уровня всасывающей жидкости.

Одним из основных и самых главных параметров гидроцилиндров является его номинальное давление. В гидравлических приводах с гидроцилиндром, главным предъявляемым требованием к насосам является напор. От напора напрямую зависит производительность и эффективность гидроцилиндра. В гидроприводе насос – это основной элемент, создающий

давление. Максимальное усилие на штоке гидроцилиндра определяется по показателям площади поршня и давлению жидкости в рабочей камере гидроцилиндра.

1.1.3 Гидробак. Гидробак – это неотъемлемая часть гидравлических приводов, гидросистем и гидростанций. На первый взгляд, гидравлические баки выглядят просто, однако не стоит обманываться их внешним видом. Это куда более сложное оборудование, чем просто резервуар для хранения рабочей жидкости. Помимо хранения, гидравлические баки выполняют ряд иных, не менее важных функций, к примеру:

- предотвращают резкие перепады давления рабочей жидкости и поддерживают их на должном уровне;
- остужают рабочую жидкость, которой свойственно нагреваться в процессе работы гидросистемы;
- предотвращают вспенивание рабочей жидкости;
- очищают её от продуктов износа.

При правильно проектировании гидравлического бака, он способствует защите рабочей жидкости от переохлаждения и перегрева, что продлевает срок её службы. Также, гидробаки удаляют из жидкости воздушные пузырьки, и очищают от твердых частиц. Это способствует повышению срока службы гидросистемы и повышению её продуктивности, снижению износа отдельных частей и механизмов гидросистемы.

Гидравлические баки производятся закрытой (рисунок 8) или открытой конструкции (рисунок 9), при этом второй вариант является куда более распространённым. В подобных гидробаках не создается избыточное давление, а внутренняя полость имеет связь с внешней средой посредством отверстия или сапуна, фильтрующего воздух от пыли и предотвращающий загрязнение рабочей жидкости.

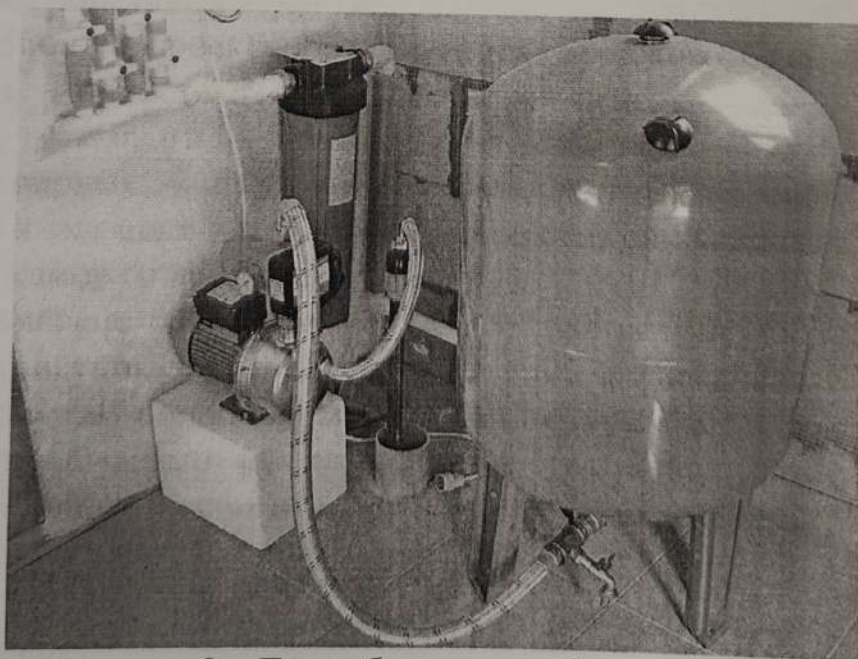


Рисунок 8 – Гидробак закрытой конструкции



Рисунок 9 – Гидробак открытой конструкции

В верхней крышке гидравлических баков располагается заливное отверстие. Как ясно из названия, через него заливается рабочая жидкость. Сливное отверстие располагается в нижней части гидробака. Отработанная жидкость сливается через него. Иногда, для повышения эффективности фильтрации рабочей жидкости от загрязнения абразивными частицами, на пробке слива устанавливается магнит. Данная модификация предотвращает проникновение абразивных частиц обратно в гидросистему. При наличии магнита на пробке, во время замены рабочей жидкости необходимо прочищать и саму пробку и, при необходимости, внутреннюю поверхность гидробака. Для промывки и очистки, в конструкции предусмотрен специальный люк. Дабы избежать реакции между металлом и техническими жидкостями, на внутренних поверхностях гидробака необходимо использовать специальные покрытия, защищающие корпус гидробака от коррозии. Зачастую гидравлические баки производятся в форме параллелепипеда и изготавливаются из нескольких частей стальным листовым прокатом, методами штамповки и формирования. После придания листам необходимой формы, в них делают технологические отверстия, а затем соединяют в единое готовое изделие посредством сварки. Верхняя поверхность гидробака, может служить для размещения гидроаппаратуры и контрольно-измерительных приборов. Гидробак состоит из следующих элементов:

- сварной корпус с перегородками;

- сливная пробка;
- заливное отверстие;
- регулируемые опоры и крепления;
- индикатор уровня жидкости.

Также, стенки гидробака могут иметь дополнительные ребра жесткости для отвода излишков тепла, или даже быть гофрированными. Это способствует поддержанию оптимальной температуры рабочей жидкости в его полости. Дно гидравлических баков может быть выполнено под наклоном. Это повышает способность гидробака отделять воду и грязь от рабочей жидкости, собирая их в области слива, и не допуская их попадания в гидросистему. Одним из главных параметров гидробаков, является их объём. Бак должен с запасом помещать в себя всю рабочую жидкость необходимую для работы гидросистемы. В гидравлических баках устанавливаются дополнительные перегородки, удлиняющие путь циркуляции рабочей жидкости. Это способствует лучшему очищению от воздушных пузырьков и твердых частиц. Впускное и выпускное отверстия рекомендуется устанавливать как можно дальше друг от друга.

Гидравлические баки могут использоваться в:

- автомобилестроении;
- промышленном водоснабжении;
- системе отоплений;
- системах водоснабжения с насосами повышенного давления;
- автономных системах водоснабжения;
- авиации;
- в сельском хозяйстве;
- строительстве;
- нефтедобыче;
- и так далее.

Основные требования, предъявляемые к гидробакам:

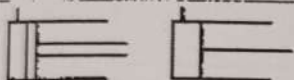
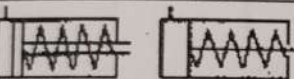
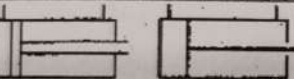
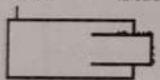
- внутренние и внешние поверхности корпуса, должны иметь специальные покрытия, защищающие его от коррозии;
- сварные швы должны быть надежными и герметичными;
- устройство бака должно обеспечивать удобный слив;
- места присоединения трубопроводов и гидравлического оборудования должны быть герметичными;
- должна быть возможность качественной очистки и промывки полости гидробака;
- горловина для залива рабочей жидкости, должна иметь в своей конструкции фильтрующий элемент и быть герметичной;
- наличие указателя уровня жидкости;
- оседающие на дне бака загрязнения и отработанные частицы не должны засасываться в гидросистему;
- бак должен эффективно отводить излишки тепла и поддерживать оптимальную температуру рабочей жидкости;

Помимо вышеперечисленных, в гидроприводах используются и другие элементы. На рисунках 10,11 и 12 показано, как разные элементы изображаются на схемах гидросистем:

ДВИГАТЕЛИ

	Двигатель (напр. электродвигатель, работающий с насосом).
	Гидравлический двигатель с нерегулируемым объемом; с потоком в одну сторону.
	Гидравлический двигатель с нерегулируемым объемом; с потоком в две стороны.
	Пневматический двигатель с нерегулируемым объемом; с потоком в одну сторону.
	Гидравлический крутящий двигатель; движение ограниченное, возвратно-поступательное. (Напр. поворотный механизм стрелы.)

ЦИЛИНДРЫ

	Односторонний цилиндр, возврат воздействием наружной силы
	Односторонний цилиндр, возврат воздействием пружины.
	Двухсторонний цилиндр.
	Плунжерный цилиндр.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Ручное управление

	Общий символ.
	Рычажное управление.
	Педадь.

Механическое управление

	С пружиной (напр. возвратное движение).
	Зашелка (напр. для придельного положения направляющего клапана).

Электрическое управление

	Соленоид (одна обмотка).
	Соленоид (две обмотки с противоположными направлениями действия).

Рисунок 10 – Схематическое отображение элементов гидросистемы

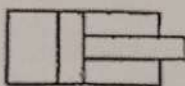
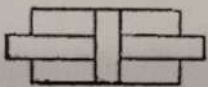
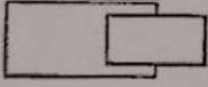
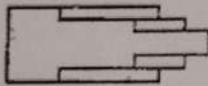
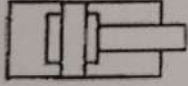
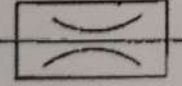
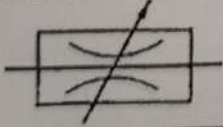
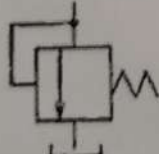
Обозначение	Описание элемента
	Гидронасос нерегулируемый с постоянным направлением потока
	Гидронасос нерегулируемый с реверсивным направлением потока
	Гидронасос регулируемый
	Гидромотор нерегулируемый с постоянным направлением потока
	Гидромотор нерегулируемый с реверсивным направлением потока
	Гидромотор регулируемый
	Гидроцилиндр поршневой с односторонним штоком
	Гидроцилиндр поршневой с двухсторонним штоком
	Гидроцилиндр плунжерный
	Гидроцилиндр телескопический
	Гидроцилиндр с торможением в конце хода
	Дроссель настраиваемый
	Дроссель регулируемый
	Клапан напорный

Рисунок 11 – Схематическое отображение элементов гидросистемы

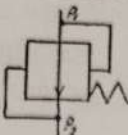
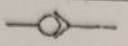
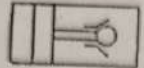
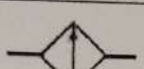
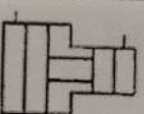
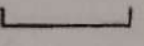
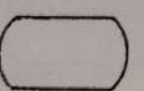
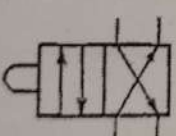
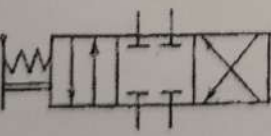
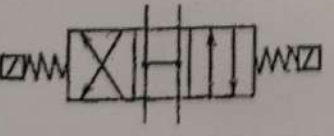
	Клапан перепада давлений ($P_1 - P_2 = \text{const}$)
	Клапан обратный
	Гидрозамок
	Гидроаккумулятор грузовой
	Гидроаккумулятор пружинный
	Гидроаккумулятор пневмогидравлический
	Фильтр
	Теплообменник
	Гидропреобразователь
	Гидробак с атмосферным давлением
	Гидробак с давлением выше атмосферного
	Гидрораспределитель четырехлинейный двухпозиционный с управлением от кулачка
	Гидрораспределитель четырехлинейный трехпозиционный с ручным управлением и перекрытым потоком в исходной позиции
	Гидрораспределитель четырехлинейный трехпозиционный с электромагнитным управлением и закольцованным потоком в исходной позиции

Рисунок 12 – Схематическое отображение элементов гидросистемы

В гидроприводах частенько применяются такие компоненты как:

- обратный клапан;
- предохранительный клапан;
- фильтр.

1.1.4 Обратный клапан. Обратный клапан – это защитный элемент трубопровода, предназначенный для недопущения изменения направления течения потока жидкости. Ключевыми параметрами данных клапанов, являются рабочее давление и присоединительный диаметр. На рисунке 13 изображен обратный клапан, а на рисунке 14 масштабы и параметры клапанов типа VU:

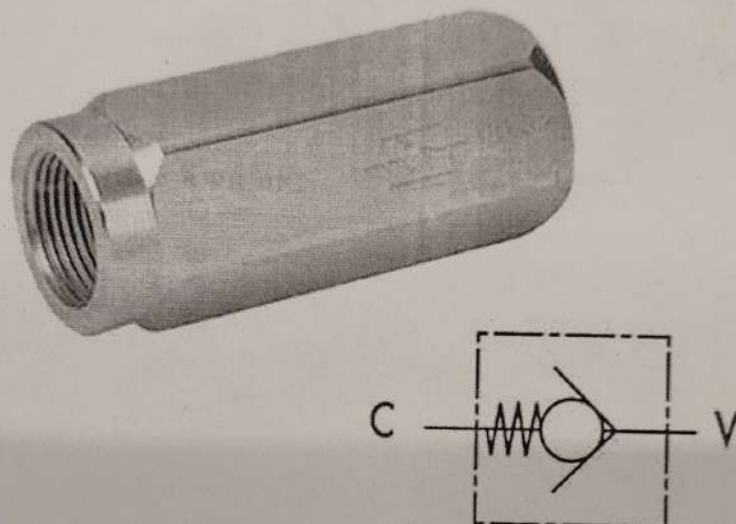
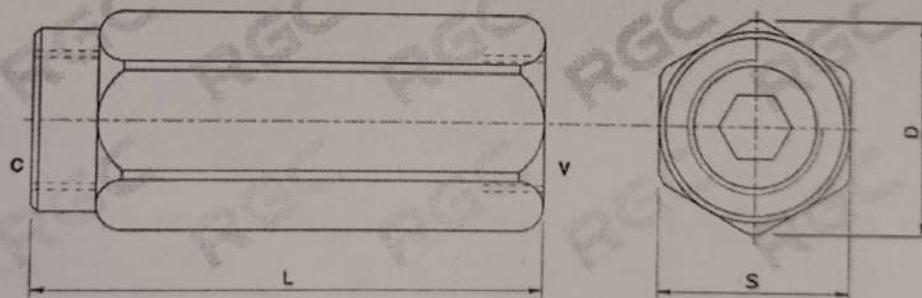


Рисунок 13 – Обратный клапан



НАИМЕНОВАНИЕ	V-C [резьба]	L [мм]	S [мм]	D [мм]	Вес [кг]
VU 1/8"	G 1/8"	44	14	16	0,038
VU 1/4"	G 1/4"	62	19	21	0,104
VU 3/8"	G 3/8"	68	24	26,5	0,184
VU 1/2"	G 1/2"	77	30	34	0,322
VU 3/4"	G 3/4"	88	36	40	0,492
VU 1"	G 1"	105	41	46	0,676
VU 1 1/4"	G 1 1/4"	135	55	63	1,646
VU 1 1/2"	G 1 1/2"	145	60	69	1,950
VU 2"	G 2"	150	70	80	2,726

Рисунок 14 – Параметры обратных клапанов типа VU

1.1.5 Предохранительный клапан. Предохранительный клапан – это защитный элемент гидропривода, воспринимающий давление перед клапаном. Он предназначен для нормализации давления рабочей жидкости в гидросистеме и срабатывает при достижении установленных параметров. Он изображен на рисунке 15:

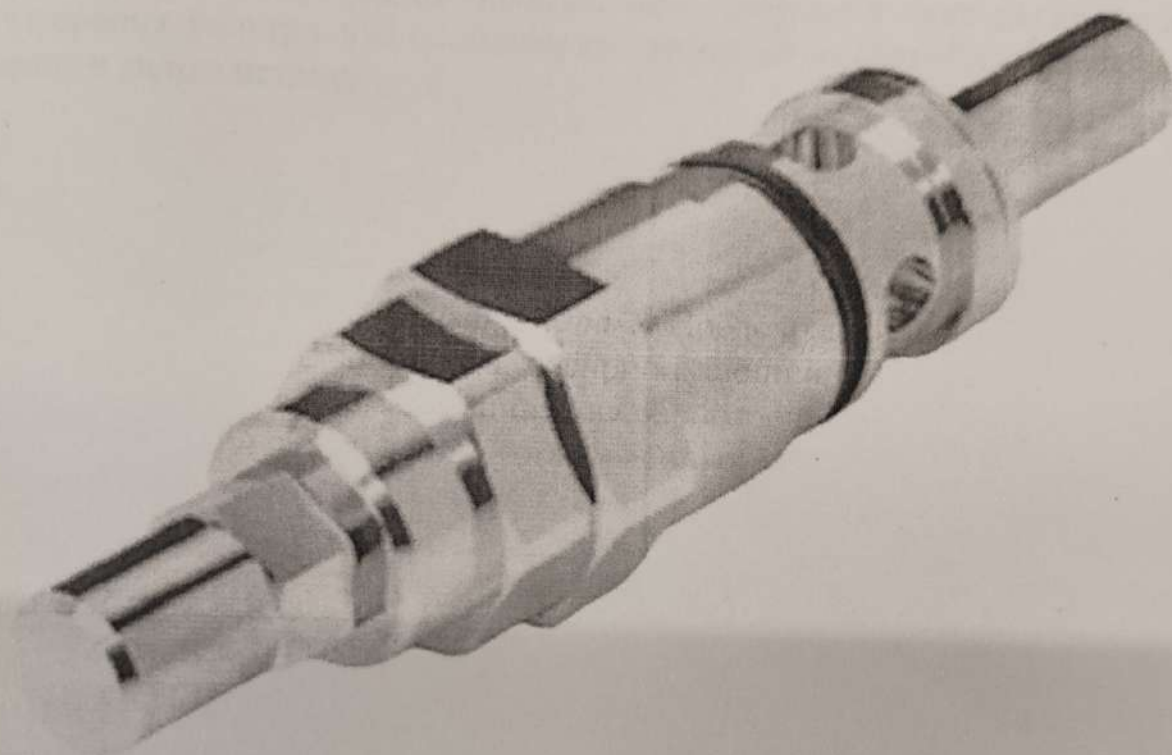


Рисунок 15 – Предохранительный клапан VMPC 80 10-120 BAR

1.2 Принцип работы гидроцилиндра

Принцип работы гидропривода основывается на законе Паскаля. Он формулируется как: «Давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.». Насос создает давление, оказываемое на рабочую жидкость. Так как давление передается на любую точку во всех направлениях, то действует и на цилиндр поршня заставляя поршень, а следовательно, и его шток передвигаться по направлению приложенных сил. Конструктивно, гидроцилиндр может быть одностороннего и двухстороннего действия. В зависимости от исполнения гидроцилиндра, рабочая жидкость может подаваться в обе полости гидроцилиндра. Регулируется подача жидкости в ту, или иную полость посредством гидрораспределителя. В зависимости от схемы гидрораспределителя, при фиксации гидроцилиндра в неподвижном состоянии, поток жидкости может быть перекрыт. В таком случае жидкость не имеет выхода и давление начинает нарастать. Это может привести к

повреждениям трубопровода и оборудования гидропривода. Для этого устанавливается предохранительный клапан, который открывается при достижении заданных параметров давления и нормализует его, направляя поток жидкости на прямую в сливной трубопровод. Предохранительный клапан используется при закрытом потоке во время фиксации поршня гидроцилиндра. Он необходим в каждом гидроприводе и выполняет защитную функцию. Он предохраняет гидропривод от поломок при замыкании гидрораспределителя, или засорения фильтра, что понижает его пропускную способность и повышает давление в гидросистеме.

2 Расчетно-проектная часть

2.1 Исходные данные

Исходные данные для разрабатываемого гидропривода:

- максимально усилие на штоке гидроцилиндра подъема: $P_{Д\max} = 100 \text{ кН} = 100000 \text{ Н}$;

- ход штока: $L_{ш} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$.

Однако, для расчёта разрабатываемой модели необходимы дополнительные данные, которыми мы задаёмся, используя рекомендуемые значения; [26]:

$L_n = L_c = 4 \text{ м}$ – длины напорных и сливных гидролиний гидроцилиндра;

$L_{вс} = 0,4 \text{ м}$ – длина всасывающей гидролинии насоса;

$n_n = 1440 \text{ мин}^{-1}$ – частота вращения вала насоса;

$P_r = 6,3 \text{ МПа}$ – рекомендуемое давление гидропривода по ГОСТ 12445-80.

Так же следует выбрать оптимальную максимальную скорость штока:

$V_{\max} = 40 \text{ мм/с}$.

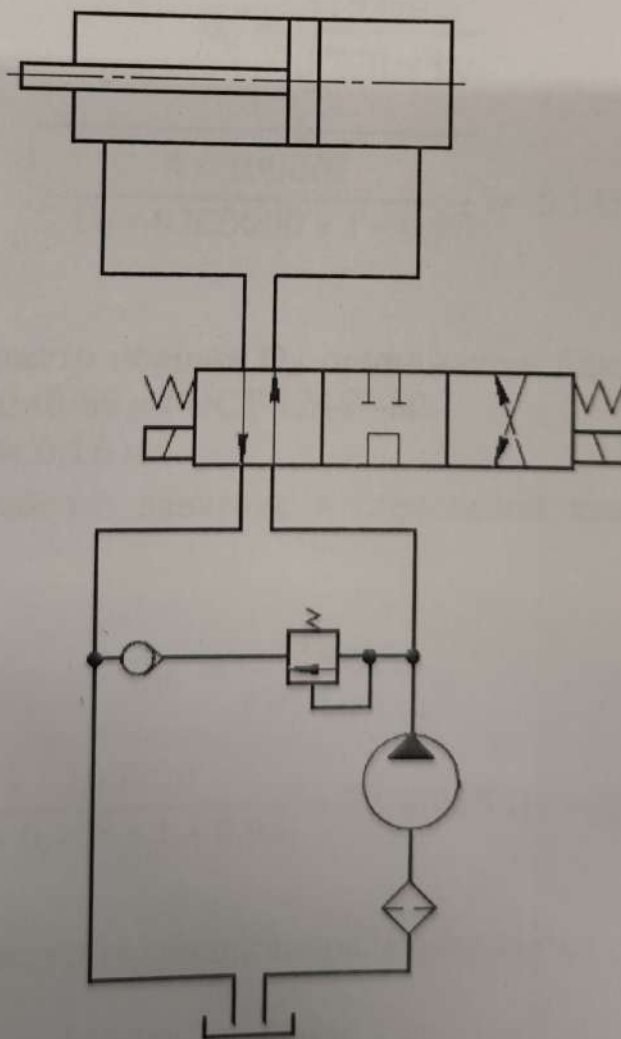


Рисунок 16 – Схема разрабатываемой гидросистемы

2.2 Выбор гидромашин и рабочей жидкости

2.2.1 Выбор гидроцилиндра. Усилие на штоке гидроцилиндра задано в исходных данных расчета, давление гидропривода берётся в качестве рекомендуемого значения, следовательно, из формулы (1), определяющей давление в поршневой полости гидроцилиндра:

$$p = \frac{P_{\text{дmax}}}{S_{\text{п}} \eta_{\text{дг}} \eta_{\text{дм}}} = \frac{P_{\text{дmax}}}{\frac{\pi D^2}{4} \eta_{\text{дг}} \eta_{\text{дм}}}, \quad (1)$$

где p - принятое стандартное давление,

$S_{\text{п}}$ - площадь поршня,

$\eta_{\text{дг}}$, $\eta_{\text{дм}}$ - соответственно гидравлический и механический КПД гидроцилиндра, $\eta_{\text{дг}} \approx 1,0$, $\eta_{\text{дм}} \approx 0,95$.

Теперь, используя равенство (1), можно выразить расчетный диаметр поршня:

$$D_p = \sqrt{\frac{4P_{\text{дmax}}}{\pi p \eta_{\text{дг}} \eta_{\text{дм}}}} \quad (2)$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 * 100000}{3,14 * 6300000 * 1 * 0,95}} = 0,1459 \text{ м.}$$

Стандартный диаметр поршня $D_{\text{д}}$ принимается ближайший (большой) в соответствии с ГОСТ 6540-68 и ГОСТ 12447-80.

Принимаем: $D_p = 0,16 \text{ м.}$

Максимальное рабочее давление в поршневой камере вычисляется по формуле:

$$P_{\text{дп}} = \frac{4P_{\text{дmax}}}{\pi D_{\text{д}}^2 \eta_{\text{дг}} \eta_{\text{дм}}}, \quad (3)$$

$$P_{\text{дп}} = \frac{4 * 100000}{3,14 * 0,16^2 * 1 * 0,95} = 5238015 \text{ Па} = 5,3 \text{ МПа.}$$

Максимальный расход гидроцилиндра, вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{д}} = \frac{\pi D_{\text{д}}^2 V_{\text{дmax}}}{4 \eta_{\text{до}}}, \quad (4)$$

$$Q_d = \frac{3,14 * 0,16^2 * 40 * 10^{-3}}{4 * 0,99} = 0,000812 \text{ м}^3/\text{с} = 0,812 \text{ л/с},$$

где $\eta_{до}$ – объемный КПД гидромотора, $\eta_{до} \approx 0,98-0,99$.

Максимальное рабочее давление в штоковой полости (если имеется 2 рабочие камеры гидроцилиндра), вычисляется по формуле:

$$P_{дш} = \frac{4P_{дmax}}{\pi(D_d^2 - d_d^2)\eta_{дг}\eta_{дм}}, \quad (5)$$

$$P_{дш} = \frac{4 * 100000}{3,14(0,16^2 - 0,05^2) * 1 * 0,95} = 5804900 \text{ Па} = 5,8 \text{ МПа},$$

где $d_d = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$ – стандартный диаметр штока, по ГОСТ12447-80.

2.2.2 Выбор насосов. Пластинчатый насос типа Г12-23.

$Q_n = 50 \text{ л/мин} = 0,83 \text{ л/с} = 0,00083 \text{ м}^3/\text{с}$ – номинальная подача при 1440 мин⁻¹.

Номинальное давление $P_n = 6,3 \text{ МПа}$.

КПД:

- объемный $\eta_{но} = 0,88$;

- общий при 950 мин⁻¹ $\eta = 0,8$;

- общий при 1440 мин⁻¹ $\eta_{об} = 0,82$.

Допустимая геометрическая высота всасывания $L_{вс} = 0,5 \text{ м}$.

Рабочая жидкость – масло индустриальное 20 или 30.

2.2.3 Выбор рабочей жидкости. Масло индустриальное – И-20А (приложение А).

Диапазон рабочих температур $(-10; +60) ^\circ\text{С}$.

Кинематическая вязкость при $+50 ^\circ\text{С} = 20 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Плотность $= 900 \text{ кг/м}^3$.

Учитывая параметры выбранного нами насоса, мы можем более точно рассчитать время полного хода штока, используя формулу:

$$t_{ш} = \frac{S_{ш} \times L_{ш}}{Q_n \times \eta_{но}} \quad (6)$$

$$t_{ш} = \frac{0,020096 \times 0,5}{0,00083 \times 0,88} = 13,75 \text{ с}.$$

Используя полученное значение времени полного хода штока, вычислим максимальную скорость хода штока по формуле:

$$V_{Д\max} = L_{ш}/t_{ш},$$

$$V_{Д\max} = 0,5/13,75 = 0,0364 \text{ м/с} = 36,4 \text{ мм/с.} \quad (7)$$

2.3 Выбор гидроаппаратуры и вспомогательных устройств

2.3.1 Расчет труб гидролиний и потерь давления. Расчетный диаметр труб вычисляется по формуле:

$$d_p = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V_0}}, \quad (8)$$

$$d_p = \sqrt{\frac{4 * 0,00083}{3,14 * 3}} = 0,019 \text{ м} \approx 20 \text{ мм},$$

где Q_p – расчетный (максимальный) расход в соответствующей гидролинии при рабочем ходе поршня;

V_0 – оптимальная скорость рабочей жидкости:

- для напорных гидролиний $V_0 = 3-5 \text{ м/с}$;
- для сливных – $V_0 = 2-3 \text{ м/с}$;
- для всасывающих – $V_0 = 0,7-1,2 \text{ м/с}$.

Учесть, что расход в гидролинии штоковой полости гидроцилиндра будет вычисляться по формуле:

$$Q_{р\ шп} = \frac{\pi V_{Д\eta_{но}}}{4} (D_{Д}^2 - d_{Д}^2), \quad (9)$$

$$Q_{р\ шп} = \frac{3,14 * 0,0364 * 0,88}{4} (0,16^2 - 0,05^2) = 0,00058 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Диаметр труб сливной гидролинии, определим по формуле:

$$d_{р\ сл} = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V_0}}, \quad (10)$$

$$d_{р\ сл} = \sqrt{\frac{4 * 0,00058}{3,14 * 3}} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}.$$

Диаметр всасывающей гидролинии, вычисляется по формуле:

$$d_{p\text{ вс}} = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V_0}}, \quad (11)$$

$$d_{p\text{ вс}} = \sqrt{\frac{4 * 0,00083}{3,14 * 1,2}} = 0,03 \text{ м} = 30 \text{ мм}.$$

Диаметры труб напорных гидролиний насосов примем равными диаметру труб общей напорной гидролинии.

2.3.2 *Расчет толщины стенки трубы.* Необходимая расчетная толщина стенки трубы, определим по формуле:

$$\begin{aligned} \delta_p &= \delta_1 + \delta_2, \\ \delta_p &= 0,5 + 1 = 1,5 \text{ мм} \approx 2 \text{ мм}, \end{aligned} \quad (12)$$

где δ_1 – часть толщины, обеспечивающая достаточную прочность;
 δ_2 – часть толщины, обеспечивающая необходимую долговечность трубы.
 Согласно ГОСТ 3845-75, формула:

$$\delta_1 = \frac{P_p \times d_p}{2\sigma_{\text{доп}}}, \quad (13)$$

$$\delta_1 = \frac{7,875 \times 0,02}{2 \times 172,4} = 0,00046 \text{ м} = 0,5 \text{ мм},$$

где P_p – расчетное давление на прочность:

$$\begin{aligned} P_p &= 1,25P, \\ P_p &= 1,25 \times 6,3 \text{ МПа} = 7,875 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (14)$$

где P – максимальное давление в соответствующей гидролинии);

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение, равное 40% от временного сопротивления разрыву; для наиболее распространенных сталей для труб $\sigma_b = 350-420 \text{ МПа}$;

Для стали 20Х $\sigma_b = 431 \text{ МПа}$ [ГОСТ 4543-71], следовательно, $\sigma_{\text{доп}} = 172,4 \text{ МПа}$.

δ_2 – принять равным 1,0 мм, полагая, что скорость коррозии равна 0,2мм/год, а срок службы установки – 5 лет.

По условиям механической прочности (случайные удары и т. п.) $\delta \geq 2 \text{ мм}$.
 Окончательно внутренний диаметр труб d , наружный d_n и толщину δ выбирают по ГОСТ 8734-78.

Диаметр труб напорной и сливной гидролиний:

$$d = 20 \text{ мм}$$

$$d_n = 24 \text{ мм}$$

Диаметр труб всасывающей гидролинии:

$$d = 30 \text{ мм}$$

$$d_n = 34 \text{ мм}$$

2.4 Потери давления в гидролиниях

Для определения сопротивления общего участка гидросети и для построения линии пьезометрического напора потери давления рекомендуется рассчитывать при расходе, соответствующему нормальной подаче насоса.

Скорость жидкости в напорной гидролинии:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (15)$$

$$V = \frac{4 * 0,00083}{3,14 * 0,02^2} = 2,64 \text{ м/с.}$$

Скорость жидкости в сливной гидролинии:

$$V = \frac{4Q_c}{\pi d^2}, \quad (16)$$

$$V = \frac{4 * 0,00058}{3,14 * 0,02^2} = 1,85 \text{ м/с.}$$

Скорость жидкости во всасывающей гидролинии:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (17)$$

$$V = \frac{4 * 0,00083}{3,14 * 0,03^2} = 1,17 \text{ м/с.}$$

2.4.1 Потери давления по длине в участках гидролиний. Линейные потери давления, определяются по формуле (18):

$$\Delta P_{\text{дл}} = \lambda \frac{l \rho V^2}{2d}, \quad (18)$$

$$\Delta P_{\text{дл}} = 0,044 \frac{4 * 900 * 2,64}{2 * 0,02} = 10454,4 \text{ Па} = 0,105 \text{ МПа},$$

где λ – коэффициент Дарси, зависит от числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}, \quad (19)$$

$$Re = \frac{2,64 * 0,02}{0,00002} = 2640.$$

Так как $Re > 2300 \Rightarrow$ режим течения турбулентный.

Формула коэффициента гидравлического трения для турбулентного режима течения:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (20)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{2640^{0,25}} = 0,044.$$

2.4.2 Потери давления в местных сопротивлениях. Потери напора в колене:

$$\Delta P_{\text{м}} = \zeta_{\text{отв}} \times \frac{V^2}{2g}, \quad (21)$$

$$\Delta P_{\text{м}} = 0,178 \times \frac{2,64^2}{2 \times 9,8} = 0,063 \text{ МПа}.$$

Для отводов круглого сечения с углом 90° и $R/d \geq 1$ при турбулентном течении можно воспользоваться эмпирической формулой:

$$\zeta_{\text{отв}} = 0,051 + \frac{0,19d}{R}, \quad (22)$$

$$\zeta_{\text{отв}} = 0,051 + \frac{0,19 \times 0,02}{0,03} = 0,178.$$

Потери напора в гидрораспределителе:

Для определения потерь напора в гидрораспределителе, необходимо рассчитать потери на входе (сужение) и на выходе (расширение) из него. Для этого необходимо знать площадь проходного сечения выбранного гидрораспределителя. В моем случае, это гидрораспределитель модели ВЕ6.64.Г24. По его техническим характеристикам условный проход равен 6 мм = 0,006 м. Рассчитаем площадь проходного сечения гидрораспределителя:

$$S_r = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (23)$$
$$S_r = \frac{3,14 \times 0,006^2}{4} = 0,00002826 \text{ м}^2.$$

Имея площадь проходного сечения, мы можем рассчитать потери давления на входе в гидрораспределитель:

$$h_{\text{суж.}} = \zeta_{\text{суж.}} \frac{V^2}{2g}, \quad (24)$$
$$h_{\text{суж.}} = 0,455 \frac{2,64^2}{2 \times 9,8} = 0,16 \text{ МПа.}$$

где $\zeta_{\text{суж}}$ — коэффициент сопротивления сужения, и определяется он по полуэмпирической формуле И.Е. Идельчика:

$$\zeta_{\text{суж}} = 0,5 \left(1 - \frac{S_r}{S_T} \right), \quad (25)$$
$$\zeta_{\text{суж}} = 0,5 \left(1 - \frac{0,00002826}{0,000314} \right) = 0,455,$$

где S_T — площадь проходного сечения напорного трубопровода:

$$S_T = \frac{\pi d_p^2}{4}, \quad (26)$$
$$S_T = \frac{3,14 \times 0,02^2}{4} = 0,000314 \text{ м}^2.$$

Далее, рассчитаем потери напора на выходе из гидроцилиндра, используя формулу местной потери напора на расширение:

$$h_{\text{суж.}} = \left(1 - \frac{S_r}{S_T}\right)^2 \frac{V_r^2}{2g}, \quad (27)$$

$$h_{\text{суж.}} = \left(1 - \frac{0,00002826}{0,000314}\right)^2 \frac{2,94^2}{2 \times 9,8} = 0,37 \text{ МПа},$$

где V_r – скорость потока в гидрораспределителе :

$$V_r = \frac{Q}{S_r}, \quad (28)$$

$$V_r = \frac{0,00083}{0,0002826} = 2,94 \text{ м/с}.$$

2.4.3 Полные потери давления при расчетном расходе. Полные потери давления характеризуются суммой потерь по длине и местных сопротивлений:

$$\Delta P_{\text{п}} = \sum \Delta P_{\text{дл}} + \sum \Delta P_{\text{м}}, \quad (29)$$

$$\Delta P_{\text{п}} = 0,105 + 5 \times 0,063 + 0,37 + 0,16 = 0,95 \text{ МПа}$$

Изменение давления жидкости в трубопроводе наглядно изображено на рисунке 17:

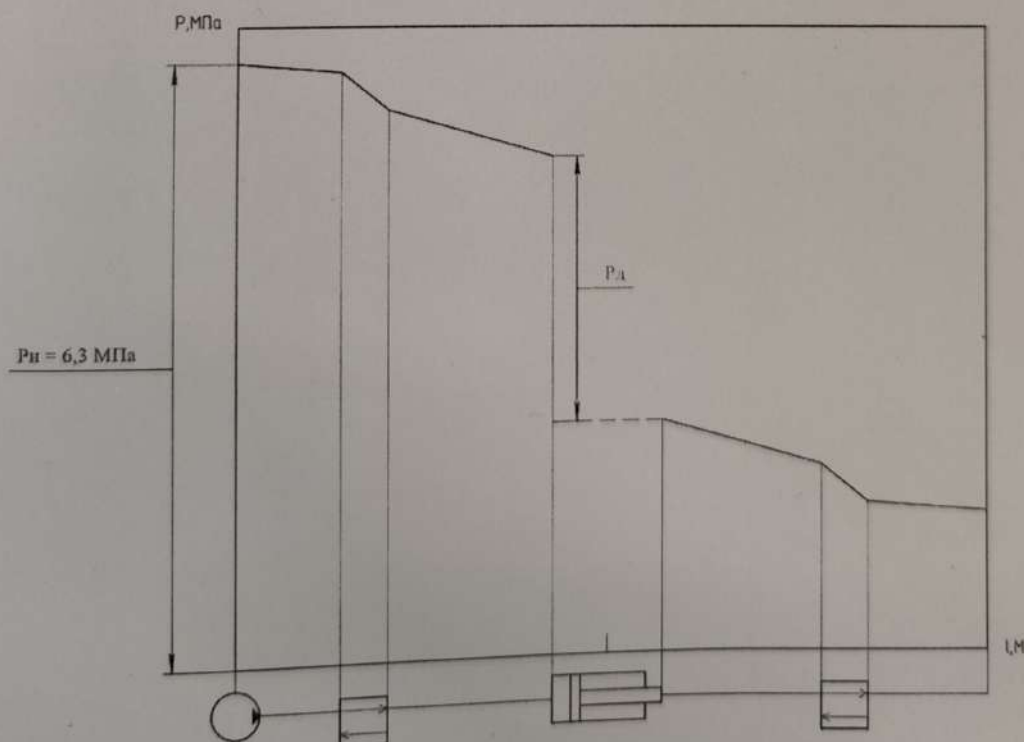


Рисунок 17 – схема абсолютной линии давления в гидросистеме

2.5 Мощность насоса

Нерегулируемый насос.

Мощность насоса определяется при рабочем ходе гидродвигателя:

$$N = \frac{PQ}{\eta_n}, \quad (30)$$
$$N = \frac{6,3 * 10^6 * 0,00083}{0,88} = 5942 \text{ Вт},$$

где P, Q - давление и расход в соответствующем режиме.

Выбранный пластинчатый насос типа Г12-23 полностью соответствует расчетным параметрам.

3 Патентная часть

Для сбора дополнительных данных, я обратился к уже существующим патентам, связанным с защитными чехлами штокам. Известен гидроцилиндр по патенту РФ №2534331, МПК: F15B 15/20, F15B 20/00, F15B 1/04; опубл. 27.11.2014. Он использовался в качестве прототипа для предлагаемой полезной модели. Данный гидроцилиндр содержит гофрированный кожух, выполненный в форме сильфона, внутренняя полость которого соединена пневматическим приводом с пружинным пневматическим аккумулятором. Использование в конструкции гофрированного кожуха пневматического привода с пружинным пневмоаккумулятором, позволяет изолировать внутреннюю полость кожуха от воздействия агрессивной внешней среды. Так как объём внутренней полости пневмопривода с пружинным пневмоаккумулятором позволит решить проблему герметичности. Однако такое устройство значительно усложнит конструкцию гидроцилиндра. Так же, данная конструкция представляется достаточно громоздкой и может привести к повышению затрат на её обслуживание и ремонт.

Для проектирования защитного гофрированного кожуха для разрабатываемого гидроцилиндра, в качестве прототипа использовался защитный кожух по патенту RU 172589 U1 (изображен на рисунке 18), МПК: F15B 15/20; опубликовано: 2017.07.13. Авторами данного патента являются: Беляев Дмитрий Владимирович и Качелков Михаил Александрович.

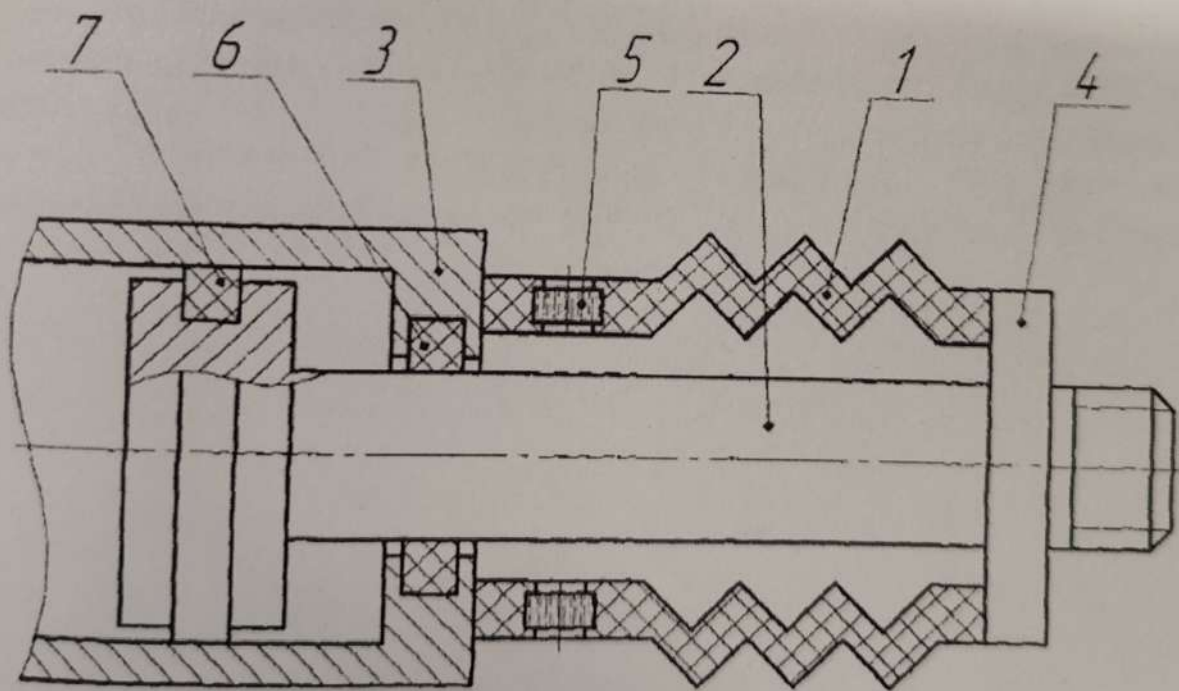


Рисунок 18 – Патент RU 172589 U1

При разработке своего патента, автор поставил перед собой задачу модернизировать патент РФ №2534331, в котором использовался пневматический привод с пружинным пневматическим аккумулятором, а

именно: “упростить конструкцию и уменьшить габаритные размеры гидроцилиндра за счет введения в конструкцию сильфона самоочищающегося фильтрующего элемента, тем самым повысить надежность работы гидросистемы”. Автор справился с решением поставленной задачи следующим образом: взяв за основу сильфон (гофрированный кожух), аналогичный примененному в патенте РФ №2534331, он не стал добавлять в конструкцию пневмопривод с пружинным пневмоаккумулятором, а заменил его на куда более компактный самоочищающийся воздушный фильтр 5 и встроил его в сильфон. Данный фильтр предназначен для очищения воздуха при выдвижении штока гидроцилиндра и его выпуске при обратном движении штока, благодаря чему внутренняя полость сильфона сообщается с окружающей средой, без её загрязнения в процессе. Таким образом, при возвратно-поступательном движении штока, в полости сильфона не образуются перемены давлений, способные повлиять на его работу или целостность. Самоочищение примененного фильтра достигается, посредством выпуска воздуха из сильфона, который при втягивании штока высвобождается из сильфона через фильтр продувая и очищая его.

При проектировке своего гофрированного кожуха, я вдохновлялся идеей данного патентообладателя и использовал ранее упомянутую идею для модернизации защиты штока гидроцилиндра. Однако для создания защитного кожуха, необходимо для начала спроектировать гидроцилиндр, ведь каждый случай может быть, в своём роде, уникальным и, как следствие, требовать индивидуального подхода для большинства отдельных случаев. Множество компаний, выпускающих защитные кожухи, запрашивают габаритные размеры и параметры гидроцилиндра, или же сам гидроцилиндр для проектирования защитного кожуха на его шток. Одной из подобных компаний производителей, является ДОНТЕХГРУПП (российский производитель), чей эскиз защитного неармированного гофрированного кожуха, послужил основой разрабатываемой полезной модели.

4.1 Разработка мероприятий по защите полированного штока гидроцилиндра

Для защиты рабочей жидкости гидроприводов от загрязнения, используют гидравлические фильтры. Однако, данных мер защиты не всегда достаточно! При эксплуатации гидроприводов в условиях агрессивной среды, загрязнения могут собираться на поверхности штока гидроцилиндра и при его возвратно-поступательном движении, проникать в полость гидроцилиндра, повреждая при этом уплотнения штока (что приводит к протёкам) и загрязняя рабочую жидкость. Это может привести к повреждениям поршня, штока, золотника гидрораспределителя и т.д. Поэтому необходимо использовать дополнительные меры защиты. Таковыми являются чехлы штока и защитные гофрированные кожухи.

Ремонт гидроцилиндров весьма затратное мероприятие, которое требует значительных затрат времени и средств. В этом случае, эффективным средством защиты штоков гидроцилиндров станет защитный гофрированный кожух, который стоимостью обходится в десятки раз дешевле, чем вышеперечисленные затраты. Изготовление защитных кожухов на шток, позволит в несколько раз увеличить срок службы гидропривода, избавив потребителей от внепланового ремонта на внушительный срок. Наиболее часто заменяемые и ремонтируемые части гидроцилиндров — это уплотнения и штоки. В гидроцилиндре первым уплотнением является грязесъёмник. Его основной функцией является предотвращение попадания в гидроцилиндр различных мелких частиц. Даже незначительные повреждения грязесъёмника, могут серьёзно сказаться на качестве его работы и как следствие, привести к серьёзным дорогостоящим поломкам гидросистемы. Защитные кожухи позволят защитить грязесъёмник, продлив его срок службы, защитив от внешних повреждений и влияния агрессивной среды. К таковой можно отнести:

- щелочные растворы;
- кислотные растворы;
- нефтепродукты;
- абразивы строительных материалов,
- воздействие влаги;
- капли раскаленного металла;
- световое и тепловое излучение;
- окалина;
- пыль;
- и другие.

Существуют несколько видов гофрированных кожухов и чехлов штока. Рассмотрим некоторые из них:

Защитные гофрированные кожухи для штоков. Их еще иногда называют: пыльник, сильфон, чехол гофрированный, гофра круглая. Гофра штока способна предотвратить различные повреждения, или негативные воздействия на шток в различных условиях эксплуатации техники. Данные гофры состоят из гофрированных складок, которые надежно препятствуют попаданию грязи, пыли, влаги, нефтепродуктов, химических веществ, стройматериалов и т.д. на шток. Данный кожух способен не просто предотвратить попадание различных видов загрязнений на поверхность штока, но и защитить его от серьезных внешних физических воздействий. К примеру: от камней, металлических деталей, породы и различных тяжелых компонентов, используемых в строительстве и производстве. Конструкция подобных гофр надежно защищает дорогостоящее оборудование, амортизируя внешнее физическое воздействие на шток. В таком случае может деформироваться сам гофрированный чехол, а если точнее армированные кольца, вшитые в его гофрированные складки. Но наличие чехла сведёт повреждение штока и стоимость его ремонта к минимуму. *Гофра круглая армированная для гидроцилиндров* (представлена на рисунке 19) имеет специальные металлические, формообразующие кольца, вшитые в каждую её гофрированную складку и пружины сжатия.

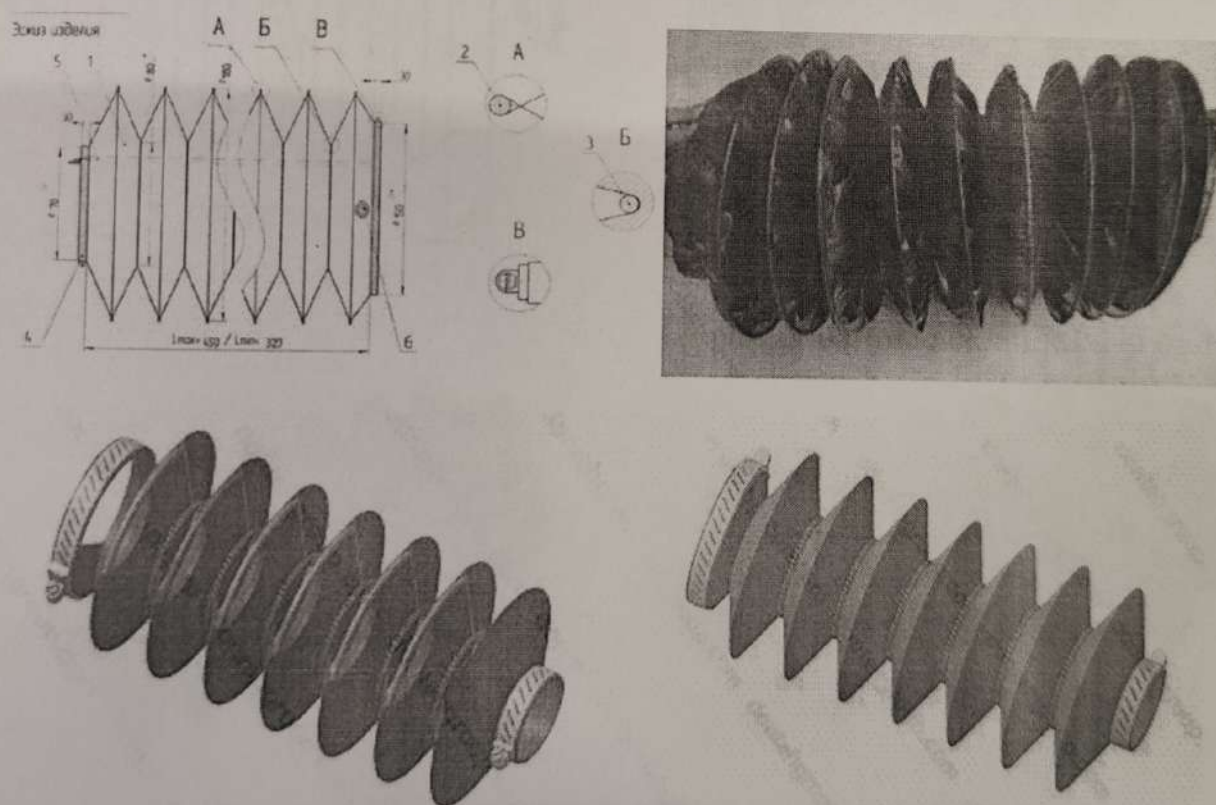


Рисунок 19 – Гофра штока круглая армированная

Но наличие металлических формообразующих колец не является обязательным. Существуют гофрированные чехлы, в которых они не используются. Данный вид гофр носит название - *неармированные круглые гофры для гидроцилиндров* (представлены на рисунке 20). Так как в данных

гофрах отсутствуют металлические кольца, они защищают шток от внешних физических воздействий значительно хуже, чем их армированные аналоги. Но при этом имеют больший коэффициент сжатия. Оба вида гофр отлично защищают шток от воздействия агрессивной среды. Неармированные более практичны при высоком показателе хода штока, так как отсутствие металлических колец дает им выигрыш в коэффициенте сжатия. Тем временем армированные гофры лучше защитят от внешнего физического воздействия, что лучше подходит в опасных условиях работы, к примеру, шахтовых, или строительных работах. При изготовлении данных защитных кожухов, зачастую используются специальные уникальные материалы. Они способны выдерживать высокий спектр температурных показателей от -60°C до $+800^{\circ}\text{C}$. Материалы гофрированных чехлов устойчивы к постоянным динамическим нагрузкам, а также имеют устойчивость к различным химическим веществам и примесям.

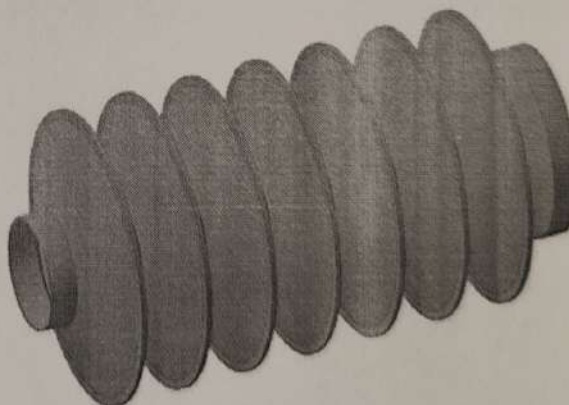
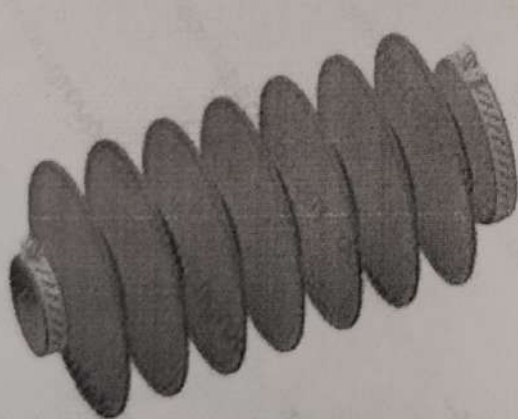
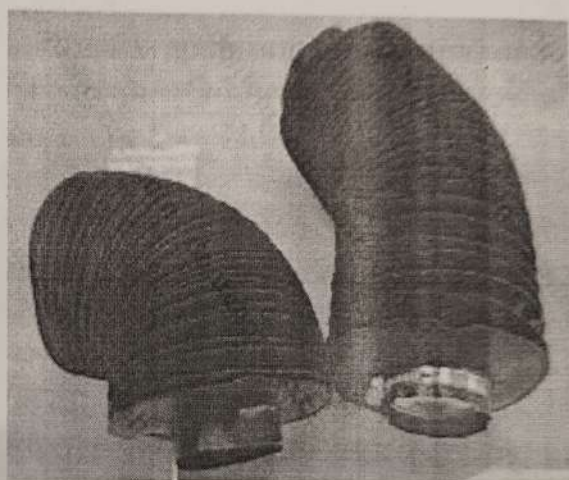
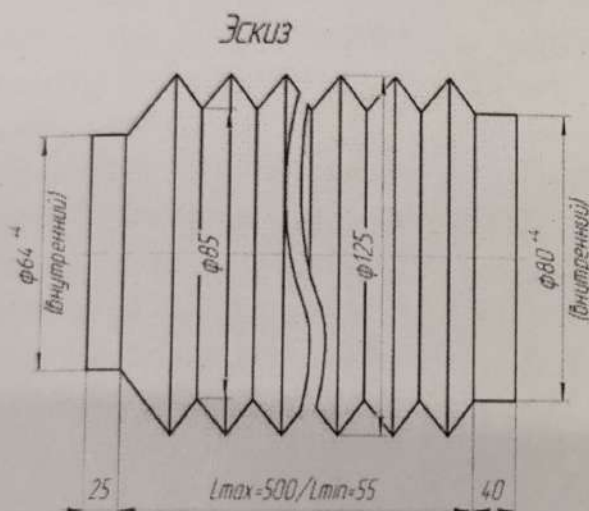


Рисунок 20 – Неармированные круглые гофры.

Кожух для штока не имеет гофрированных складок, специальных пружин и металлических формообразующих колец (изображен на рисунке 21). Он имеет форму рукава и может изготавливаться из специальной высокопрочной, термостойкой ткани. Они имеют более низкую цену и используются, при отсутствии завышенных требований к низким, или наоборот высоким

температурным условиям. Кожух может иметь цилиндрическую, или конусную форму. Чехлы могут иметь в своей конструкции специальные люверсы с фильтрующей сеткой, которая используется для предотвращения образования конденсата в полости чехла. Ещё, в некоторых кожухах, используются вшитые молнии. Они обеспечивают быстрый доступ к элементам штока и гидроцилиндра без необходимости длительного разбора данного узла. В некоторых вариантах данных кожухов молния вшивается по диагонали. Это делает сжатие минимальным. Иногда, молния закрывается изнутри чехла, что позволяет избежать любых мелких повреждений штока от соприкосновения.

Несмотря на разницу в стоимости кожухов, нельзя с абсолютной уверенностью сказать, какой из данных видов лучше, а какой хуже. Каждая разновидность имеет свои явные преимущества перед другими. Хотя армированные гофры и являются самыми дорогими, это не значит, что они являются самыми лучшими. Из-за наличия металлических формообразующих колец и специальных пружин, их способность к сжатию значительно ограничена. Рассмотрим следующий пример: имеется гидроцилиндр с максимальным вылетом штока в 3 метра и минимальным сжатием 75 мм. У данного штока коэффициент сжатия будет равен 1:40. Изготовление круглой гофры для данного штока будет просто невозможным, так как максимальный коэффициент сжатия данного типа чехлов равен 1:30. Зато отличным решением данной проблемы станет использование негофрированных кожухов выполненный в виде рукава, или конусообразный кожух, армированные кольца которого входят друг в друга.

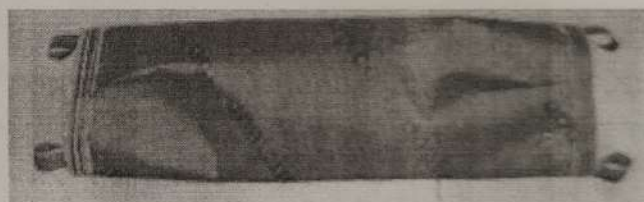
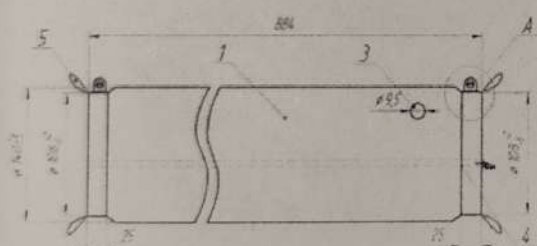


Рисунок 21 – Негофрированный кожух для штока

Так же, существуют *квадратные гофры* (изображены на рисунке 22). Они представляют собой сложные гофрированный кожухи квадратной формы, с различными типами крепления. Данный тип гофры зачастую используется в качестве чехла для защиты штоков гидроцилиндров гидроборта.

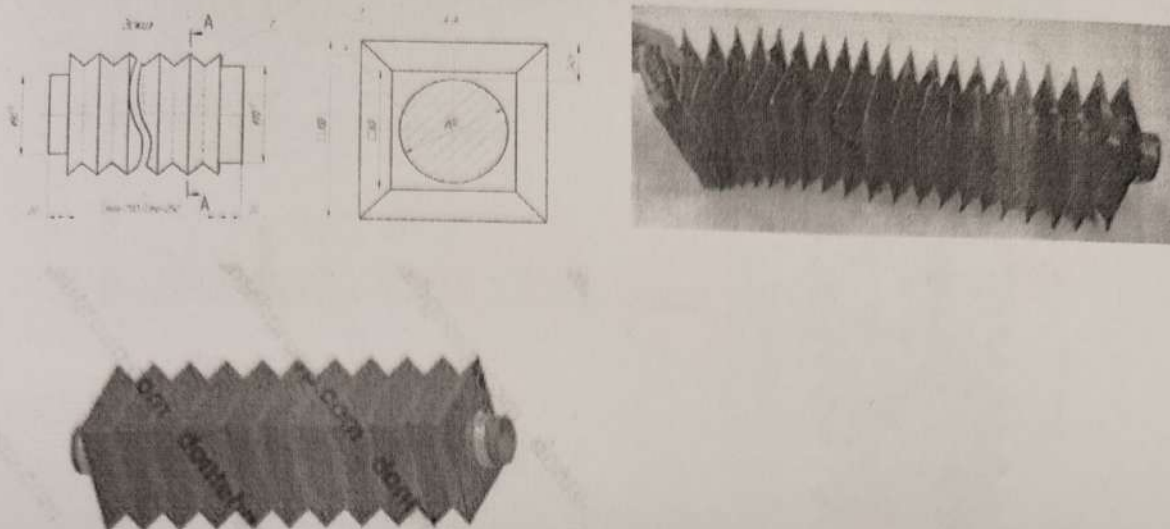
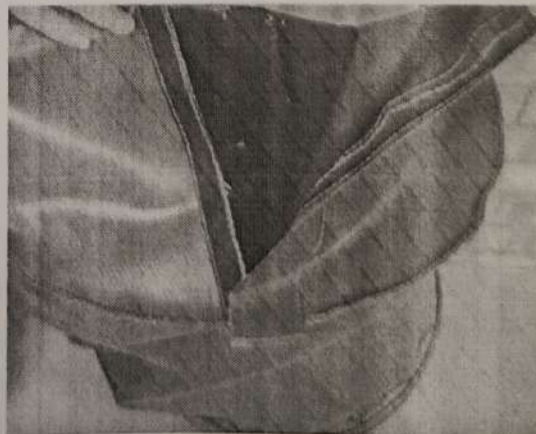
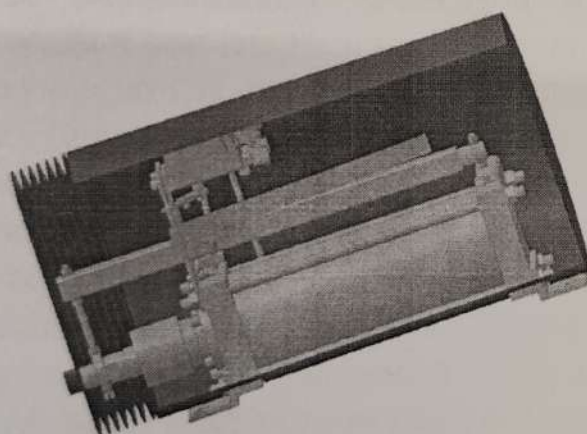


Рисунок 22 – Квадратный гофрированный кожух.

Помимо всех вышеперечисленных видов защиты штока гидроцилиндра, существуют *сложные комбинированные защиты*, они представлены на рисунке 23.



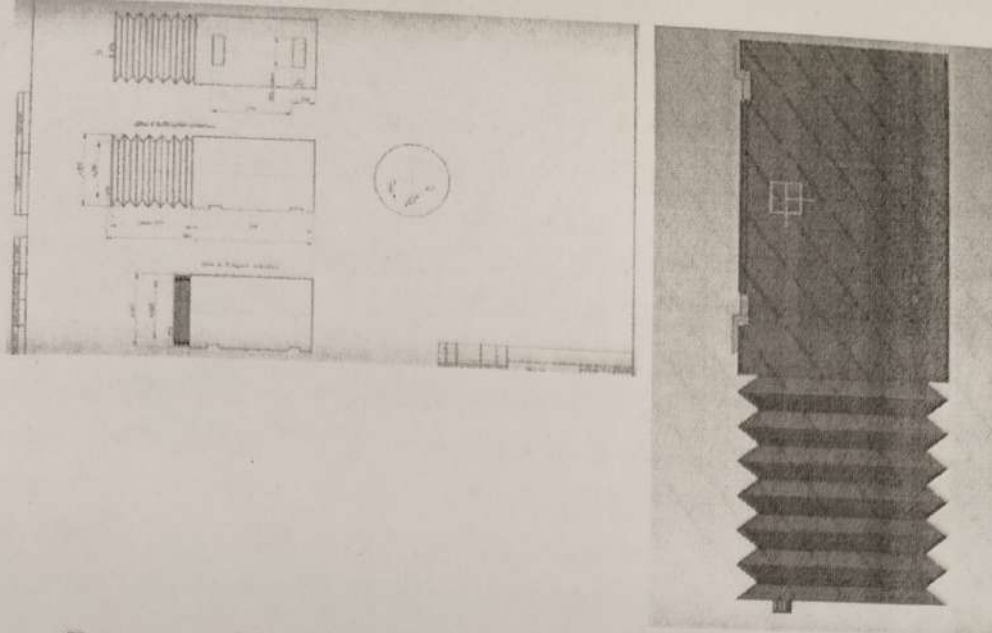


Рисунок 23 – Сложный комбинированный кожух

Для защиты подвижных элементов оборудования, подходят гофрированные кожухи. Для защиты статических элементов оборудования, применяются негофрированные кожухи. Однако, в некоторых случаях, необходимо защитить и подвижные элементы (шток), и неподвижные элементы. В качестве неподвижных элементов могут выступать: датчики, клапаны, регуляторы, да и сам гидроцилиндр в целом, а также иные элементы, смежные с ним. В случае, когда необходимо защитить и шток, и гидроцилиндр, вместо установки двух защитных кожухов, выгоднее использовать сложные комбинированные защиты, включающие в себя негофрированную часть, для защиты гидроцилиндра и гофрированную, для защиты штока. Использование цельного комбинированного кожуха повысит эффективность защиты элементов гидропривода от воздействия агрессивной среды. Благодаря своей непрерывности данный сложный кожух исключает вероятность попадания загрязнений через место стыка двух обычных кожухов.

Из темы данного дипломного проекта «Разработка конструкции гидроцилиндра гидропривода с ходом штока 500 мм и максимальным усилием на штоке 100 кН» становится ясно что мы разрабатываем рабочий гидропривод. И в качестве его модернизации я выбрал защиту штока гидроцилиндра. Для штока ходом 500 мм необходимо разработать защитный кожух. За основу своего кожуха, в качестве прототипа я выбрал неармированный гофрированный кожух. Данный выбор обоснован отсутствием повышенных требований защиты, от внешнего физического воздействия на шток и наличием подвижного элемента с немалым ходом. При возвратно-поступательном движении штока, негофрированный кожух будет максимально сближаться со штоком. Данный факт будет негативно сказываться, как на штоке гидроцилиндра, так и на самом кожухе. Сжатие негофрированного кожуха на длину равную 500 мм может привести к его повышенному износу и даже к его разрыву. Поэтому вариант с использованием негофрированного кожуха для защиты штока разрабатываемого

гидроцилиндра был исключён. Использование армированного гофрированного кожуха, было бы целесообразным при эксплуатации оборудования в условиях повышенной опасности повреждения штока внешним физическим воздействием, к примеру: в гидравлической крепи в забое горных выработок, мощных карьерных экскаваторов, или землеройной технике. Однако требований к разработке подобных, защищенных от физических воздействий гидроприводов не было предъявлено, а необдуманное применение армированных гофрированных кожухов, может привести к нецелесообразному повышению стоимости оборудования и повышению габаритов гидроцилиндра за счет удлинения вылета штока, из-за меньшего коэффициента сжатия армированных гофр, в сравнении с их неармированными аналогами. Исходя из всего вышеперечисленного, наиболее оптимальным и экономически выгодным вариантом, будет использование неармированных защитных гофр в качестве основы разрабатываемого прототипа.

Ознакомившись с конструкцией защитных гофрированных кожухов, я обнаружил проблему их эксплуатации в условиях повышенной загрязненности воздуха. Данной проблемой является невозможность создавать полностью герметичный защитный кожух. Данный недостаток при разработке защитных кожухов для штоков гидравлических цилиндров, заключается в следующем. При работе гидроцилиндра, его шток выполняет возвратно-поступательные действия. При выдвижении штока в полости между штоком и защитным кожухом образуется область пониженного давления (вакуум). Это обуславливается повышением объема полости кожуха, при отсутствии повышения объема воздуха, находящегося в нём. А при втягивании штока, образуется область повышенного давления, что обуславливается понижением объема полости кожуха, при постоянном объеме воздуха в нём. Поэтому защитные кожухи необходимо производить с отверстием, нарушающим его герметичность. При помощи данного отверстия, полость внутри кожуха сообщается с внешней средой, нормализуя внутреннее давление полости кожуха. Однако, вместе с воздухом в полость кожуха проникают и различные загрязнения. Попадая в полость кожуха, грязь и абразивные частицы оседают и прилипают на масляной поверхности штока. Это влечет за собой повышенный износ грязесборника и уплотнений штока и как следствие, к их повреждению, что в свою очередь, приводит к более серьезным поломкам, таким как протекание масла, замыкание штока и так далее.

5.1 Факторы влияющие на стоимость изделия

При расчете стоимости производства единицы спроектированного гидроцилиндра, не стоит забывать и о различных факторах, влияющих на его ценообразование. Цена может сильно варьироваться в зависимости от таких факторов как:

- *Цена сырья и материала.* Главным фактором, влияющим на цену данного пункта, являются поставщики. В зависимости от каналов поставки сырья производителя или потребителя (в зависимости от того, кто по договору поставляет необходимый материал), цена материала может повыситься до полтора раза. Это зависит от места добычи, обработки, качества и количества поставляемого материала. Поэтому, при отсутствии связей с поставщиками необходимого материала, потребители зачастую договариваются о поставке материала с производителем изделия.

- *Стоимость отливки, поковки и механической обработки.* На разных предприятиях разные цены на отливку, поковку и механическую обработку необходимых деталей гидроцилиндра, потому следует в первую очередь обращаться к предприятиям, специализирующимся на производстве необходимых деталей. «Легче купить несколько болтов и гаек, чем делать их на заказ». Предприятия, направленные на массовое производство необходимых деталей, выставят меньшую цену за свой товар. Это связано с оборудованием, подготовкой персонала и количеством производимой продукции. За неимением необходимого оборудования производителю потребуется идти на некоторые ухищрения для выполнения заказа. Он может использовать оборудование, не подходящее для массового производства, что потребует большего времени и количества операций для производства необходимой детали. Также, производитель может заказать производство отдельных компонентов и выполнение отдельных операций на стороне. Все это влияет на стоимость производства и обработки деталей изделия. Иногда даже выгоднее заказывать разные детали у разных производителей, однако производство и сборка изделия на одном предприятии гарантирует более высокое качество производства изделия, так как у производителя будет точное представление о требованиях, предъявляемых к детали и возможность проверки их скрепление друг с другом, а также исправить дефекты при их наличии.

- *Дополнительные факторы выбранного предприятия.* К таковым могут относиться: транспортировка деталей между цехами, нанесение защитных покрытий и краски, транспортировка самого изделия до оговоренного пункта, работа конструкторского, технологического и металлургического отделов и множество других факторов, установленных на выбранном предприятии.

- И конечно нельзя забывать о доле самого производителя, которую он берет сверх себестоимости изделия и стоимости оказанных услуг.

5.2 Стоимость гидроцилиндра

По предварительным расчетам, стоимость необходимых материалов может варьироваться от девяти, до двенадцати тысяч тенге. А стоимость поковки, литья и механической обработки в диапазоне от четырнадцати с половиной тысяч, до тридцати тысяч тенге. Общая стоимость изделия обойдётся от двадцати трех с половиной тысяч тенге, до сорока двух. В среднем стоимость единицы изделия составит тридцать две тысячи семьсот пятьдесят тенге.

Но как же понять, дорого это или дёшево? «Всё познается в сравнении!», поэтому возьмём несколько уже существующих гидроцилиндров со схожими параметрами и оценим стоимость спроектированного гидроцилиндра на основе их цены. Для сравнения были взяты гидроцилиндры Forsage F-1208-1 и ROCKFORSE 51093 RF-0505C. Их стоимость сорок три тысячи девятьсот тридцать и шестьдесят восемь тысяч пятьдесят соответственно. В среднем пятьдесят шесть тысяч, что на двадцать три тысячи двести пятьдесят тенге дороже, чем разработанная модель. Экономическая эффективность доказана!

5.3 Экономический расчет

Средний срок службы полированного штока гидроцилиндра и уплотнений составляет 700 часов. Установка защитного гофрированного кожуха позволит увеличить срок их службы в 3 раза:

$$700 \times 3 = 2100 \text{ часов.}$$

Проведение регламентных работ с заменой уплотнений штока составляет 20 часов для двух человек:

$$20 \times 2 = 40 \text{ часов/человек.}$$

При проведении технического обслуживания гидроцилиндра 3 раза в год потребуется затратить:

$$20 \times 3 = 60 \text{ часов/год, или же } 40 \times 3 = 120 \text{ часов/человек/год.}$$

Потери прибыли по причине простоя оборудования, не поддаются расчету и напрямую зависят от эксплуатации гидроцилиндра и деятельности его пользователя.

Стоимость проведения регламентных работ составляет 30000 тг.

Стоимость уплотнений 8500 тг.

$$30000 + 8500 = 38500 \text{ тг.}$$

Таким образом, модернизация гидроцилиндра с установкой защиты полированного штока, позволит сэкономить $38500 \times 3 = 115500$ тг в год. Это доказывает экономическую эффективность предложенной модернизации защиты гидроцилиндра.

Сам по себе гидроцилиндр не представляет угрозы экологии окружающей среды. Работает тихо и не представляет угрозы потребителям, при соблюдении техники безопасности. Однако, отработанная рабочая жидкость может представлять угрозу экологии. При неправильной её утилизации, могут загрязниться водоёмы и пострадать морские обитатели и растительность.

Одним из самых популярных методов утилизации отработанных рабочих жидкостей по средством их переработки, является физико-химический способ. Данный метод включает в себя:

- фильтрацию;
- коагуляцию;
- экстракцию;
- сепарирование.

Популярность данного метода объясняется восстановлением и регенерацией отработанных масел. В результате данного метода на выходе получают восстановленные масла.

При замене рабочей жидкости в гидроприводах, необходимо правильно утилизировать и перерабатывать отработанные масла, так как в противном случае это негативно скажется на экологии окружающей среды. За неимением возможности переработки отработанной жидкости физико-химическим методом, производящий замену масла должен воспользоваться иными методами, такими как отстаивание, фильтрация, центробежная очистка и другие, или же обратиться в предприятия, занимающиеся утилизацией и переработкой отработанных масел во вторсырьё.

Защитный гофрированный кожух, позволит защитить полированный шток гидроцилиндра и его уплотнения от загрязнений и износа. Данная модернизация позволит понизить утечки масла, через изношенные уплотнения и образовавшиеся зазоры, тем самым предотвратив загрязнение окружающей среды просочившимся маслом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с заданием на дипломное проектирование, разработаны конструкция гидроцилиндра и чертежи для его производства. Помимо разработки самого гидроцилиндра, отвечающего параметрам темы дипломного проекта, была подобрана соответствующая вспомогательная гидроаппаратура и разработан гидропривод целиком. Также, была проведена модернизация защиты штока гидроцилиндра от загрязнений. Данная модернизация заключается в добавлении защитного гофрированного кожуха в конструкцию разрабатываемой модели гидроцилиндра. Ход штока спроектированного гидроцилиндра 500 мм, а максимальное усилие на штоке до 107568 Н. Гидроцилиндр двухстороннего действия, с диаметрами штока 50 мм и поршня 160 мм. Данный гидроцилиндр подходит для выполнения спускоподъемных операций и может применяться в различных областях, таких как:

- автосервис;
- сельское хозяйство;
- грузовое оборудование;
- различные промышленные предприятия;
- строительство;
- оборудование складских помещений и т.д.

Гидропривод разрабатывался для работы в стационарном режиме. Данный гидропривод не рекомендуется использовать в подвижных установках, в виду жесткого скрепления трубопровода и отдельных его компонентов. Для установки на мобильное оборудование рекомендуется заменить стальные неподвижные трубы на шланги высокого давления в наиболее подвижных местах трубопровода. Также, необходимо будет произвести перерасчет потерь давления с учетом замены трубопровода. Допускается укорачивание длины трубопровода и уменьшение количества колен в виду особенностей монтажа гидроаппаратуры. При добавлении дополнительных элементов на участке от насоса до гидроцилиндра, влияющих на напор жидкости, также необходим перерасчет потерь давления. Однако при изменении положения колен и длины отдельных участков трубопровода, с сохранением количества колен и длины трубопровода, или же их понижением, на участке от насоса до гидроцилиндра, перерасчет потерь не требуется. В качестве вспомогательной гидроаппаратуры гидроцилиндра, используются:

- насос пластинчатый Г12-23;
- клапан обратный VU 3/4;
- клапан предохранительный VMPC 80 10-120 BAR;
- всасывающий фильтр ОМТ110NNA;
- гидрораспределитель BE6.64.Г24.

Все чертежи и спецификации для разработки спроектированного гидроцилиндра, приложены к данному дипломному проекту в приложениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://yandex.ru/patents/doc/RU172589U1_20170713
2. <https://evolution.skf.com/ru/>
3. <https://www.skf.com/kz/products/industrial-seals/machined-seals/fluid-power/rod-seals>
4. <https://promtehformat.com/catalog/zashchita-shtoka/>
5. <https://dontehtgroup.com/zashchita-shtoka/>
6. <https://sgmeh.ru/klassifikator/chekhly-dlya-gidrotsilindrov>
7. <https://gik43.ru/uplotnieniia-shtoka-tti>
8. <https://www.hidrotech.ru/catalog/predokhranitelnye-klapany/predokhranitelnyy-klapan-kartridzh-vmpc-80-nastroyka-10-120-bar-50-300-bar/>
9. <https://gik43.ru/uplotnenie-staticheskoe-ssa-160-1514-8-ssa-1600-1514-080-c0>
10. <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/>
11. <https://promtehnika.ru/stati-i-obzory/konstruktsiya-i-printsip-deystviya-shesterenchatykh-nasosov/#>
12. <https://spk-region.ru/blog/gidravlicheskiy-bak-i-ego-prednaznachenie.html>
13. Гидравлика и гидропривод .В.Г.Гейер, В.С.Дулин, А.Г.Боруменский, А.Н.Заря.-М.: Недра,1981.-295 с.
14. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы .Т.М.Башта, С.С.Руднев, Б.Б.Некрасов и др. –М.:Машиностроение, 1982.-423 с.
15. Свешников В.К.,Усов А.А.Станочные гидроприводы: Справочник.-М.:Машиностроение, 1988.-512 с.
16. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасови др. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.
17. Большаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика. Общий курс: Учебник для вузов. Киев: Высшая школа. Головное издательство,1989.215 с.
18. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: Учебник для вузов. М.: Энергоиздат,1984. 640 с.
19. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учебник для вузов: В 2 ч. Ч.1.Общие законы. М.: Высшая школа, 1987. 304 с.
20. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учебник для вузов: В 2 ч. Ч.2. Специальные вопросы. М.: Высшая школа, 1987. 431 с.
21. Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика: Учебник для гидротехнических специальностей вузов. М.: Стройиздат, 1972. 648 с.
22. Кисилёв П.Г. Гидравлика. Основы механики жидкости: Учебное пособие для студентов гидротехнических специальностей вузов. М.: Энергия, 1980.360 с.

23. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидropередач: Учебное пособие для машиностроительных вузов / О.В. Байбаков, Д.А. Бутаев, З.А. Калмыкова и др. М.: Машиностроение, 1974. 416 с.

24. Лабораторный практикум по гидравлике, гидравлическим машинам и гидроприводам: Учебное пособие для студентов вузов / С.М. Казарян, А.Ш. Барекян, Д.Д. Скубаренко, А.К. Челышев. Ереван: Луйс, 1984. 319 с.

25. Яковлева Л.В. Практикум по гидравлике: Учебное пособие для учащихся с.-х. техникумов. М.: Агропромиздат, 1990. 144 с.

26. Е. С. Санкович, А. Б. Сухоцкий ГИДРАВЛИКА, ГИДРОМАШИНЫ И ГИДРОПРИВОД, Минск 2011.

27. ГОСТ 12445-80.

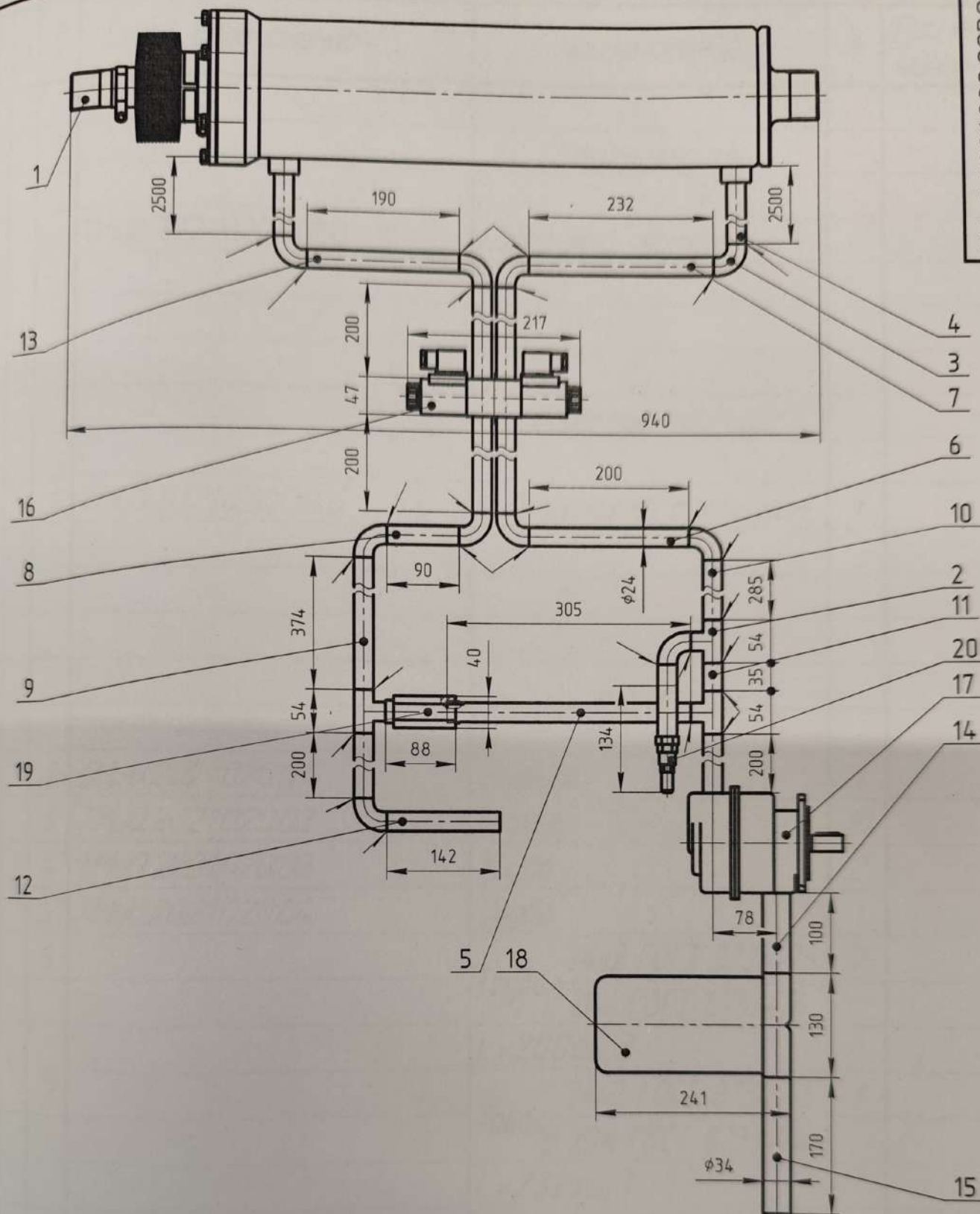
28. ГОСТ 6540-68.

29. ГОСТ 12447-80.

30. ГОСТ 3845-75.

Приложение А
Характеристики рабочих жидкостей гидروпередат

Рабочая жидкость	Диапазон рабочих температур, °С	Вязкость кинематическая при 50°С, мм ² /с	Плотность, кг/м ³
ВНИИНП-403	+10 ÷ +60	25÷35	850
ИГП-18	+10 ÷ +80	16,5÷20,5	880
ИГП-30	+10 ÷ +80	28÷31	885
МГ-20	-20 ÷ +80	17÷23	885
МГ-30	-20 ÷ +80	27÷33	885
Турбинное 22	-5 ÷ +60	20÷23	900
Турбинное 30	-5 ÷ +60	28÷32	900
Турбинное 46	-5 ÷ +60	44÷48	900
Индустриальное			
И-20А	-10 ÷ +60	17÷23	881÷901
И-30А	-5 ÷ +60	27÷33	886÷916
И-45А	-5 ÷ +60	38÷52	886÷916



1. ТТ по СТП 14.10-2005.
2. Сварку производить швом С2-А2 по ГОСТ 14771-76:
Длина сварных швов: 2 м;
Масса швов: 0,09 кг.

				TMu0.2021.020.00B0		
				Гидропривод 100 кН		
				Сборочный чертеж		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.		Хакимов		9.09		95
Проб.		Мырзахметов		7.06		15
Т.контр.					Лист	Листов
Н.контр.		Сарыбаев			КазНИТУ им. К.И. Сатпаева	
Утв.		Калиев			Кафедра ТМУО	
				Копировал	Формат А3	

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ТМУО.2021.020.00В0	Сборочный чертёж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4	1		ТМУО.2021.020.05СБ	Гидроцилиндр с кожухом	1	
				<u>Детали</u>		
A4	2		ТМУО.2021.020.01	Тройник	3	
A4	3		ТМУО.2021.020.02	Колено	10	
A4	4		ТМУО.2021.020.03	Труба	2	
A4	5		ТМУО.2021.020.04	Труба	1	
Б4	6			24x2 ГОСТ 8734-75 Труба в 20Х ГОСТ 8733-74 L=200±0,3	7	
Б4	7			24x2 ГОСТ 8734-75 Труба в 20Х ГОСТ 8733-74 L=232±0,3	1	
Б4	8			24x2 ГОСТ 8734-75 Труба в 20Х ГОСТ 8733-74 L=90±0,3	1	

ТМУО.2021.020.00С

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Хакимов	<i>Хакимов</i>	9.06
Проб.		Мырзахметов	<i>Мырзахметов</i>	9.06
Н.контр.		Сарыбаев		
Утв.		Калиев		

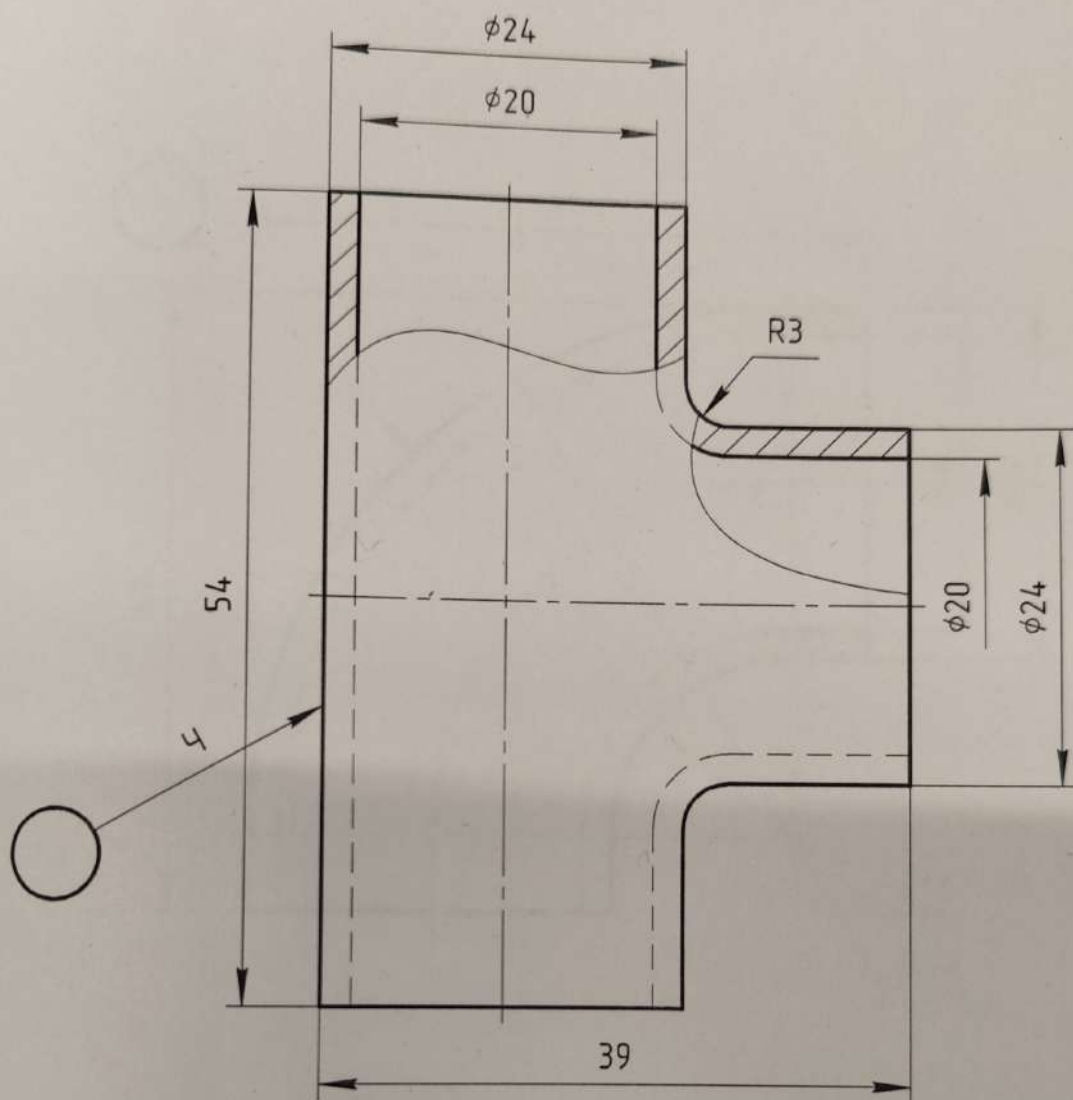
Гидропривод 100 кН

Лит	Лист	Листов
	1	2
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
Кафедра ТМУО		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Б4		9		Труда 24×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 374 \pm 0,3$	1	
Б4		10		Труда 24×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 285 \pm 0,3$	1	
Б4		11		Труда 24×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 35 \pm 0,3$	1	
Б4		12		Труда 24×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 142 \pm 0,3$	1	
Б4		13		Труда 24×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 190 \pm 0,3$	1	
Б4		14		Труда 34×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 100 \pm 0,4$	1	
Б4		15		Труда 34×2 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74 $L = 170 \pm 0,4$	1	
				Прочие изделия		
		16		Гидрораспределитель ВЕ6.64.Г24	1	
		17		Насос пластинчатый Г12-23	1	
		18		Фильтр всасывающий ОМТ10NNA	1	
		19		Клапан обратный VU 3/4"	1	
		20		Клапан предохранительный VMPC 80 10-120 BAR	1	
ТМ0.2021.020.00С						Лист 2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

TMu0.2021.020.01

▽ Ra 25 (✓)



H14; h14; $\pm IT14/2$.

TMu0.2021.020.01

Тройник

24x2 ГОСТ 8734-75

Труба В 20X ГОСТ 8733-74

Лист Масса Масштаб

0,07

2:1

Лист Листов 1

КазНИТУ им. КИ. Сатпаева

Кафедра ТМшО

Формат А4

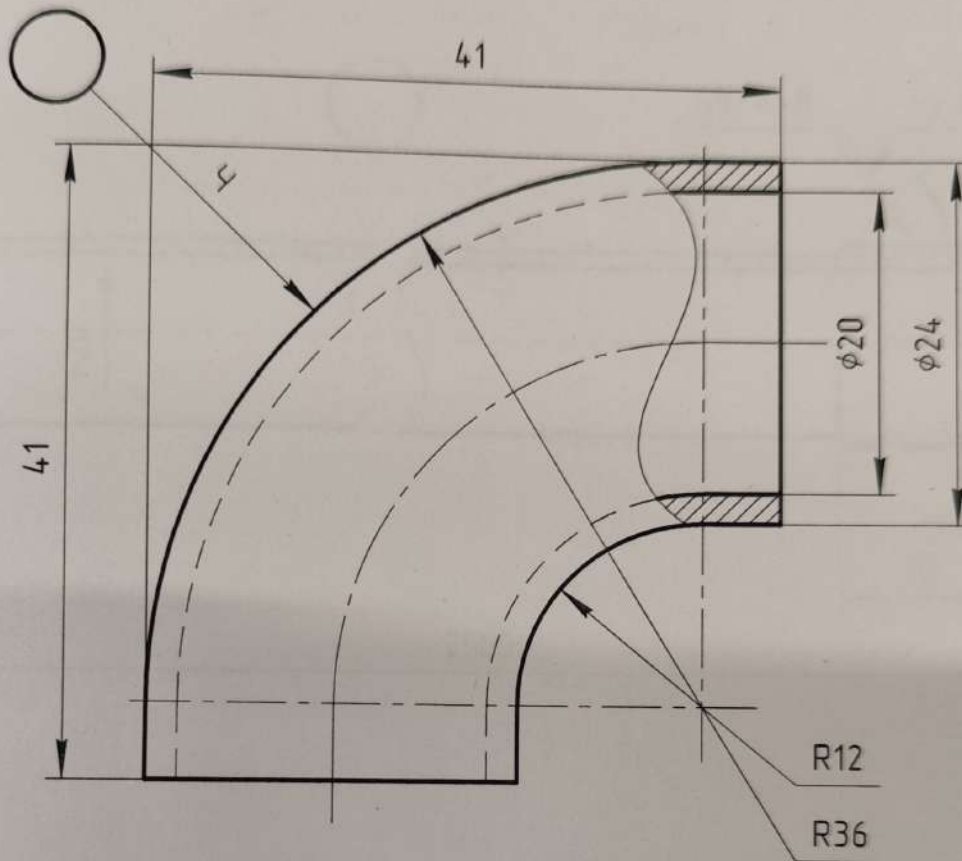
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Хакимов	<i>Хакимов</i>	9.06
Проф.		Мырзахметов	<i>Мырзахметов</i>	9.06
Т.контр.				
Н.контр.		Сарыбаев	<i>Сарыбаев</i>	
Утв.		Калиев	<i>Калиев</i>	

для коммерческого использования

Копировал

TMuO.2021.020.02

✓ Ra 25 (✓)



H14; h14; $\pm IT14/2$.

TMuO.2021.020.02

Колено

24x2 ГОСТ 8734-75

Труба В 20X ГОСТ 8733-74

Лист	Масса	Масштаб
1	0,05	2:1
Лист	Листов	
1	1	

КазНИТУ им. К.И. Сатпаева
Кафедра ТМшО

Формат А4

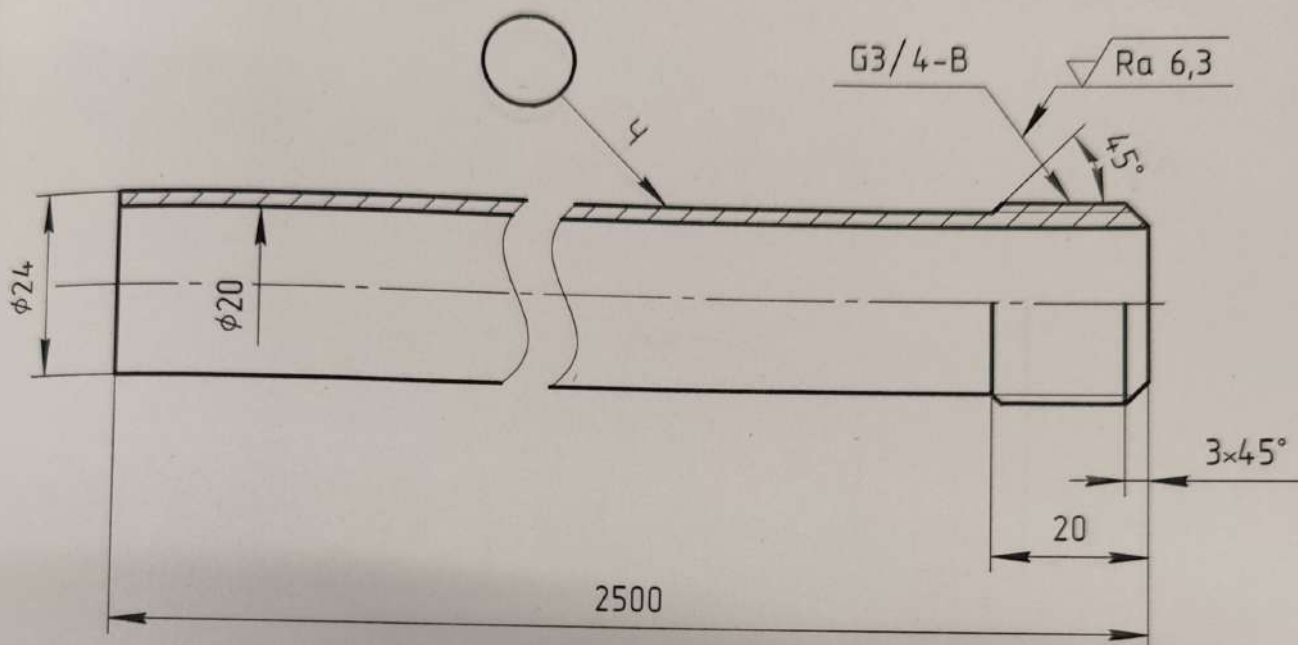
Копировал

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хакимов	<i>[Signature]</i>	9.06
Проб.	Мырзахметов	<i>[Signature]</i>	9.06
Т.контр.			
Н.контр.	Сарыбаев	<i>[Signature]</i>	
Утв.	Калиев	<i>[Signature]</i>	

для коммерческого использования

TMu0.2021.020.03

✓ Ra 25 (✓)



H14; h14.

TMu0.2021.020.03

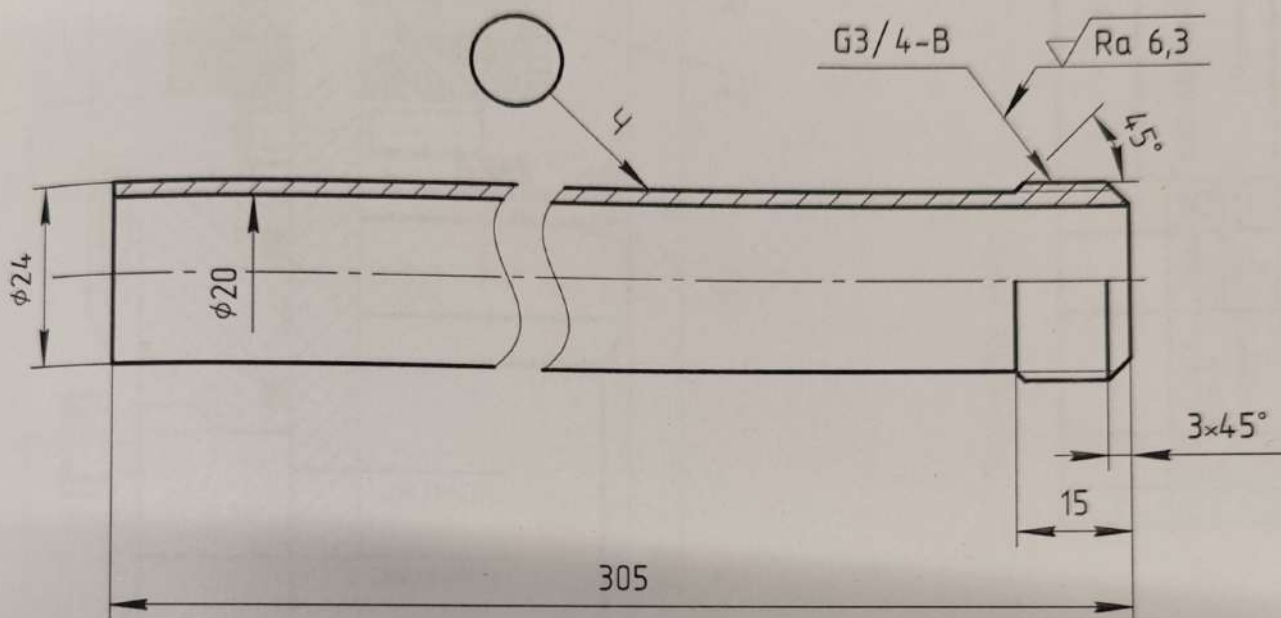
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Труда		
Разраб.	Хакумов	Азиз	9.06				
Проб.	Мырзахметов	Мир	8.06		Труда 28x4 ГОСТ 8734-75 В 20X ГОСТ 8733-74		
Т.контр.							
Н.контр.	Сарыбаев	Сарыбаев			Лист 1		
Утв.	Калиев	Калиев					
Для коммерческого использования					Копировал		
					Формат А4		

Лист 1
Масса 2,7
Масштаб 1:1

Лист 1
Листов 1
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева
Кафедра ТМЮ

TMuO.2021.020.04

✓ Ra 25 (✓)



H14; h14.

TMuO.2021.020.04

Труба

28x4 ГОСТ 8734-75

Труба В 20X ГОСТ 8733-74

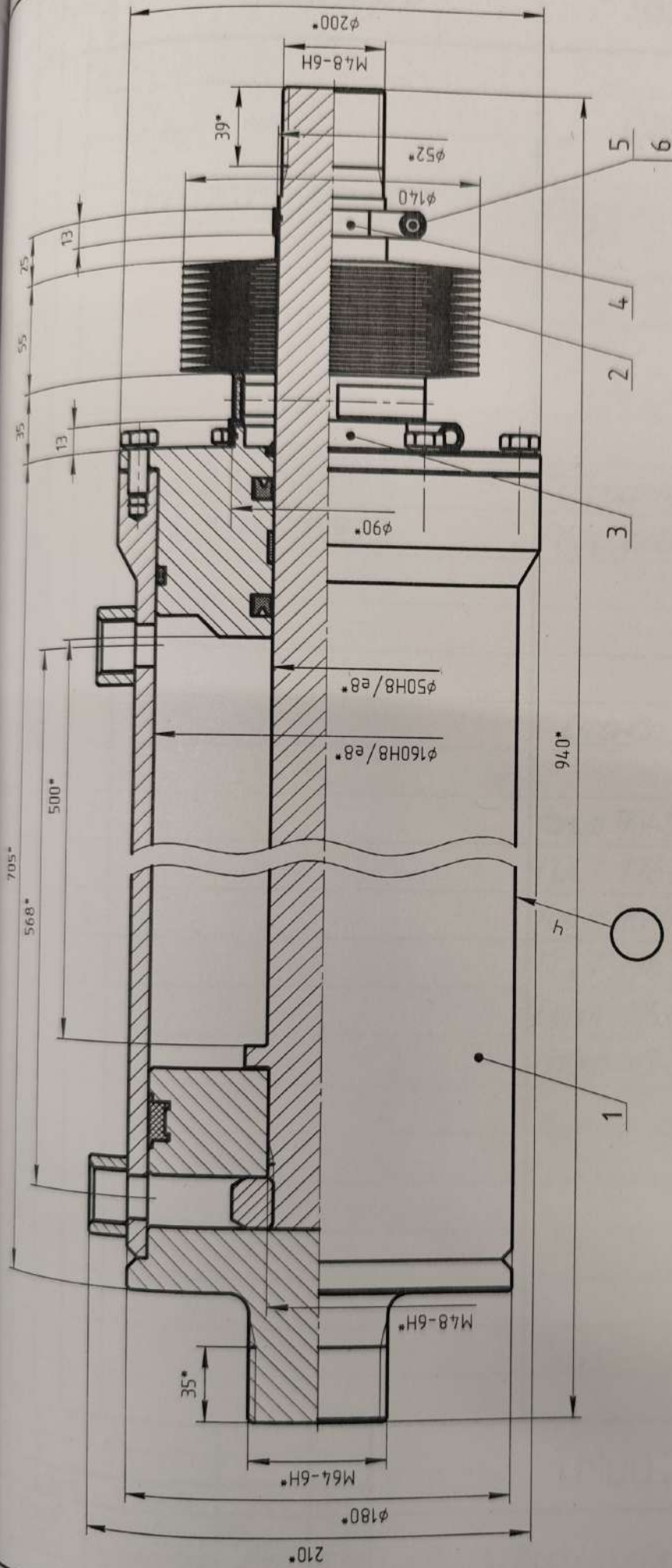
Копировал

Лист	Масса	Масштаб
1	0,35	1:1
Лист	Листов	
1	1	
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
Кафедра ТМшО		
Формат А4		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Хакимов	Хакимов	9.06
Проб.		Мырзахметов	Мырзахметов	9.06
Т.контр.				
Н.контр.		Сарыбаев	Сарыбаев	
Утв.		Калиев	Калиев	

для коммерческого использования

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докум.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	---------------	--------------



*Размеры для справок.

ТМ0.2021020.05СБ									
				Лист		Масса		Масштаб	
						70.8		12	
				Лист		Листов		1	
				КазНИТУ им. КИ. Самойлова					
				Кордона ТМ0					
				Формат А3					
Гидроцилиндр с кожухом									
Сборочный чертёж									

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				<u>Документация</u>		
			ТМУ0.2021.020.05СБ	<u>Сборочный чертёж</u>		
				<u>Сборочные единицы</u>		
*	1		ТМУ0.2021.020.06СБ	Гидроцилиндр	1	2А4
А4	2		ТМУ0.2021.020.16СБ	Гофрированный кожух	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	3			Хомут ТКВ-90-Д16.АМ-Ан.Окс.нхр ГОСТ 17679-80	1	
	4			Хомут ТКВ-53-Д16.АМ-Ан.Окс.нхр ГОСТ 17679-80	1	
	5			Болт М5х10 ГОСТ Р 55739	2	
	6			Гайка М5-6Н ГОСТ 5916-70	2	

ТМУ0.2021.020.05С

Гидроцилиндр
с кожухом

Лит. Лист Листов
1

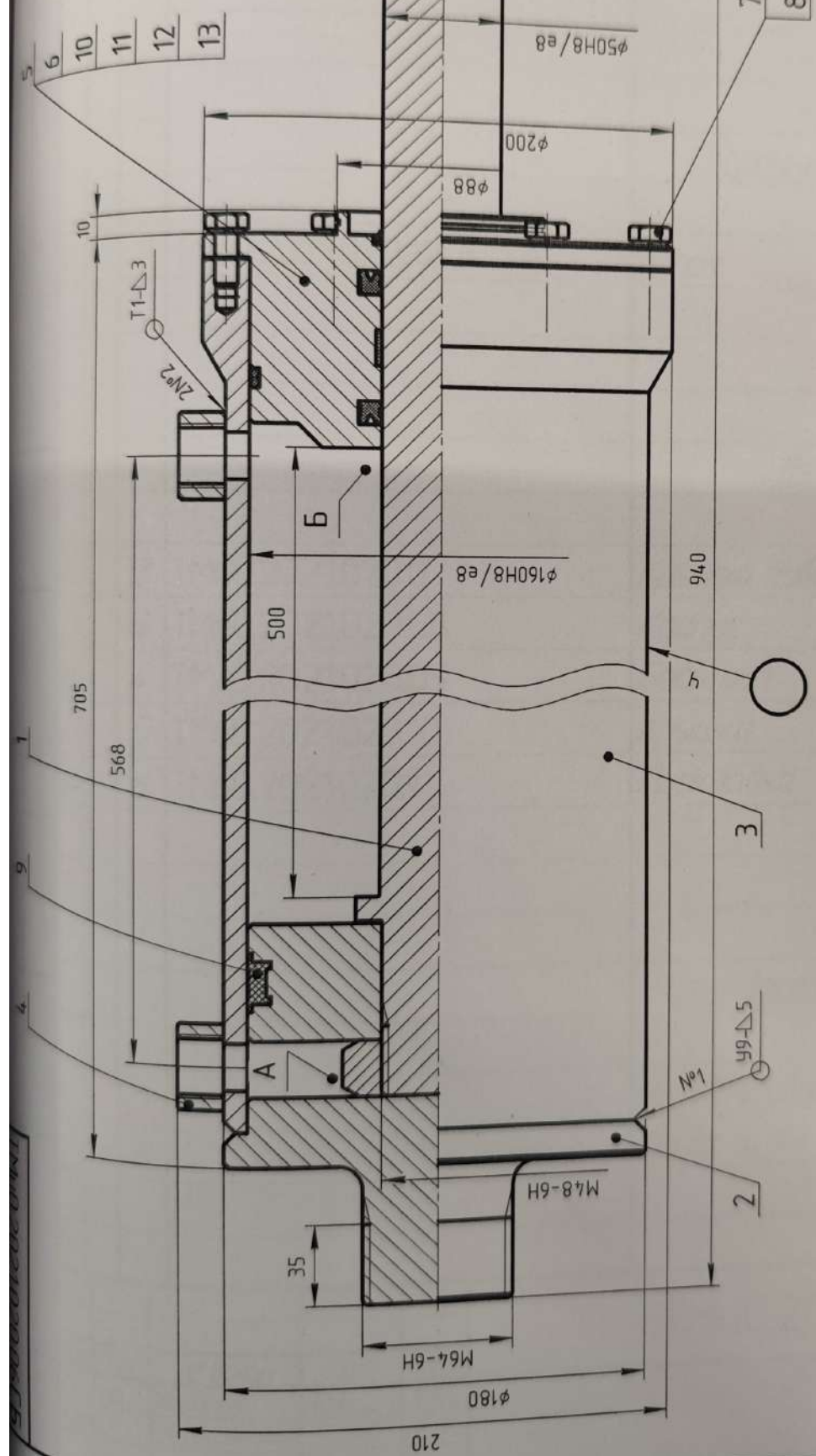
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева
Кафедра ТМУ0

Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Хакимов 9.06
Проб. Мырзахметов 9.06
Н.контр. Сарыбаев
Утв. Калиев

Копировал

Формат А4

№	Наименование	Длина, м
1	У9-Δ5	0,53
2	Т1-Δ3	0,23



1. ТТ по СТП 14.10-2005.
2. Полости А и Б проверить на герметичность.

ТМ0.2021.020.06СБ			
Гидроцилиндр		Лист	Масса
Сборочный чертёж		70,4	12
КазНТУ им. КИ Сатпаева		Лист	Листов
Кафедра ТМ0		7	7
Формат А3		Копировал	

3. Сварку производить по ГОСТ 14771-76:
 Длина сварных швов: см. в табл.;
 Масса швов: 0,2 кг.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ТМц0.2021.020.06СБ	Сборочный чертёж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4		1	ТМц0.2021.020.12СБ	Шток	1	
				<u>Детали</u>		
A4		2	ТМц0.2021.020.07	Крышка задняя	1	
A3		3	ТМц0.2021.020.08	Корпус	1	
A4		4	ТМц0.2021.020.09	Бобышка	2	
A3		5	ТМц0.2021.020.10	Крышка	1	
A4		6	ТМц0.2021.020.11	Прокладка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Болт М10-6gx25.58 (S16) ГОСТ 7798-70	6	
		8		Шайба 10 65Г. ГОСТ 6402-70	6	

ТМц0.2021.020.06С

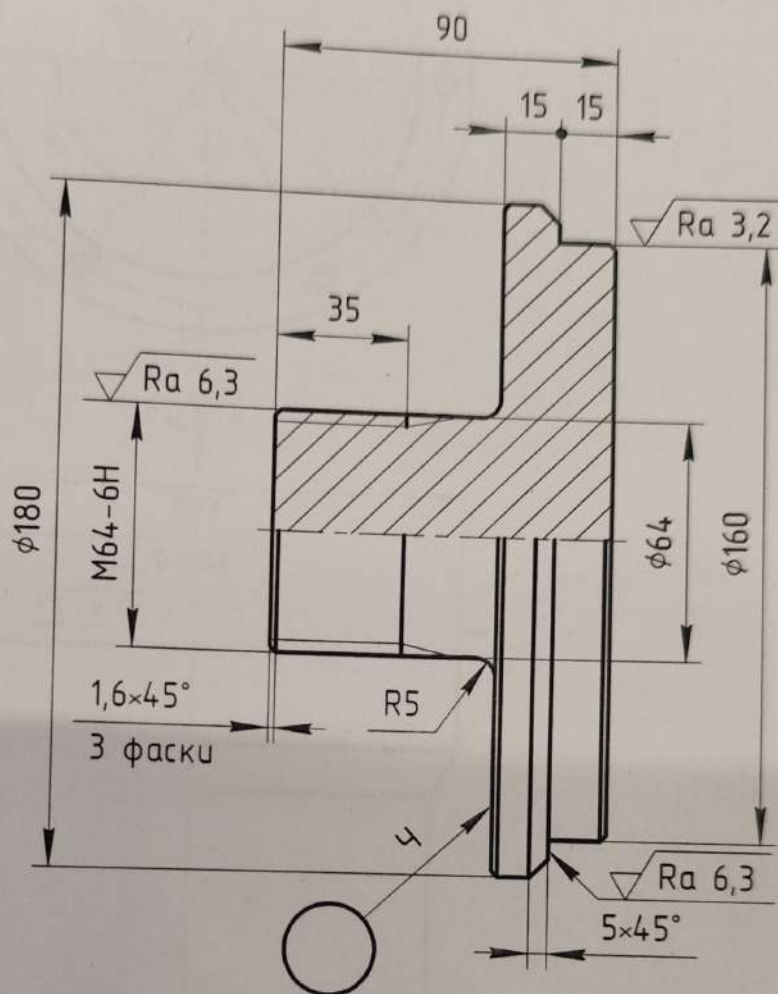
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Хакумов	<i>Хакумов</i>	9.06		1	2
Проб.		Мырзахмедов	<i>Мырзахмедов</i>	9.06			
Н.контр.		Сарыбаев	<i>Сарыбаев</i>				
Утв.		Калиев	<i>Калиев</i>				
Гидроцилиндр					КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
					Кафедра ТМц0		
для коммерческого использования					Формат А4		

Копировал

[illegible]

TMu0.2021.020.07

✓ Ra 25 (✓)



H14; h14; ±IT14/2.

TMu0.2021.020.07

Крышка задняя

Сталь 30X ГОСТ 4543-2016

Лист	Масса	Масштаб
1	6,8	1:2
Лист	Листов	1
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
Кафедра ТМУО		
Формат А4		

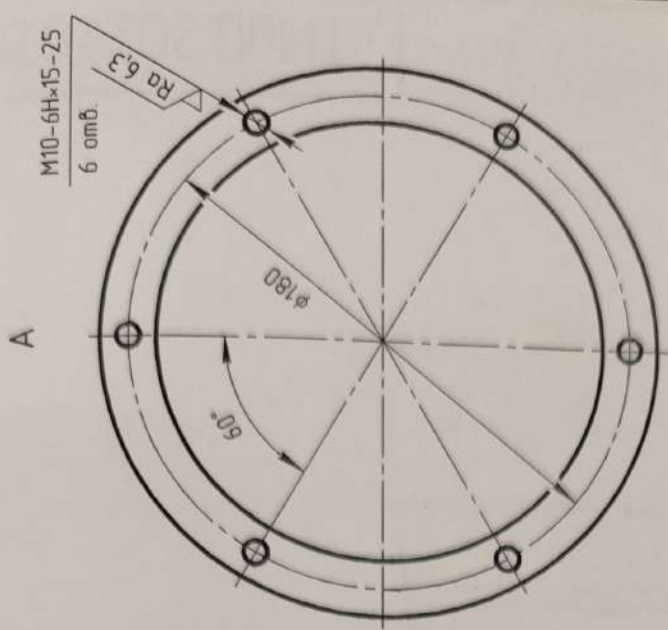
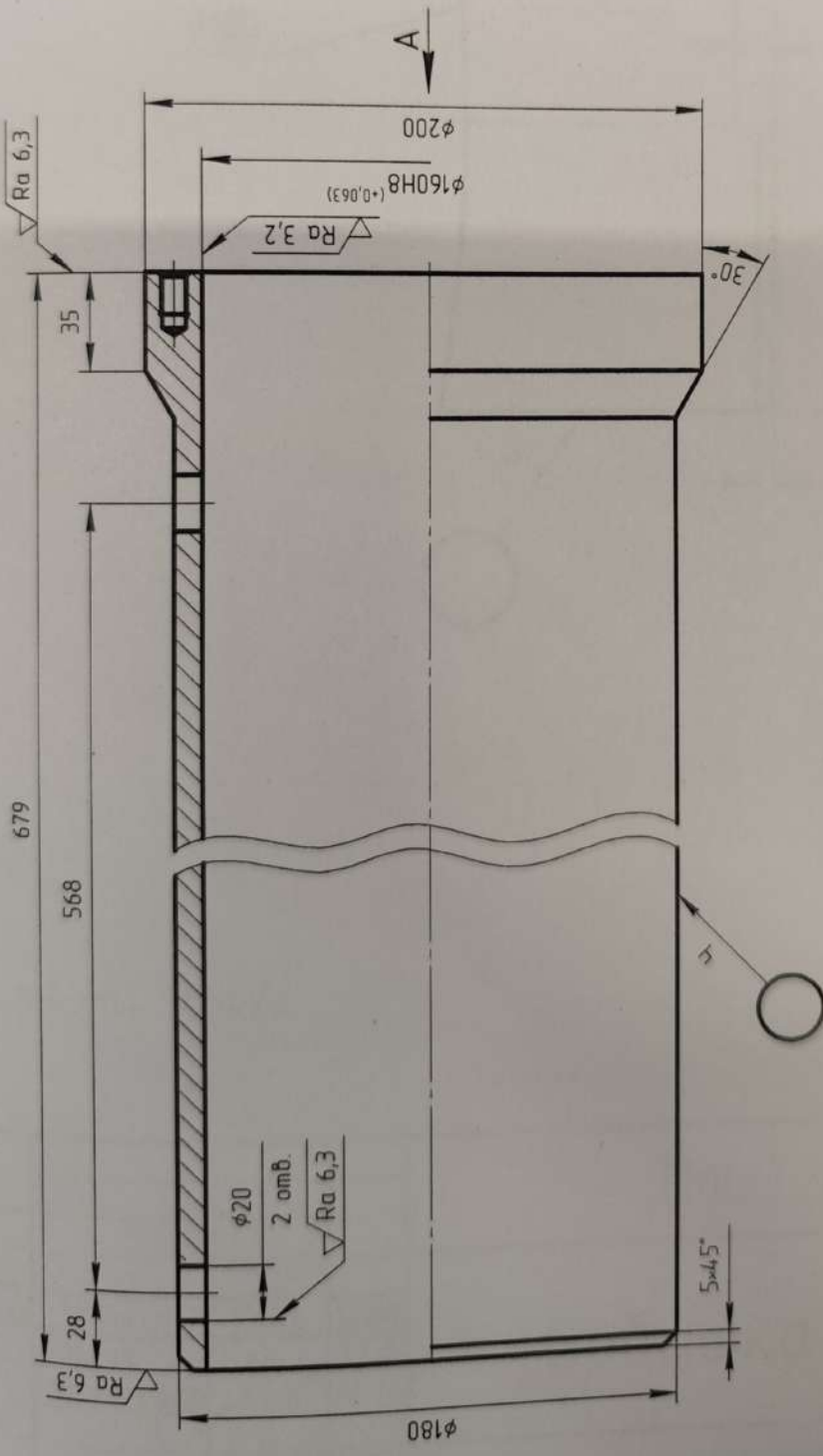
Копировал

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хакимов	Хакимов	9.06
Проб.	Мырзахметов	Мырзахметов	9.06
Т.контр.			
Н.контр.	Сарыбаев	Сарыбаев	
Утв.	Калиев	Калиев	

я коммерческого использования

ГОСТ 2.312-2013

ГОСТ 2.312-2013



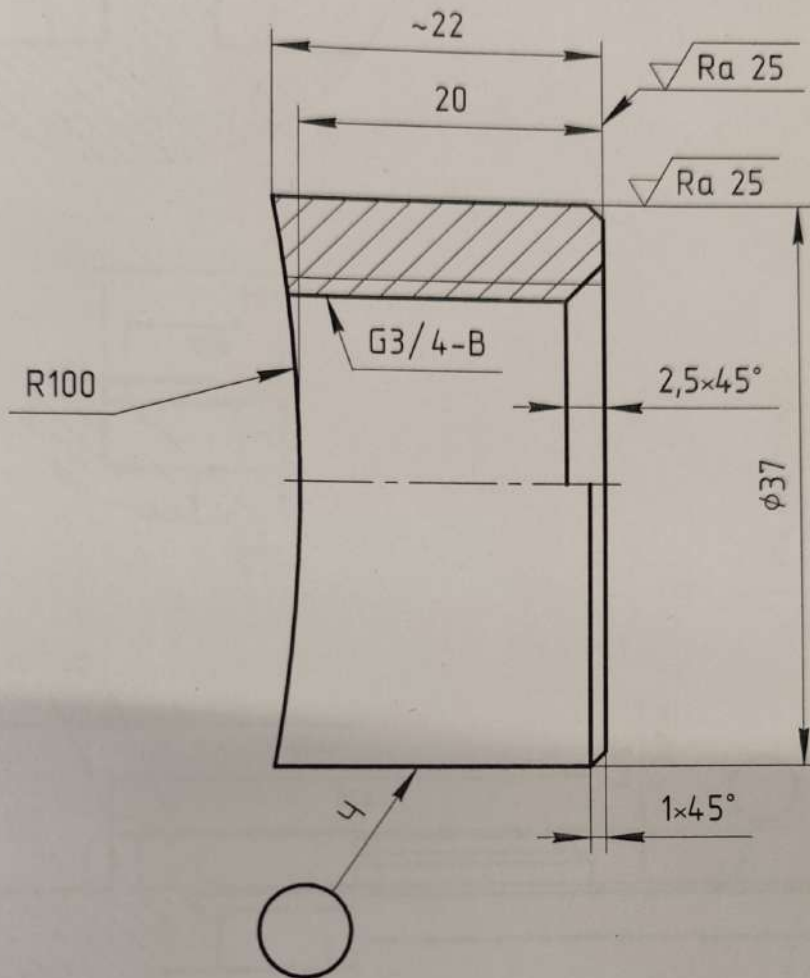
H14; h14.

ТМ0.2021020.08									
Корпус									
Сталь 30X ГОСТ 4543-2016									
Копирован									
Копируй и. Ки. Соплеба									
Кафедра ТМ0									
Формат А3									

е для коммерческого использования

TMUO.2021.020.09

✓ Ra 6,3 (✓)



H14; h14; ±IT14/2.

TMUO.2021.020.09

Бобышка

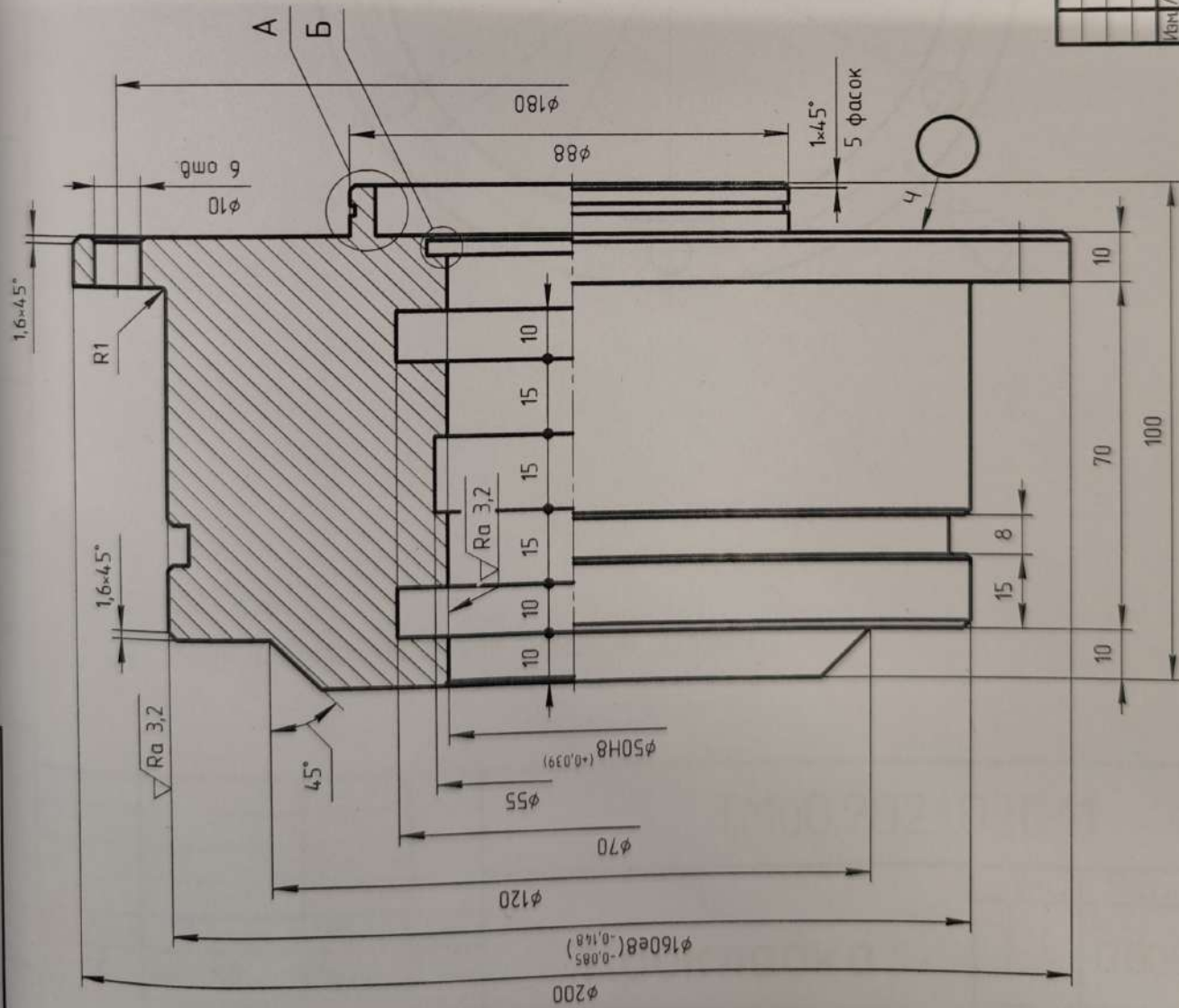
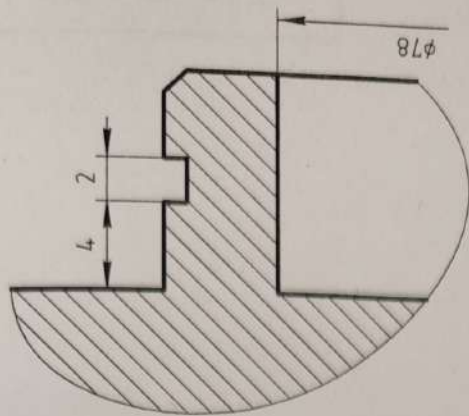
Сталь 30X ГОСТ 4543-2016

Лист	Масса	Масштаб
	0,1	2:1
Лист	Листов 1	
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
Кафедра ТМУО		
Формат А4		

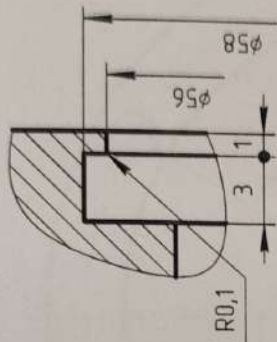
Копировал

для коммерческого использования

TM 10 2021 02 20 10

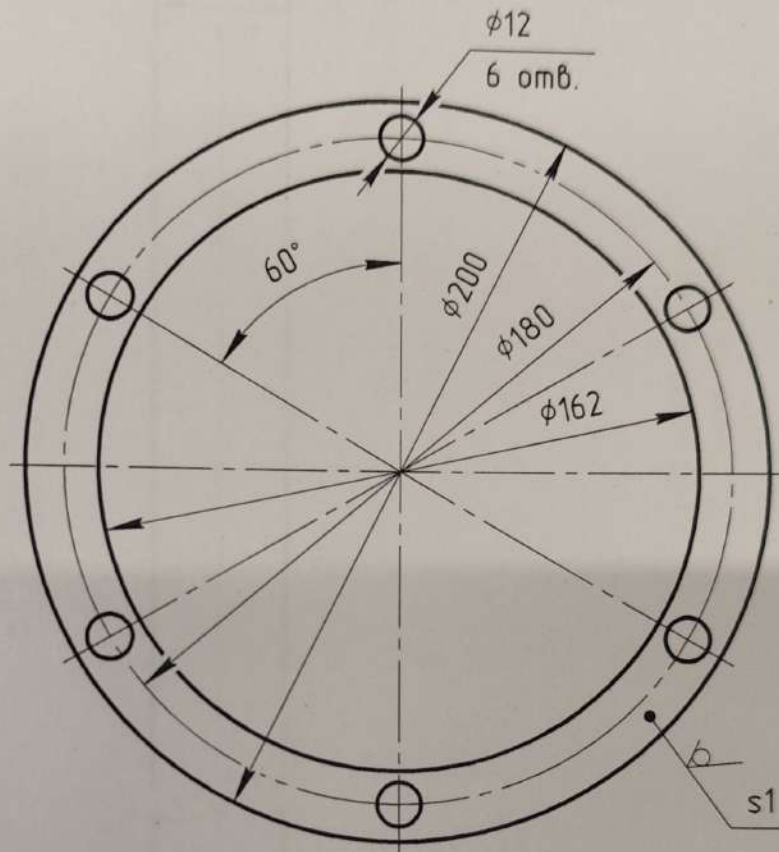
 $A_{(L:1)}$ 

9 (4:1)



1. H14; h14; $\pm$ T14/2.

[illegible]



1. H14; h14.
2. Маркировать на бирке номером чертежа.

TMuO.2021.020.11

Прокладка

Картон А1 ГОСТ 9347-74

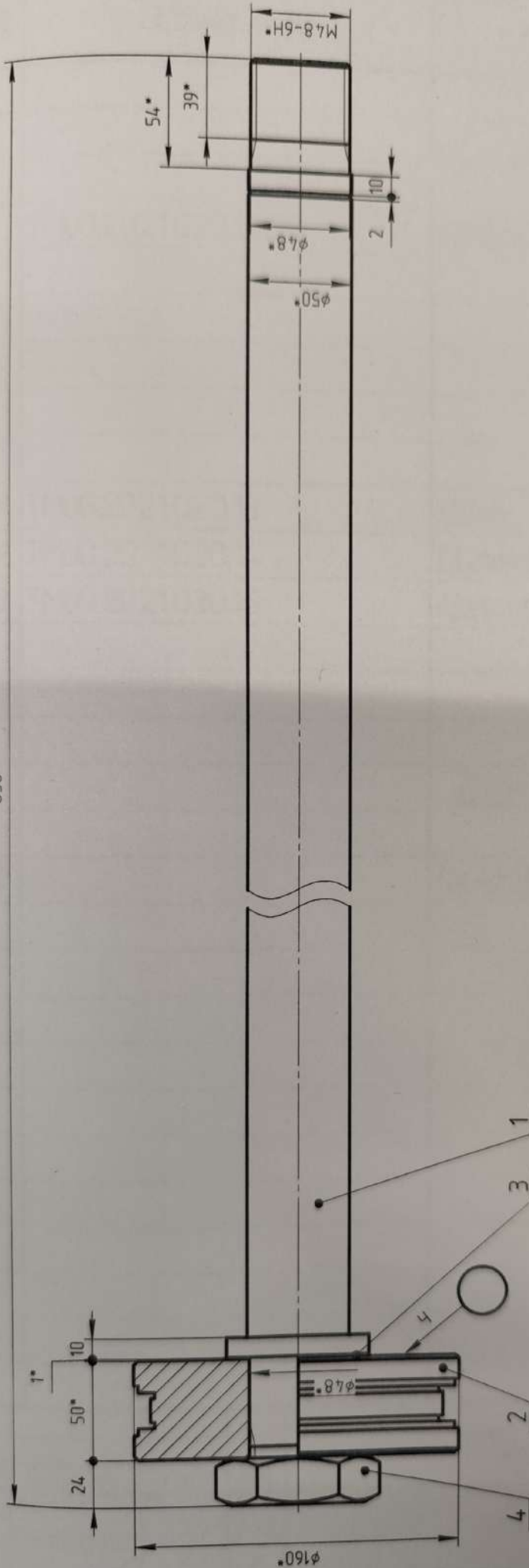
Копировал

Лист	Масса	Масштаб
1	0,008	1:2
Лист	Листов 1	

КазНИТУ им. К.И. Сатпаева
Кафедра ТМшО

Формат А4

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хакимов	А.А.	9.06
Проб.	Мырзахметов	М.М.	9.06
Т.контр.			
Н.контр.	Сарыбаев	С.С.	
Утв.	Калиев	К.К.	



1. ТТ по СТП 14.10-2005.
2. *Размеры для справок.

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ТМУО.2021.020.12 СБ	Сборочный чертёж		
				<u>Детали</u>		
A3	1		ТМУО.2021.020.13	Шток	1	
A4	2		ТМУО.2021.020.14	Цилиндр поршня	1	
A4	3		ТМУО.2021.020.15	Прокладка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	4			Гайка М48-6Н ГОСТ 15522-70	1	

ТМУО.2021.020.12С								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шток	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Хакумов	9.06						1
Проб.	Мырзахметов	9.06						
Н.контр.	Сарыбаев							
Утв.	Калиев							

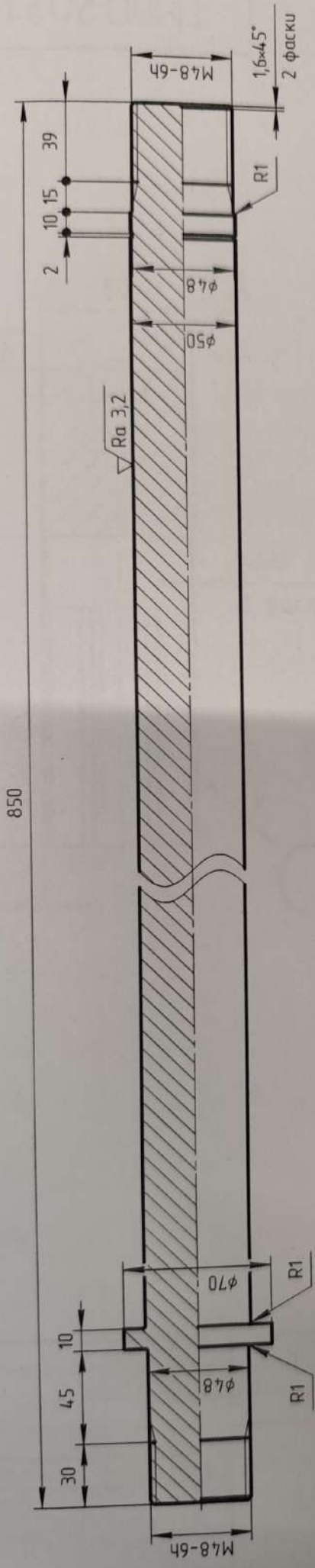
Копировал

КазНИТУ им. К.И. Сатпаева
Кафедра ТМУО
Формат А4

для коммерческого использования

TM00.2021.020.13

▽ Ra 6,3 (N)

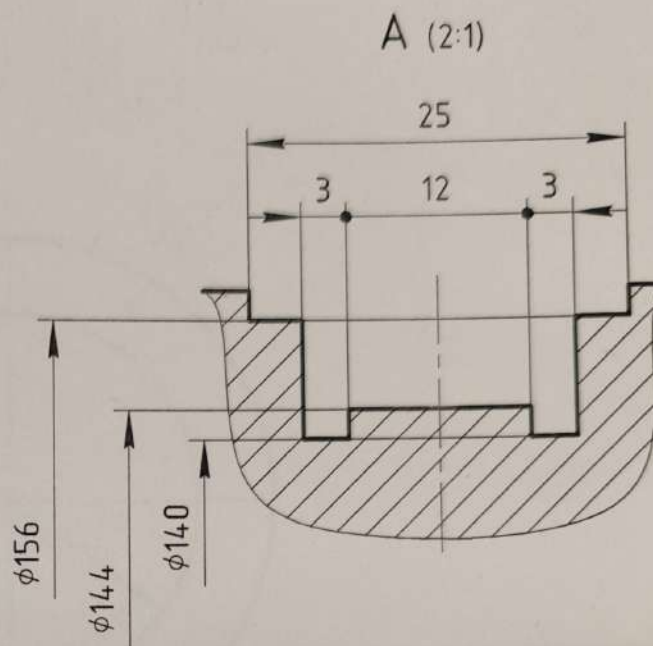
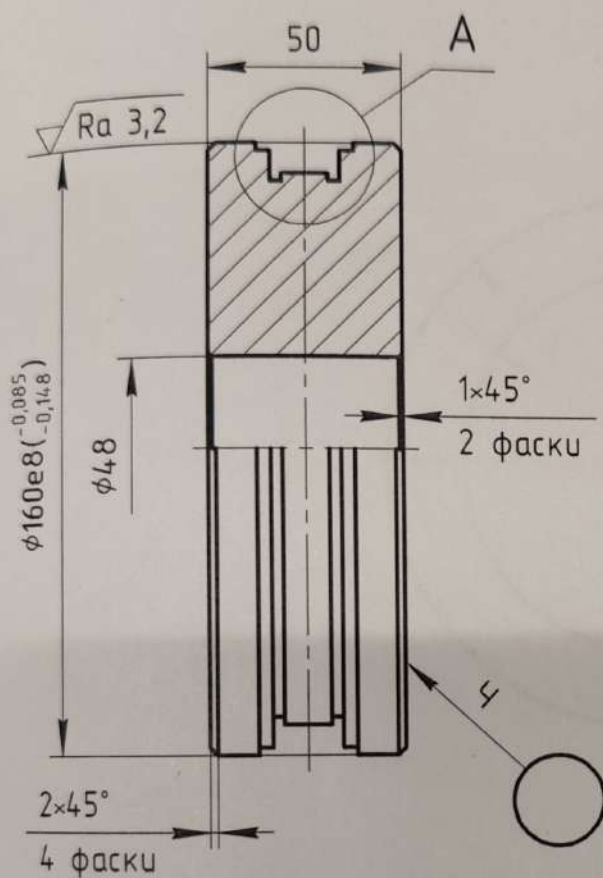


1. H14; h14; ±IT14/2.
2. Маркировать на бирке номером чертежа.

TM0.2021.020.13									
Шток				Лист		Масса	Масштаб		
						13,1	1:2		
Сталь 30X ГОСТ 4543-2016				Лист		Листов		7	
Копировать				Копировать					
				Копировать					

TMUO.2021.020.14

▽ Ra 6,3 (✓)



H14; h14.

TMUO.2021.020.14

Цилиндр поршня

Сталь 30X ГОСТ 4543-2016

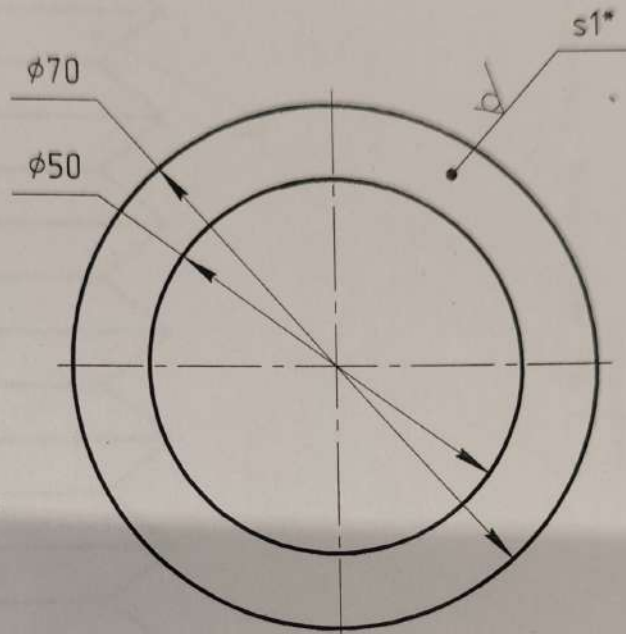
Лист	Масса	Масштаб
1	6,5	1:2
Лист	Листов	1
КазНИТУ им. К.И. Сатпаева	Кафедра ТМУО	Формат А4

Копировал

для коммерческого использования

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хакимов	02.06		
Проб.	Мырзахметов	02.06		
Т.контр.				
Н.контр.	Сарыбаев			
Утв.	Калиев			

TMuO.2021.020.15



1. *Размер для справок.
2. H14; h14.

TMuO.2021.020.15

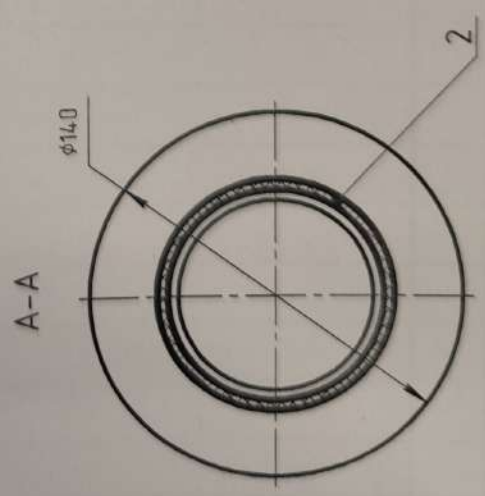
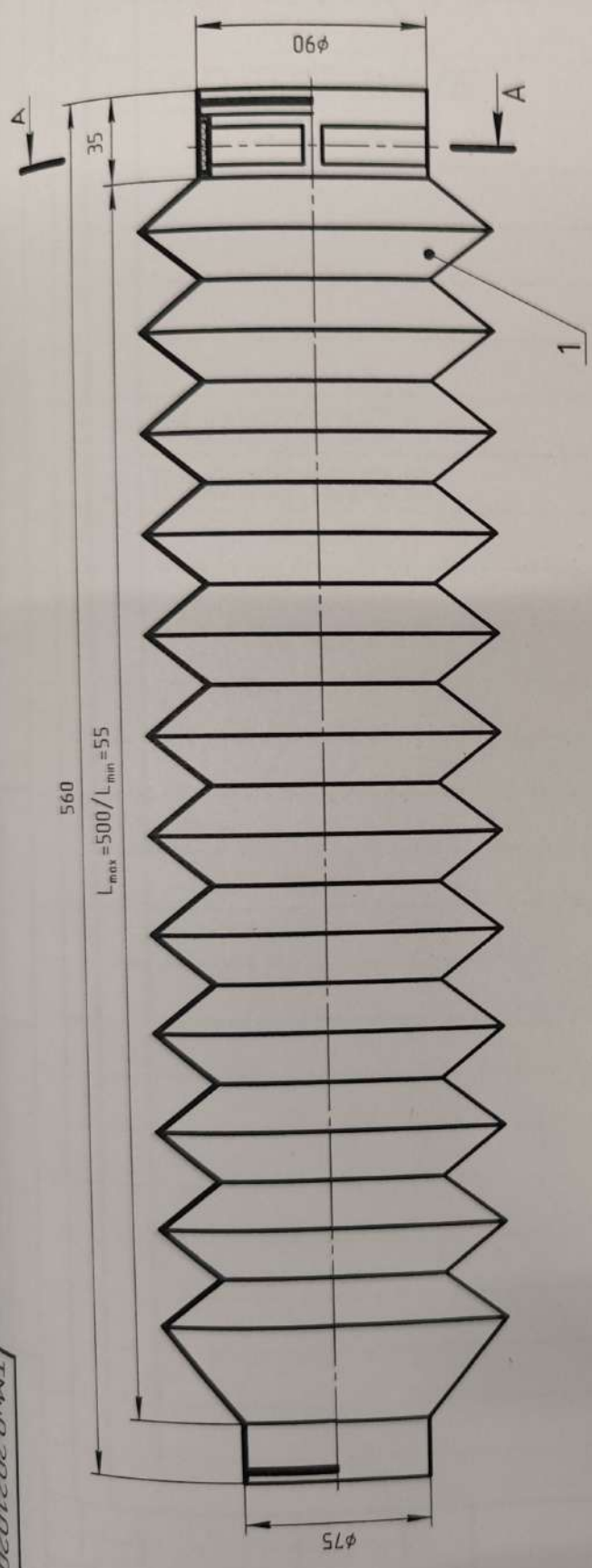
				TMuO.2021.020.15		
				Лист	Масса	Масштаб
Прокладка Пластина 1Н-1 МБС-С-1 ГОСТ 7338-90					0,0024	1:1
				Лист	Листов	1
				КазНИТУ им. К.И. Сатпаева		
				Кафедра ТМшО		
				Формат А4		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Хакимов	<i>Хакимов</i>	9.06
Проб.		Мырзахметов	<i>Мырзахметов</i>	8.06
Т.контр.				
Н.контр.		Сарыбаев	<i>Сарыбаев</i>	
Утв.		Калиев	<i>Калиев</i>	

Не для коммерческого использования

Копировал

ТМУ0.2021.020.16СБ

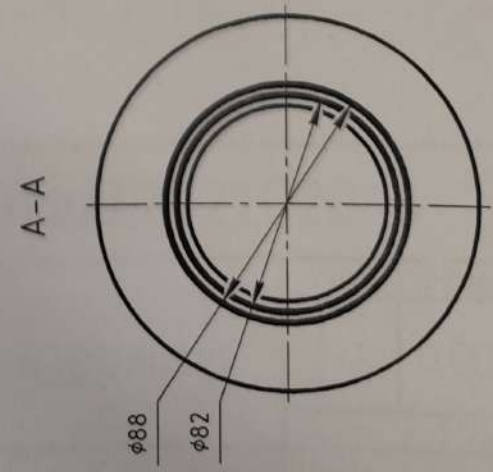
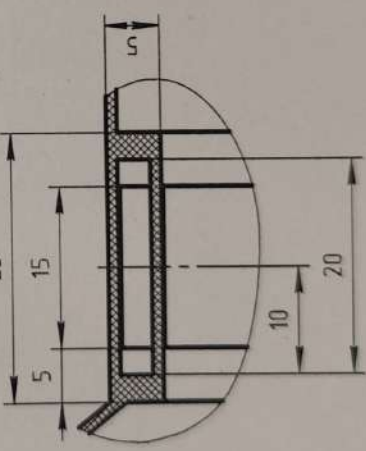
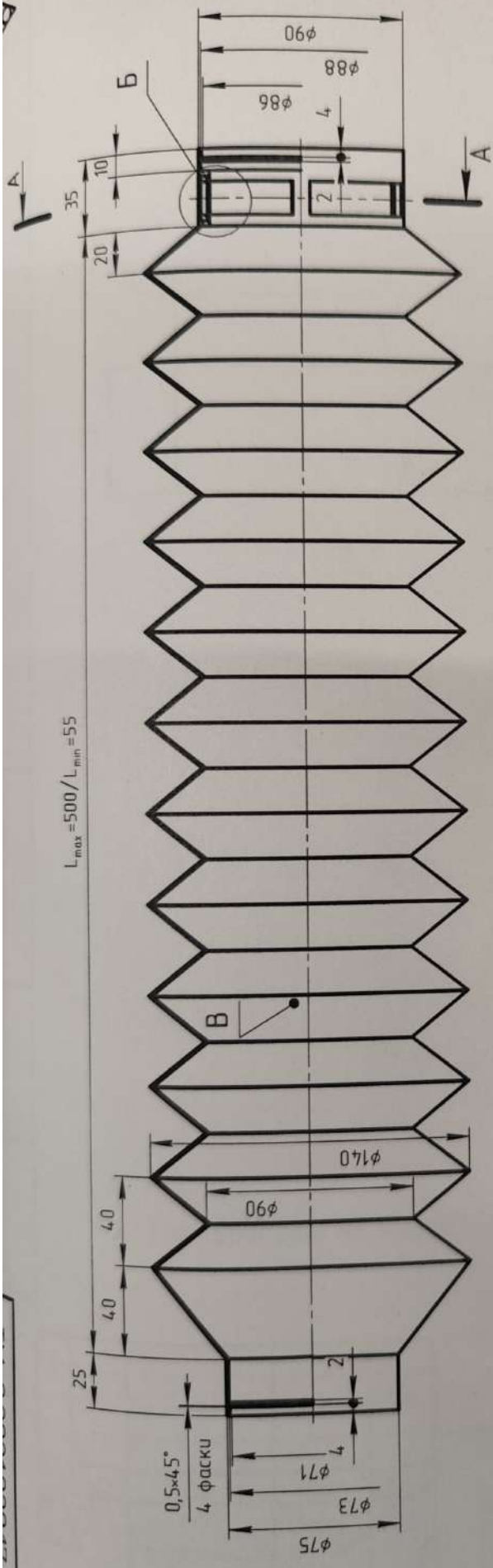


1. При необходимости, допускается зашить концы фильтра для его устойчивости.
2. Маркировать на бирке номером чертежа.

ТМУ0.2021.020.16СБ									

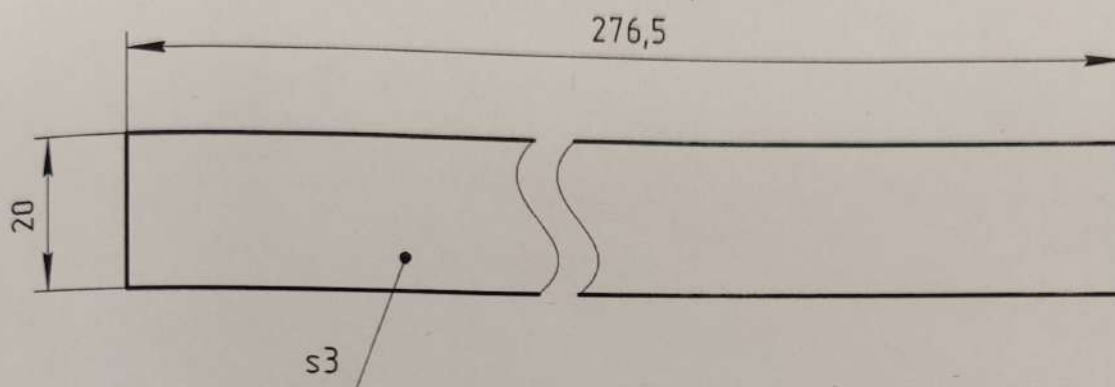
ИД № докум.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докум.	Подп. и дата
-------------	--------------	--------------	---------------	--------------

$$L_{max} = 500 / L_{min} = 55$$



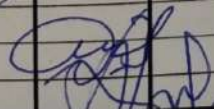
1. Н14; h14.
2. Проверить полость В на герметичность.
3. Маркировать на дюрке номером чертежа.

ТМУ0.2021020.17				Лист	Масса	Материал
Гофрированный кожух					0,4	12
				Лист	Листов	7
Смесь резиновая В-14 ТУ 005.1166-87				КазНТУ им. КИ Сопкоба		
				Кафедра ТМУ0		
				Формат А3		



1. H14; h14.
2. Маркировать на бирке номером чертежа.

TMUO.2021.020.18

					ТМУО.2021.020.18			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.		Масса	Масштаб
Разраб.		Хакимов		9.06			0,003	1:1
Проб.		Мырзахметов		9.06				
Т.контр.					Лист		Листов	1
Н.контр.		Сарыбаев			Воздушный фильтр Фильтр F9 ГОСТ Р EN 779-2014		КазНИТУ им. К.И. Сатпаева Кафедра ТМУО	
Утв.		Калиев						
е для коммерческого использования					Копировал		Формат А4	

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Хакимов Эльдар

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Хакимов пояснительная записка

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 7.8

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 38

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

09.06.2025

Сарыбаев Е.Е.
проверяющий эксперт