

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

УДК 621.787: 622.284.54 (043)

На правах рукописи

АЙМУХАНБЕТ БАУЫРЖАН АЙМУХАНБЕТҰЛЫ

**Влияние напряженно-деформированного состояния поверхности на ее
качественные показатели при обработке цилиндрических деталей
методами пластического деформирования**

6D071200 – Машиностроение

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научный консультант
д.т.н, профессор Поветкин В.В.
Республика Казахстан

Научный консультант
д.т.н, профессор Jerzy Lunarski
Республика Польша

Республика Казахстан
Алматы, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ...	14
1.1 Применение гидравлических приводов в различных отраслях промышленности.....	14
1.2 Оценка существующего состояния эксплуатации гидравлических цилиндров в горной промышленности.....	17
1.3 Виды износа гидравлических цилиндров и их влияние на конструктивные параметры и работу привода.....	26
1.4 Цель работы и задачи исследования.....	29
Выводы по разделу 1.....	29
2 ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ В ПРИВОДАХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ	30
2.1 Особенности эксплуатации механизированных крепей в подземных горных выработках.....	30
2.2 Расчет гидравлических цилиндров механизированных крепей	37
2.3 Требования к изготовлению гидравлических цилиндров в механизированных крепях.....	43
2.4 Работа гидравлических цилиндров в приводах механизированных крепей.....	48
Выводы по разделу 2.....	52
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТОЕК НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРОВ	53
3.1 Теоретическое обоснование конструктивных параметров цилиндра гидравлических стоек.....	53
3.2 Исследование обработки цилиндрических деталей гидравлических стоек поверхностно-пластическим деформированием.....	56
3.3 Разработка компьютерной модели цилиндра гидравлической стойки с применением метода конечных элементов.....	60
3.4 Расчет напряженно-деформированного состояния гидравлических стоек методом компьютерного моделирования	65
Выводы по разделу 3.....	71
4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА ПРИВОДА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ	72
4.1 Исследование прочностных свойств гидравлического цилиндра в соответствии с принятой моделью изготовления.....	72

4.2	Разработка технологического процесса изготовления и сборки гидравлического цилиндра механизированных крепей с применением обсадных колец и ППД	75
4.3	Экспериментальные исследования технологии изготовления цилиндра привода механизированных крепей.....	86
4.4	Расчет экономической эффективности внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра.....	90
	Выводы по разделу 4.....	93
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	94
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	97
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	106

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

«Инструкция по оформлению диссертации и автореферата», Высшая аттестационная комиссия МОН РК, № 377–3ж от 28 сентября 2004 г.

ГОСТ 7.32–2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 6540–68. Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров.

ГОСТ 4543–71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.

ГОСТ 18296–72. Обработка поверхностным пластическим деформированием: Термины и определения.

ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

ГОСТ 8734–75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные.

ГОСТ 8732–78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.

ГОСТ 17752–81. Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения.

ГОСТ 868–82. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.

ГОСТ 8731–87. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.

ГОСТ 25346–89. Единая система допусков и посадок.

ГОСТ 16514–96. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования.

ГОСТ 18464–96. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Механизированная крепь – самопередвигающаяся металлическая гидрофицированная крепь очистного забоя, предназначенная для поддержания пород кровли, сохранения очистной выработки в рабочем и безопасном состоянии.

Гидравлическая стойка – стойка, выполненная в виде цилиндра, заполненного рабочей жидкостью (минеральным маслом или водомасляной эмульсией) и трубчатой выдвижной частью, являющейся плунжером.

Гидравлический цилиндр – объёмный гидравлический двигатель возвратно-поступательного движения.

Поверхностно-пластическое деформирование – обработка материалов давлением, при котором пластически деформируется только поверхностный слой материала.

Деформация – изменение размеров, формы и конфигурации тела в результате действия внешних или внутренних сил.

Допуск – разность между наибольшими и наименьшими предельными размерами или разность между верхним и нижним отклонениями.

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Solid Works – программа конечно-элементного анализа.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГПИИР – Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019 годы (Указ президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года №874)

МК – механизированная крепь

МКЭ – метод конечных элементов

ППД – поверхностно-пластическое деформирование

НДС – напряженно-деформированное состояние

АО – акционерное общество

ЗАО – закрытое акционерное общество

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

КПД – коэффициент полезного действия

УПП – унитарное производственное предприятие

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы (задачи)

Развитие машиностроительной отрасли является показателем технологического уровня промышленности во всем мире. Машиностроение эффективно влияет на развитие и других смежных отраслей промышленности, тем самым обеспечивая занятость населения и конкурентоспособность экономики.

Экономический рост Казахстана в первую очередь должен сопровождаться развитием и ростом машиностроительной отрасли. Развитие машиностроения в нашей стране увеличит производительность в других секторах промышленности республики и повысит уровень технологического и технического развития на предприятиях [2, с. 2].

В соответствии с долгосрочными приоритетами Стратегии «Казахстан – 2050» и была разработана Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы (далее – программа), в реализацию ключевого направления «Ускорение диверсификации экономики» стратегического плана развития Республики Казахстан до 2020 года, концепцией по вхождению Казахстана в число 30-ти развитых государств мира, а также во исполнение поручения Главы государства, данного на XXVI пленарном заседании Совета иностранных инвесторов при Президенте Республики Казахстан, и в рамках реализации Послания Президента Республики Казахстан народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050: единая цель, единые интересы, единое будущее» от 17 января 2014 года [1, с. 3].

Программа нацелена на модернизацию существующих предприятий высокотехнологичным и современным оборудованием, создание новых предприятий по выпуску конкурентоспособной продукции международного стандарта, для развития и кооперации связей всех существующих машиностроительных отечественных предприятий [2, с. 3].

Развитие отечественных машиностроительных предприятий предполагает параллельное развитие отечественной науки и подготовку квалифицированных кадров. В данной диссертационной работе была поставлена задача решить вопрос разработки технологии решений изготовления гидравлического оборудования с научной и производственной точки зрения.

Анализ исследований казахстанских [3–13] и зарубежных [14–18] ученых и специалистов, в области гидравлического машиностроения, показал, что разработка технологических решений, позволяющих улучшить эксплуатационные свойства гидравлических цилиндров механизированных крепей с применением отделочно-упрочняющих методов является актуальной и обуславливается необходимостью проведением исследований и работ в этом направлении.

Производство качественного и конкурентоспособного оборудования и машин для горнодобывающей промышленности является основным аспектом, одного из приоритетных секторов машиностроения, горного машиностроения.

В этой связи, хотелось бы отметить слова, Первого Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева, которые были сказаны на одном из ежегодном Послании народу Казахстана: «Человечество находится на пороге третьей индустриальной революции, которая меняет само понятие производства. Технологические открытия кардинально меняют структуру и потребности мировых рынков. Мы живем уже в совершенно иной технологической реальности, нежели ранее.

Цифровые и нанотехнологии, робототехника, регенеративная медицина и многие другие достижения науки станут обыденной реальностью, трансформировав не только окружающую среду, но и самого человека. Мы должны быть активными участниками этих процессов» [19].

Основание и исходные данные для разработки темы

Основание для разработки темы диссертационной работы является создание технологических решений изготовления гидравлических цилиндров механизированных крепей, эксплуатируемых в горной промышленности, с применением метода поверхностно-пластического деформирования.

В качестве исходных данных для разработки темы исследования выбраны: механизированная крепь, эксплуатируемая на одном из крупнейших в мире месторождений калия ОАО «Беларуськалий» (г. Солигорск, Республика Беларусь) и результаты магистерской работы, применяемые на АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) при изготовлении цилиндров (для гидравлических приводов поездов) с применением методов ППД.

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы

Дальнейший неуклонный рост технического прогресса в машиностроении и повышение производительности труда обуславливается задачами создания материально-технической базы. Для решения этих задач необходимо внедрять в промышленность автоматизированные производственные процессы, применять новейшие разработки и достижения науки и техники, а также повышать темпы механизации работ. При сравнительно малых габаритах современные машины отличаются большой энергоемкостью. Один из таких устройств является гидравлический привод, по своим качествам он оказался простым и надежным средством для получения возвратно-поступательного и вращательно движения, по сравнению с другими типами приводов [20]. Гидравлический привод – это устройство, предназначенная для приведения в движение машин и механизмов посредством потока сжатой рабочей жидкости [21].

В Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы (Указ президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года №874) сказано, что одним из приоритетных секторов машиностроения является – производство машин и оборудования для

горнодобывающей промышленности. В секторе производства машин и оборудования для горнодобывающей промышленности основным вопросом является – выпуск качественного и конкурентоспособного горнодобывающего оборудования. В связи с этим разработка технологии изготовления гидравлических цилиндров с применением термической насадки обсадных колец и применением метода ППД обработки для повышения ресурса их работы является востребованной и актуальной.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, патентных исследованиях и выводы из них определяются полнотой проведенного в литературном обзоре патентного поиска по проблеме проектирования и изготовления гидравлических цилиндров, разработкой и выбором современных методик исследований, системной организацией и проведением экспериментов.

На основе анализа доступной патентной информации рассмотрена эффективность использования новых технических и технологических решений по методам улучшения технологии и качества производства гидравлических цилиндров. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-технической проблемы и патентных исследований в области изготовления гидравлических цилиндров.

Сведения о метрологическом обеспечении диссертации

Исследования по теме диссертации проводились на базе АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) и на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) в ходе зарубежной стажировки.

Измерения шероховатости производились на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь), прибор для определения шероховатости – профилометр SurfTest SJ-210, производитель фирма Mitutoyo (Япония).

Измерения твердости производились на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь), прибор для определения твердости – твердомер портативный динамический «Константа ТД», производитель фирма ЗАО «КОНСТАНТА» (Россия).

Актуальность темы

Гидравлические цилиндры входят в состав механизированного комплекса горнодобывающей промышленности. Гидравлические цилиндры механизированного комплекса выполняют функцию опорного элемента кровли в забое и обеспечивают сопротивление опусканию кровли.

Гидравлические цилиндры в механизированных креплениях являются наиболее значимым узлом для обеспечения безопасности проведения очистных работ, в связи с этим к гидравлическим цилиндрам предъявляются жесткие технические требования по качеству изготовления [22].

Основными причинами выхода из строя гидравлических цилиндров (стоек) являются конструкционные и технологические параметры. Если же в первом случае не обеспечивается требуемая прочность, что приводит к деформациям и разрушениям стоек под воздействием внешних нагрузок, то во

втором случае не обеспечивается требуемая износостойкость рабочих поверхностей технологическими процессами изготовления деталей.

Следовательно, повышение надежности и долговечности гидравлических цилиндров механизированных крепей путем совершенствования конструкции и разработки нового технологического процесса является актуальной задачей.

Научная новизна темы заключается в установлении связи между условиями эксплуатации, параметрами точности и функциональными назначениями гидравлического цилиндра механизированной крепи, позволяющие разработать оптимальный технологический процесс изготовления. Определена зависимость влияния рабочего давления цилиндра на радиальные деформации и напряжения в характерных точках. На основе вышесказанного был разработан метод изготовления цилиндра гидравлических стоек, который учитывает деформации цилиндра (от давления рабочей жидкости) и обеспечивает уменьшение нормальных нагрузок в рабочей зоне соприкосновения поверхностей деталей.

Связь диссертационной работы с государственными программами и научно-исследовательскими работами

Результаты работы соответствуют задачам Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы, разработанная в соответствии с долгосрочными приоритетами Стратегии «Казахстан – 2050», в реализацию ключевого направления «Ускорение диверсификации экономики» стратегического плана развития Республики Казахстан до 2020 года, концепцией по вхождению Казахстана в число 30-ти развитых государств мира.

Цель исследования

Повышение ресурса работы гидравлического цилиндра за счет внедрения новой технологии изготовления цилиндра с термической насадкой колец с последующей обработкой методом ППД.

Объект исследования

Гидравлический цилиндр механизированной крепи для горнодобывающей промышленности, эксплуатируемый в тяжелых условиях. Под тяжелыми условиями подразумевается шахтная метано – воздушная атмосфера с большой влажностью и запыленностью воздуха, агрессивная среда, перепады температур, то есть условия характерные для горнодобывающей промышленности.

Предмет исследования

Конструктивные и технологические факторы, оказывающие влияние на надежность и срок эксплуатации гидравлического цилиндра механизированных крепей.

Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом

– выполнить анализ конструктивных особенностей гидравлических цилиндров, применяемых в горном машиностроении;

- рассчитать НДС гидравлического цилиндра под действием обсадных колец, установить их влияние;
- разработать компьютерную модель гидравлического цилиндра с учетом конструктивных параметров и определить его деформации для условий предварительно-напряженного состояния (обсадными кольцами);
- разработать технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с учетом деформации под давлением рабочей жидкости с применением отделочно-упрочняющего метода обработки (ППД).

Каждая отдельная задача, представленная выше и решаемая в настоящей диссертационной работе, логически связана с остальными задачами между собой и нацелена на достижение поставленной цели работы.

Методологическая база исследований

Методы исследования, используемые в работе, основываются на положениях таких наук, как технология машиностроения, математическая статистика, допуски и посадки, основы конструирования деталей гидравлических машин и теории упруго-пластического деформирования.

Исследования НДС гидравлического цилиндра с использованием программного комплекса Solid Works проводились на базе лаборатории компьютерного моделирования Жешовского политехнического университета имени И. Лукасевича (г. Жешов, Польша) в ходе зарубежной стажировки.

Научная новизна работы

- повышение ресурса работы гидравлических цилиндров и снижение утечки рабочей жидкости при высоких давлениях обеспечивается созданием в материале корпуса сжимающих термических напряжений горячей насадкой обсадных колец, нагретых до температуры 250 °С;
- установлена аналитическая зависимость контактного давления, возникающее в теле гидравлического цилиндра при термической посадке обсадных колец и образования регулируемого натяга, от их геометрических размеров и отношения длины посадочной поверхности к ее диаметру, причем шаг запрессованных обсадных колец и их ширина зависит от внутреннего давления гидравлической системы и находятся в пропорциях 1:2; 1:4; 1:8 и так далее к последнему;
- оценка напряженно-деформированного состояния гидравлического цилиндра с обсадными кольцами проведена с использованием программного комплекса Solid Works, установлено снижение напряжений в теле цилиндра в 1,5 раза;
- применение новой технологии изготовления гидравлического цилиндра с термической насадкой обсадными кольцами и последующей обработкой методом пластического деформирования увеличивает ресурс работы гидравлического цилиндра.

Положения, выносимые на защиту

- горячая насадка обсадных колец равномерно распределяет сжимающие напряжения в материале корпуса цилиндра, позволяет повысить ресурс работы и снизить утечки рабочей жидкости при высоких давлениях работы;

– разработанная модель гидравлического цилиндра с использованием программы Solid Works, позволяет установить напряженно-деформированное состояние гидравлического цилиндра и выявить местные напряжения;

– повышение ресурса работы гидравлического цилиндра обеспечивается применением новой технологией изготовления цилиндра с термической насадкой обсадных колец с последующей обработкой методом ППД, позволяет снизить деформационные параметры и уменьшить нормальные нагрузки;

– повышение износостойкости и герметичности гидравлического цилиндра путем исправления отклонений шероховатости на стадии предварительной механической обработки за счет применения метода ППД позволяет улучшить чистоту внутренней поверхности до Ra 0,2, повысить твердость поверхностного слоя металла до 40-45 единиц по Роквеллу.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

– разработана конструкторская документация для изготовления цилиндров гидравлических стоек с учетом конструктивных особенностей, обеспечивающих повышение надежности и эффективности работы (приложение А);

– разработан технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с применением термической насадки обсадных колец и отделочно-упрочняющего метода обработки внутренней поверхности (приложение Б);

– результаты работы используются на АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» при проектировании и разработке технологических процессов при изготовлении тонкостенных обечаек (приложение В);

– разработанное технологическое решение изготовления и упрочнения цилиндров гидравлических стоек приняты для использования в УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) при проектировании механизированных крепей (приложение Г);

– научные результаты работы используются в учебном процессе при подготовке обучающихся по специальности 5В071200 – «Машиностроение» в КазНУТУ имени К.И. Сатпаева (приложение Д);

– ожидаемая экономическая эффективность внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра составит до 97400 белорусских рублей (16850000 тенге) в год;

– по результатам диссертационных исследований, разработана новая конструкция гидравлического цилиндра, на которую получен инновационный патент РК «Силовой гидроцилиндр» №30469 бюл. №10 от 15.10.2015 г.

Также результаты работы могут быть использованы в различных сферах машиностроительного производства и в качестве дополнительных пособий по написанию дипломных и диссертационных работ для бакалавров и магистрантов специальности «Технология машиностроения».

Апробация работы

Основные положения и результаты работы докладывались на международной конференции «Сборочные соединения, конструкции и

технологии в машиностроении» (Польша, Жешовский политехнический университет, 2013 г.); на III Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» (North Charleston, USA, 2014 г.) (приложение Е); на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии, оборудование и материалы в машиностроении» (Алматы, КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2012 г.); на международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», (Алматы, КБТУ, 2013 г.); на международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века» (Алматы, КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2013 г.);

Публикации

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ККСОН МОН РК; 3 публикации в Международных конференциях, из них 1 – зарубежная; 1 статья в базе данных Scopus. Получен инновационный патент на изобретение.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения, изложенных на 159 страницах, содержит 54 рисунка, 9 таблиц, 141 использованных источников и 11 приложений.

1 ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

1.1 Применение гидравлических приводов в различных отраслях промышленности

Экономическо-технический рост машиностроительной отрасли неуклонно связан с задачей создания и развития материально-технической базы предприятий. Для решения данной задачи следует проделать огромный фронт работы по внедрению в промышленность автоматизированных производственных процессов, применять на производствах новейшие разработки и достижения науки и техники, повышать механизацию работ, широко использовать на предприятиях специализированную, унифицированную и энергоемкую технику.

Гидравлические цилиндры при малых габаритах обладают большой энергоемкостью. В различных отраслях производства гидравлические цилиндры зарекомендовали себя надежным и простым механизмом для получения возвратно-поступательного движения.

Гидравлический привод предназначен для приведения в движение машин и механизмов преобразуя механические характеристики приводного двигателя согласно требованиям нагрузки посредством гидравлической энергии [23].

Сложно обойтись без «гидравлических помощников» на современном предприятии оснащенной автоматизированными производственными процессами, роботизированными узлами и механизированной техникой.

Ниже мы рассмотрим применение гидравлических приводов в некоторых различных отраслях производства.

Гидравлический привод в металлорежущих станках.

Гидравлические привода являются совершенными техническими средствами для повышения производительности станков и машин. По сравнению с другими видами приводов, широкое применение гидравлические привода получили за счет своих преимуществ, таких как: 1) быстрое переключение и плавное движение исполнительных органов; 2) контролирование от перегрузок и предохранение от поломок исполнительных органов станков и машин; 3) самосмазываемость и простота преобразования вращательного движения гидравлических механизмов [24].

На пути развития металлорежущего оборудования огромным шагом считается разработка и внедрение блоков управления. Блок управления в металлорежущих станках сложно представить без гидравлических систем. Основные характерные качества гидравлических приводов в металлорежущих станках являются безопасность и точность [25].

Гидравлические приводы в машинах и в промышленных роботах.

В современных строительных машинах гидравлическая передача осуществляется с помощью гидравлического привода. Шагающие экскаваторы являются хорошим примером передачи прямой и оптимальной гидравлической энергии.

Во многих различных машинах применяются гидравлически системы. Например, машина контроля за состоянием мостов, подвесные площадки для обслуживающего персонала с мостиком устанавливается на хоботах машины. С помощью телескопической конструкции мостик может выдвигаться на длину 20 метров.

В роботах с цикловым, контурным и позиционным управлением также применяются гидравлические привода. Автономная гидравлическая система робота – это совокупность работ гидравлического привода и различных дополнительных функциональных оборудований [26].

Применение гидравлических приводов в авиастроении.

Применение гидравлических систем на современных самолетах обуславливается малыми габаритами и быстродействием исполнительных механизмов. При большом быстродействии приводы гидравлической системы могут развивать значительные усилия. Гидравлические привода в авиастроении (в самолетах) применяются: в управлении стабилизатором и рулями; в управлении системами и механизмами, которые отвечают за безопасность полета; во взлетно-посадочном механизме; в уборке и выпуске шасси и во многих других механизмах [27; 28].

Применение гидравлических приводов в машиностроении.

Гидравлический привод очень широко нашел свое применение в машиностроении. Он применяется в промышленном оборудовании, в мобильных машинах, в габаритных установках и во многих других сферах машиностроения. Сегодня практический нельзя представить машину без гидравлического привода [29–31].

Применение гидравлических приводов в машиностроении, приведена в таблице 1.1 [32].

Таблица 1.1 – Применение гидравлических приводов в машиностроении

Отрасли	Оборудование
Станкостроение	Металлообрабатывающие станки, прессовое оборудование, пресс–автоматы для пластмасс
Лесная отрасль	Валочно-пакетирующие машины, погрузчики-штабелеры, машины сучкорезные, валочно–трелевочные машины, лесоповалочные машины, транспортировщики, бульдозеры, лесовозы, гидроманипуляторы, трелевочные трактора
Нефте– и газодобывающая отрасль	Машины для ремонта скважин, лебедки, трубоукладчики, гидроключи, гидроманипуляторы

Продолжение таблицы 1.1

Отрасли	Оборудование
Строительно-дорожная и подъемно-транспортная техника	Автокраны, автогрейдеры, автогидроподъемники, асфальтоукладчики, бетоноукладчики, катки, экскаваторы, погрузчики, подъемники монтажные, бульдозеры–погрузчики, виброплиты, комбинированные дорожные машины, автобетоновозы, скреперы
Судостроение	Приводы судовых механизмов, механизмы подъема якорей, гидроманипуляторы, лебедки гидравлические
Инженерная техника	Машины для наведения мостов, бензоаправщики, траншеекопатели, колесные тягачи, вездеходы автокраны, автогрейдеры, бульдозеры
Металлургия	Прокатные станы, литьевые машины, установки для транспортировки ленты, прессы гидравлические правильные; кокильные машины, машины для литья под давлением, гидропрессы, протяжные станки
Горнодобывающие отрасли	Скреперы, карьерные экскаваторы, карьерные самосвалы, угольные комбайны, автогидроподъемники, механизированные крепи, автогрейдеры, бульдозеры
Железнодорожный транспорт	Рельсоукладчики, балластоукладчики, щебнеочистительные машины, гидравлические краны на железнодорожном ходу, путеремонтные машины, краново–бурильные машины, погрузчики
Коммунальное хозяйство	Снегоуборочные машины, мусоровозы, пожарные машины, малогабаритные погрузчики, гидроманипуляторы

Применение гидравлических приводов в военной промышленности.

Благодаря таким качествам как надежность и простота управления гидравлические привода нашли свое применение в военной промышленности. Особенно гидравлические системы незаменимы в системах наведения зенитных установок. Эксплуатация гидравлических приводов в следящих системах наведения обеспечивает зенитную установку плавным и бесступенчатым регулированием скорости управления и точным попаданием в заданную цель в широком диапазоне. Также гидравлические привода способны выдерживать перегрузки и нагрузки, которые в системах наведения могут измениться в любой момент [33].

Применение гидравлических приводов в горной промышленности.

Широкое применение гидравлического привода в конструкциях машин и оборудования в горной промышленности является основным направлением технического прогресса в этой отрасли. На основе гидравлического привода

удалось создать работоспособные конструкции механизированных крепей, угледобывающих и проходческих комплексов, завершить комплексную механизацию работ в очистных забоях шахт [34, 35].

Гидравлический привод широко применяется в горных машинах на подземных и открытых горных работ. Применение гидравлического привода позволяет создать прогрессивные конструкции машин, уменьшить их габаритные размеры, повысить долговечность, расширить возможности автоматизации управления. Гидропривод обеспечивает возможность создания многоприводных систем, реализации большой мощности в ограниченных габаритах горной машины, больших пусковых моментов при надежной защите от перегрузки, точное управление перемещениями и скоростями механизмов, автономное энергоснабжение и высокую надежность [36].

Применение гидравлического привода в горных машинах во многом определяет безопасность труда рабочих, что является одним из основных критериев, определяющих возможность внедрения новой горной техники.

Масштабы применения гидравлического привода в горных машинах растут непрерывно. Развитие комплексной механизации горных работ требует все более совершенных гидравлических механизмов, машин и гидросистем для сложных условий горных предприятий [37].

Основные преимущества гидравлического привода по сравнению с другими видами приводов заключаются в следующем: простота управления машин и механизмов; большая передаваемая мощность на единицу массы привода; возможность получения больших сил и мощностей при малых размерах; сравнительная надёжность при эксплуатации; возможность частых и быстрых переключений при возвратно-поступательных движениях; при одновременной передаче усилия на несколько приводов можно регулировать равномерное распределение (усилия); возможность компоновать основные узлы гидравлического привода.

Перспективы развития гидравлических приводов и систем.

Развитие электроники и вычислительных средств могут определить развитие гидравлических приводов. Применение электронных систем однозначно усовершенствует и упростит управление гидравлических приводов. Также применение новых конструкционных материалов при изготовлении гидравлических приводов могут повлиять на конструкцию и форму последних. Уменьшить массу и повысить прочность материалов гидравлических приводов будет реально с развитием нанотехнологий [38].

1.2 Оценка существующего состояния эксплуатации гидравлических цилиндров в горной промышленности

Гидравлический цилиндр является объемным гидравлическим двигателем, в котором выходное звено (шток) совершает поступательное движение, тем самым преобразуя энергию потока рабочей жидкости в энергию движения выходного звена [39, с. 80].

Во всех отраслях производства, где применяется объемный гидравлический привод, широкое распространение получили и гидравлические цилиндры.

Гидравлические цилиндры обладают следующими отличительными качествами:

- отличительной характеристикой гидравлических цилиндров является то, что линейное перемещение выходного звена, можно преобразовать во вращательное;
- при сравнительно небольших габаритах создает большие усилия при работе;
- высокая технологичность;
- простота конструкции;
- высокая надежность и долговечность;
- хорошая ремонтпригодность;
- простота технического обслуживания [40].

Гидравлические цилиндры делятся на силовые и моментные.

Моментный гидроцилиндр – это объемный гидравлический двигатель, в котором звено совершает возвратно–поворотное движение относительно корпуса на угол, меньший 360° [41].

Гидравлические цилиндры по конструкции делятся на одностороннего действия и двухстороннего действия.

Гидравлические цилиндры одностороннего действия подразделяются на поршневые, плунжерные, телескопические.

Когда возврат штока в исходное положение обеспечивается силой, приложенной извне (например, пружиной), в этих случаях применяются поршневые гидравлические цилиндры одностороннего действия.

В гидроцилиндре поршневом одностороннего действия, выполненном по схеме рисунок 1.1, а, усилие перемещения штока при выдвигании зависит от площади поршня и рабочего давления и определяется из выражения [39, с. 80]:

$$P = pF = p \frac{\pi D^2}{4} \quad (1.1)$$

где p – рабочее давление;

D – диаметр поршня;

F – площадь поршня.

Скорость перемещения поршня определяется, количеством жидкости, поступающей в цилиндр и от площади поршня:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (1.2)$$

где Q – количество жидкости, поступающей в цилиндр;

D – диаметр поршня;

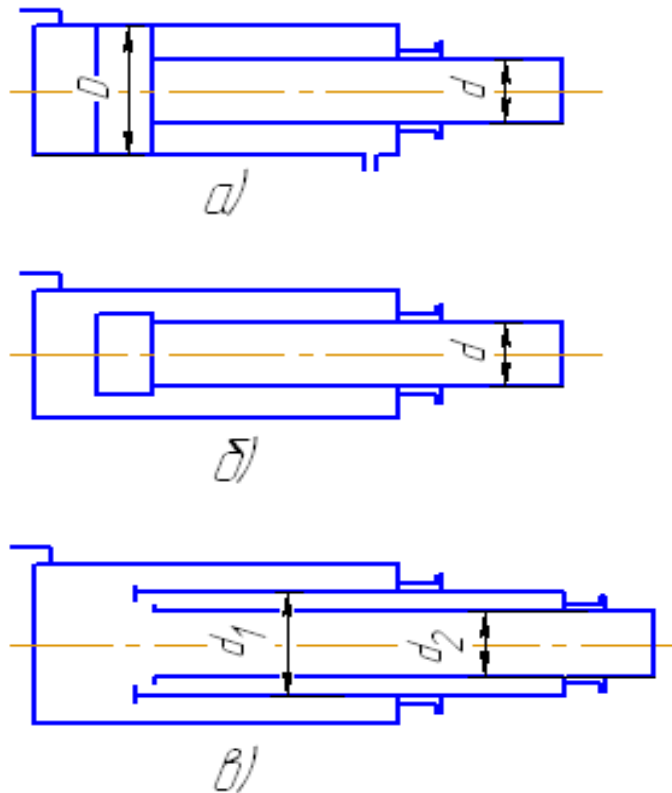


Рисунок 1.1 – Схемы гидроцилиндров одностороннего действия:
 а – поршневого; б – плунжерного; в – телескопического

Гидравлические цилиндры плунжерные одностороннего действия (рисунок 1.1, б) применяются также в тех случаях, когда возврат плунжера в исходное положение обеспечивается силой, приложенной извне, однако они имеют много преимуществ перед поршневыми: уменьшенный габарит по наружному диаметру, возможность применения гильзы без обработки по внутреннему диаметру, повышенный механический коэффициент полезного действия, конструктивно более просты, надежны и долговечны.

В плунжерных гидравлических цилиндрах усилие на плунжере зависит от площади активной части и рабочего давления [39, с. 81]:

$$P = pF = p \frac{\pi d^2}{4} \quad (1.3)$$

где d – диаметр поршня.

Скорость выдвижения плунжера определяется из выражения:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (1.4)$$

Телескопические гидроцилиндры одностороннего действия выполняются по схеме рисунок 1.1, в.

Основные преимущества телескопических гидравлических цилиндров – малый габарит в сдвинутом состоянии и сравнительно большой ход штока (телескопа) при выдвигении.

Телескопические цилиндры находят применение в горных машинах там, где обычные силовые гидроцилиндры не могут при заданных габаритах обеспечить необходимую длину хода.

Последовательность выдвигения плунжеров – d_1, d_2, \dots, d_n последовательность вталкивания плунжеров – обратная выдвигению.

Гидравлические цилиндры двустороннего действия делятся на гидроцилиндры с односторонним штоком, с двусторонним штоком, гидроцилиндры телескопические и гидроцилиндры комбинированные.

Схема гидравлического цилиндра двустороннего действия с односторонним штоком представлена на рисунок 1.2, а.

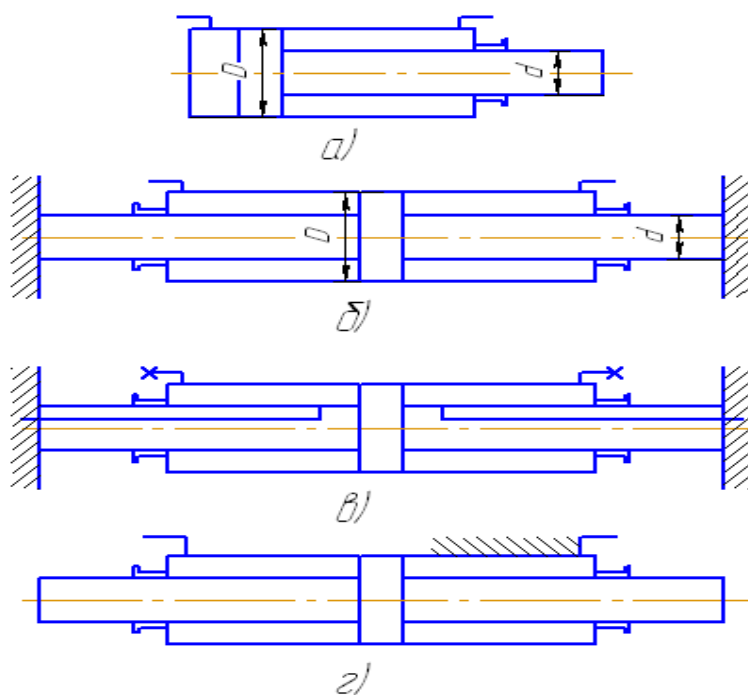


Рисунок 1.2 – Схемы гидроцилиндров двустороннего действия:
а – с односторонним штоком; б, в, г – с двусторонним штоком

В схеме на рисунках 1.2, б, в, г представлены гидравлические цилиндры двустороннего действия с двусторонним штоком, поршень со штоком неподвижен, а цилиндр жестко скреплен с подвижной частью рабочего органа, жидкость может подводиться через шток.

По условиям характерных работ во многих горных машинах необходимо, чтобы телескопический гидроцилиндр был двустороннего действия (рисунок 1.3) [39, с. 82].

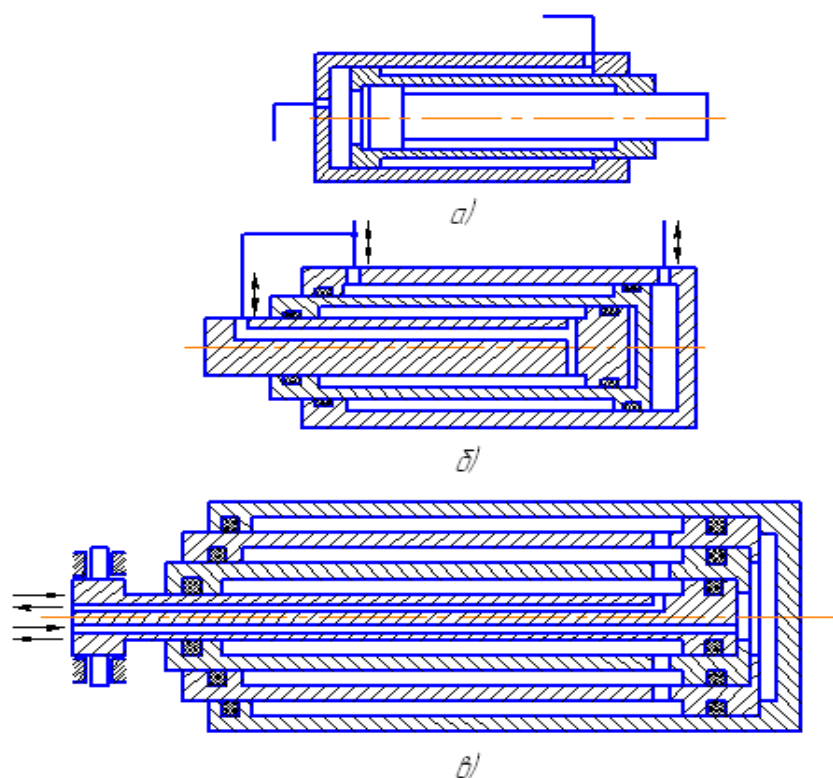


Рисунок 1.3 – Схемы телескопических гидроцилиндров двустороннего действия

Телескопический гидроцилиндр применяют, когда необходимо приложить тянущее усилие только первоначально на определенном участке пути, меньшем общего хода телескопа (рисунок 1.3, а). Если гидроцилиндр только двухступенчатый, можно применить схему, приведенную на рисунке 1.3, б. Эта схема не пригодна для многоступенчатых телескопических гидроцилиндров двустороннего действия, так как подводящие рукава на штоках громоздки и увеличен габарит; в этом случае рекомендуется применять схему, изображенную на рисунок 1.3, в.

Комбинированные гидравлические цилиндры (рисунок 1.4) представляют собой гидравлические двигатели возвратно–поступательного и возвратно–поворотного движений, состоящие из элементов силовых гидроцилиндров одностороннего и двустороннего действия.

Сдвоенные и строенные гидравлические цилиндры применяются в случаях, когда необходимо получить большое усилие, но при этом гидроцилиндр с большим диаметром установить нельзя. Принцип работы таков, последовательная установка (расположение) гидроцилиндров увеличивает площадь действия, при этом увеличивает тяговое усилие [39, с. 83].

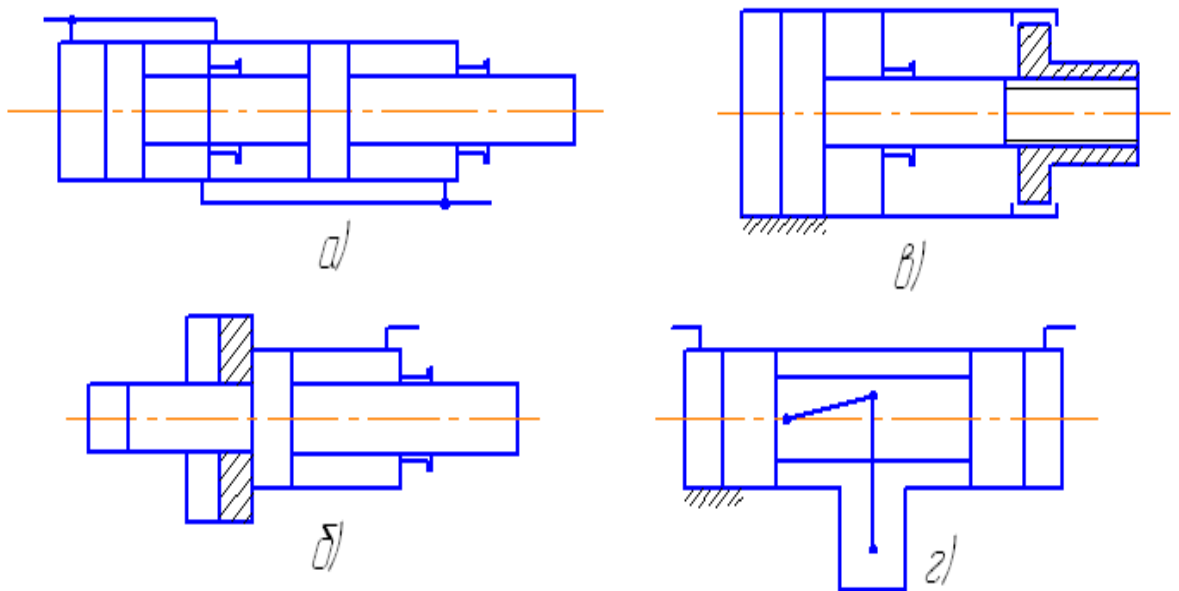


Рисунок 1.4 – Схемы комбинированных гидроцилиндров:
 а – сдвоенный; б – трехпозиционный; в – с винтовой передачей;
 г – с кривошипно-шатунным механизмом.

Для расчета расхода рабочей жидкости Q (см³/мин), который проходит в поршневую полость для перемещения поршня цилиндра, применима следующая формула [42, с. 167]:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} v \quad (1.5)$$

где D – диаметр гидравлического цилиндра.

При подаче рабочей жидкости в поршневую полость под давлением на штоке возникает эффективное движущее усилие T_{II} (кгс), которое рассчитывается следующей формулой:

$$T_{II} = \frac{\pi D^2}{4} P_{II} \eta_{MECH} \quad (1.6)$$

где P_{II} – давление в поршневой полости;

η_{MECH} – механический КПД гидравлического цилиндра.

При расчете силовых гидравлических цилиндров, применяющихся в горном машиностроении КПД принимать $\eta_{MECH}=0,95$.

Эффективное движущее усилие T_{III} (кгс) при подаче жидкости под давлением в штоковую полость [42, с. 168]:

$$T_{III} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} P_{III} \eta_{MECH} \quad (1.7)$$

Толщина стенок гидроцилиндра рассчитывается по формуле [42, с. 169]:

$$S = \frac{P \cdot D_{BH}}{(2,3[\sigma] - P) \cdot n} + C \quad (1.8)$$

где S – толщина стенки;

P – рабочее давление жидкости;

D_{BH} – внутренний диаметр цилиндра;

n – коэффициент запаса прочности;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение на растяжение для материала доньшка гидроцилиндра;

C – прибавка к расчетной толщине стенки, включающая минусовый допуск на толщину стенки и добавки на коррозию наружной поверхности цилиндра.

По применению гидроцилиндры делятся на четыре группы:

1. гидравлические стойки механизированных крепей;
2. гидравлические цилиндры передвижения;
3. гидравлические цилиндры регулирования положения исполнительных органов горных комбайнов;
4. гидравлические цилиндры общего назначения.

Ниже представлены ранее разработанные конструкции гидравлических цилиндров и их сравнительные недостатки.

Гидроцилиндры ПН 356-62 хорошо зарекомендовали себя как в изготовлении, так и в эксплуатации. Единственным их недостатком было то, что, имея квадратную форму, раздробленную шпильками, они плохо смотрелись на стреловидных конструкциях различных манипуляторов с круглым сечением формы.

В 1966 году Гипрорудмашем были разработаны и внедрены на машинах унифицированные гидравлические цилиндры круглого сечения с креплением передней головки на внутренней резьбе и на внутренних полукольцах.

Недостатком гидроцилиндров на резьбе было то, что головка из-за коррозии в шахтных условиях плохо отвинчивались, на что сказывалось плохое антикоррозионное покрытие при изготовлении или полное ее отсутствие.

Имели место и случаи выхода из строя гидроцилиндров на внутренних полукольцах. Из-за неточности изготовления передача усилия с полуколец на гильзу происходила не по плоскости, а по линии у нижней кромки канавки, в результате чего под действием изгибающего момента переднюю часть гильзы деформировало в виде трубы и стопорные полукольца вместе с головками выпадали из гидроцилиндра.

В 1969 году были разработаны и внедрены на машинах унифицированные гидроцилиндры с креплением головки на стопорном кольце круглого сечения. Недостаток этих гидроцилиндров заключается в том, что при сборке необходимо перемещать головку для установки стопорного кольца.

Фирма «Вестфалия» (Германия) впервые предложила крепь с двухрядными, четырехстоечными секциями с мощным четырехзвенником, обеспечивающим сохранение связи перекрытия с основанием в любом состоянии секции, недостатком было то, что при работе в условиях тяжелых кровель четырехзвенный механизм часто разрушался [45].

Ниже представлены некоторые известные разработки из патентного обзора по усовершенствованию конструкции гидравлического цилиндра.

Известен гидроцилиндр (А.С. СССР №1525351 А1, опубликовано 30.11.89, бюллетень № 44, F15B 15/22) содержащий корпус с крышкой и установленные в нем поршень со штоком, амортизатор в виде подпружиненного ползуна и снабженное регулируемым напорным клапаном устройство для демпфирования в виде подпружиненного золотника, установленного с возможностью взаимодействия с крышкой с образованием дросселя переменного проходного сечения между поршневой полостью и сливной магистралью, отличающийся тем, что с целью улучшения динамических характеристик торможения и расширения функциональных возможностей, золотник снабжен двумя закрепленными в крышке мембранами разного диаметра, полость между которыми сообщена со сливной магистралью через обратный клапан и последовательно включенные регулируемый напорный клапан и регулируемый дроссель [47, с. 2].

Недостатком технологии данного изобретения является то, что при высоком рабочем давлении происходит утечка масла в поршневую полость.

Также известен способ изготовления гильзы гидравлического цилиндра, технология которая заключается в следующем, на внутреннюю поверхность гильзы с помощью цилиндрической оправки сталкивают (облицовывают) тонкими пластинами (из стальной холоднокатаной термообработанной ленты), также данный способ можно назвать пластинированием [46].

Операционный технологический процесс изготовления по данному способу следующая, отрезок стальной трубы устанавливают на токарный станок и проводят проточку наружной поверхности и расточку внутренней поверхности.

Исходя из размеров (параметров) гильзы цилиндра, ленту, которая предназначена для пластинирования, нарезают на мерные куски, оставляя припуск под шлифование торцов. Затем шлифуют кромки у пластин, после каждую пластину вручную защищают от заусенцов. Затем с помощью специального приспособления пластины свертывают в цилиндрическую обечайку. Далее обечайку одевают на цилиндрическую часть оправки. Затем на внутреннюю поверхность гильзы наносят клеевую композицию. Вводят оправку с обечайкой внутрь гильзы и в течение определенного времени выдерживают для отверждения. Затем оправку удаляют и производят обработку внутренней поверхности.

Данный способ обладает рядом недостатков.

Во-первых, нельзя устранить требования к жесткости (твердости) материала пластин, необходимой для длительного функционирования гильзы в

агрегате (отказ гильзы определяется чаще всего износом зеркала, а износ, как известно, тем меньше, чем больше твердость материала).

Во-вторых, необходима финишная операция для придания зеркалу цилиндра необходимых геометрических размеров и шероховатости.

В-третьих, большие значения внутреннего давления при выполнении цилиндром рабочих операций или его испытании не дают гарантий против отслоения пластинированного слоя, так как края пластин после ввода внутрь гильзы ничем не скрепляются [102].

Также известен способ изготовления силового гидравлического цилиндра (А.С. СССР №1201563 А, опубликовано 30.12.85, бюллетень № 48, F15B 15/22, F15B 15/14), содержащий корпус, в котором размещены поршень и кинематически связанный с рабочим органом шток с образованием поршневой и штоковой рабочих полостей, подводящую магистраль и мультипликатор, плунжерная полость которого сообщена с поршневой рабочей полостью, а поршневая – с подводящей магистралью через два клапана, один из которых выполнен в виде открытого в сторону подводящей магистрали обратного клапана [47, с. 2].

Большая утечка масла в поршневой полости при высоком давлении является главным недостатком данного изобретения.

Учитывая характерные дефекты гильз гидравлических цилиндров, проанализировав разработанные ранее конструкции гидравлических цилиндров, выполнив патентный обзор изготовлений гидравлических цилиндров, нами был предложен, а затем и получен инновационный патент Республики Казахстан на изобретение по методу изготовления гидравлического цилиндра.

Технической задачей нашего изобретения является повышение надежности, устранение механических повреждений в виде остаточных деформаций, снижение металлоемкости и утечки масла в поршневой полости.

Указанная техническая задача достигается разработкой конструкции гидроцилиндра, снабженного обсадными энергетическими кольцами, создающими в материале корпуса сжимающие напряжения, расположенными на некотором расстоянии друг от друга по длине цилиндра и обеспечивающие минимальные перемещения корпуса цилиндра в поперечном направлении, позволяющей снизить металлоемкость гидроцилиндра, толщина стенки которого будет значительно отличаться от проектной. Развитие сжимающих напряжений в теле корпуса гидроцилиндра обеспечивается обсадными кольцами, установленными по горячей посадке. Для обеспечения сжимающих напряжений диаметр и ширина кольца выбираются из расчета обеспечения их прочности, а также от выбранной посадки [47].

Гильза гидравлического цилиндра изготавливается с припуском под раскатку. После использования термического способа сборки, в частности, с нагревом охватывающей и низкотемпературным охлаждением охватываемой деталей, производится раскатка внутренней поверхности в один – два прохода. Данный вид доводки основан на использовании пластических свойств металла

и его способности под воздействием внешних сил, получать остаточную деформацию без разрушения.

1.3 Виды износа гидравлических цилиндров и их влияние на конструктивные параметры и работу привода

Существуют различные по конструкции, по назначению, по эксплуатационным характеристикам гидравлические цилиндры.

Простая конструкция гидравлического цилиндра состоит из следующих элементов: гильза, поршень, шток, крышки и уплотнительные элементы.

Гильза – это корпус гидравлического цилиндра. Поршень – элемент, который разделяет рабочие полости гидравлического цилиндра. Шток – выходное звено. Крышки и уплотнительные элементы обеспечивают герметичность гидравлического цилиндра.

Поверхности гидравлических цилиндров подвергаются следующим видам износа: нарушение герметичности, повреждения механические, коррозионному, абразивному, заеданию, адгезионному (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Математические модели изнашивания поверхностей гидравлического цилиндра [43, с. 8].

№ п/п	Вид изнашивания	Математическая модель	Автор
1	Абразивное	$V = C \frac{NSa}{H}$ <p>где V – объем износа; N – нормальная нагрузка; S – путь трения; a – размер абразивного зерна; H – начальная твердость металла; C – коэффициент износа.</p>	М.М. Хрущев
2	Адгезионное	$V \approx k \frac{NS}{H}$ <p>где k – коэффициент износа; N – нормальная нагрузка; S – путь трения; H – твердость мягкого материала.</p>	Д. Арчард
3	Заедание	$\frac{\sigma}{\sigma_T} = \frac{\alpha TE \ln \frac{\tau}{\tau_0}}{3\chi\sigma_T} \leq k_{kp}$ <p>где σ – контактное напряжение; σ_T – предел текучести материала; χ – коэффициент перегрузки; α – коэффициент теплового расширения; T – абсолютная температура; E – модуль упругости; τ – время трения в контакте; k_{kp} – критическое значение заедания.</p>	Ю.М. Дроздов (на основе уравнения Журкова)

Продолжение таблицы 1.2

4	Коррозийно-механическое	$t = \frac{\pi a_M H}{4 p v_c} \frac{1}{p v_c}$ <p>где t – время образования мостиков сварки; a_M – радиус круга мостика сварки; H – твердость более мягкого материала; p – среднее контактное давление; v_c – скорость скольжения.</p>	Н. Сода, Т. Сасада
---	-------------------------	--	-----------------------

В зоне контакта рабочих поверхностей возникают остаточные напряжения, они и являются основной причиной износа поверхностей деталей. Как же возникают эти остаточные напряжения? Остаточные напряжения появляются в следствии несоблюдения параметр точности сборки, а также в следствии не корректной (со временем) работы одной из деталей. Чтобы минимизировать появления остаточных напряжений следует разработать технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра, который обеспечит параметры точности соединений и уменьшит нормальные нагрузки в зоне контакта рабочих поверхностей [43, с. 7].

Износ, обломы, износ зеркала поверхности, сколы, механические повреждения являются характерными дефектами гильзы гидравлического цилиндра. При износе нарушаются геометрические размеры гидравлического цилиндра.

К внутренней поверхности гильзы предъявляются жесткие требования по обработке и прочности. По внутренней поверхности гильзы перемещается поршень (шток). Слаженная и долговечная работа этих деталей зависит от качества обработки внутренней поверхности гильзы. Гильза является особо ответственной и теплонапряженной деталью гидравлического цилиндра. Гильза во время работы подвергается механическим и тепловым нагрузкам, поэтому, помимо прочности и качества изготовления внутренней рабочей поверхности, гильза должна обладать стабильностью геометрической формы, от этого во многом зависит срок эксплуатации гидравлического цилиндра.

Выявлены следующие виды дефектов гильз гидравлического цилиндра механизированной крепи (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Таблица дефектов гильз гидравлического цилиндра

№ п/п	Наименование дефекта	Способ определения	Метод (прибор) контроля	Заключение
1	Износ зеркала цилиндра	Замер	Нутромер НИ-160-250, ГОСТ 868–82;	Растачивание и последующая раскатка

Продолжение таблицы 1.3

№ п/п	Наименование дефекта	Способ определения	Метод (прибор) контроля	Заключение
2	Коробление, отколы, глубокие задиры	Визуально		Браковать
3	Сколы и трещины любого размера и расположения	Визуально		Браковать
4	Износ, изменение формы	Замер	Микрометр рычажный, штангенциркуль	Предварительно шлифование, нанесение покрытия и окончательное шлифование до исходного размера

Цель проведения анализа дефектов, оценить степень того или иного дефекта, проанализировать и определить возможность дальнейшей эксплуатации детали, либо возможность проведения ремонтных операций.

В процессе работы вследствие механических нагрузок у гильз гидравлических стоек появляются различного рода дефекты.

На рисунке 1.5 показан износ внутренней поверхности гильзы, как видно на рисунке на поверхности имеются глубокие задиры и износ зеркала.



Рисунок 1.5 – Износ внутренней поверхности гильзы гидравлического цилиндра

Перепады температурного режима, повышенная запыленность, агрессивная рабочая среда, колоссальные механические нагрузки на сопрягаемые детали, являются основными факторами, которые влияют на интенсивность неравномерного изнашивания рабочих поверхностей гильз гидравлического цилиндра. Отклонения геометрических параметров (форм) и изменение размеров, последствия неравномерного изнашивания рабочей поверхности. Отклонения от технических требований по геометрическим данным (овальность, конусность, корсетность, параллельность осей цилиндрических поверхностей) приводит к преждевременному выходу из строя всего механизированного комплекса (крепи) [44].

1.4 Цель работы и задачи исследования

Целью работы является исследование влияния напряженно-деформированного состояния поверхности на ее качественные показатели при обработке цилиндрических деталей методами пластического деформирования.

В соответствии с поставленной в работе целью разработаны следующие задачи исследования:

- выполнить анализ конструктивных особенностей гидравлических цилиндров, применяемых в горном машиностроении;
- рассчитать НДС гидравлического цилиндра под действием обсадных колец, установить их влияние;
- разработать компьютерную модель гидравлического цилиндра с учетом конструктивных параметров и определить его деформации для условий предварительно-напряженного состояния (обсадными кольцами);
- разработать технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с учетом деформации под давлением рабочей жидкости с применением отделочно–упрочняющего метода обработки (ППД).

Выводы по разделу 1

1. Выполнен обзор эксплуатации гидравлических приводов в различных отраслях промышленности, в частности в горной промышленности.
2. Рассмотрены виды износа гидравлических цилиндров и их влияние на работу механизированных крепей.
3. Поставлена цель и разработаны задачи исследования.

2 ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ В ПРИВОДАХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

2.1 Особенности эксплуатации механизированных крепей в подземных горных выработках

Механизированная крепь взаимодействуя с труднообрушающимися кровлями выполняет следующие функции: управляет кровлей, активно поддерживает кровлю в рабочем состоянии и защищает призабойное пространство от обрушившихся пород. Также, конструкция механизированной крепи должна обеспечивать работу передвижку конвейера и поддерживать кровлю за комбайном с отставанием не более одного шага установки.

Также механизированные крепи осуществляют удержание почвы от сползания и удержание забоя от обрушения пород при выемке по восстанию и простиранию пласта.

По условию применения и взаимодействия с кровлей можно выделить основные нижеперечисленные параметры механизированных крепей [48, с. 268]:

- 1) Номинальная высота крепи в сдвинутом положении в миллиметрах (мм).
- 2) Начальный распор, создаваемый секцией крепи в килоньютонах (кН).
- 3) Соотношение рабочего сопротивления секции крепи на единицу площади поддерживаемой кровли в мегапаскалях (МПа).
- 4) Сопротивление крепи на 1 м посадочного ряда (кН/м) – отношение сопротивления последнего от забоя ряда стоек секции крепи или последних рядов стоек к расстоянию между осями соседних секций крепи.
- 5) Коэффициент затяжки кровли – отношение поверхности верхних перекрытий к площади кровли, поддерживаемой крепью выработки.
- 6) Давление на почву в мегапаскалях (Мпа) – отношение суммарной нагрузки, действующей на основание крепи, к площади контактной поверхности основания.
- 7) Гидравлическая раздвижность – это когда гидравлическая стойка механизированной крепи находится в раздвижном состоянии по соотношению к высоте крепи в сдвинутом положении.

Механизированные крепи по свойствам работы с боковыми породами забоя подразделяются на следующие виды (секции): оградительные, поддерживающие, поддерживающе–оградительные, оградительно–поддерживающие (рисунок 2.1). Тип механизированной крепи определяется позиционированием на горизонтальной плоскости, при этом проекции поддерживающих ($L_{\text{п}}$) и оградительных ($L_{\text{ог}}$) элементов крепи должны быть направлены по осевой линии секции на эту плоскость [48, с. 269].

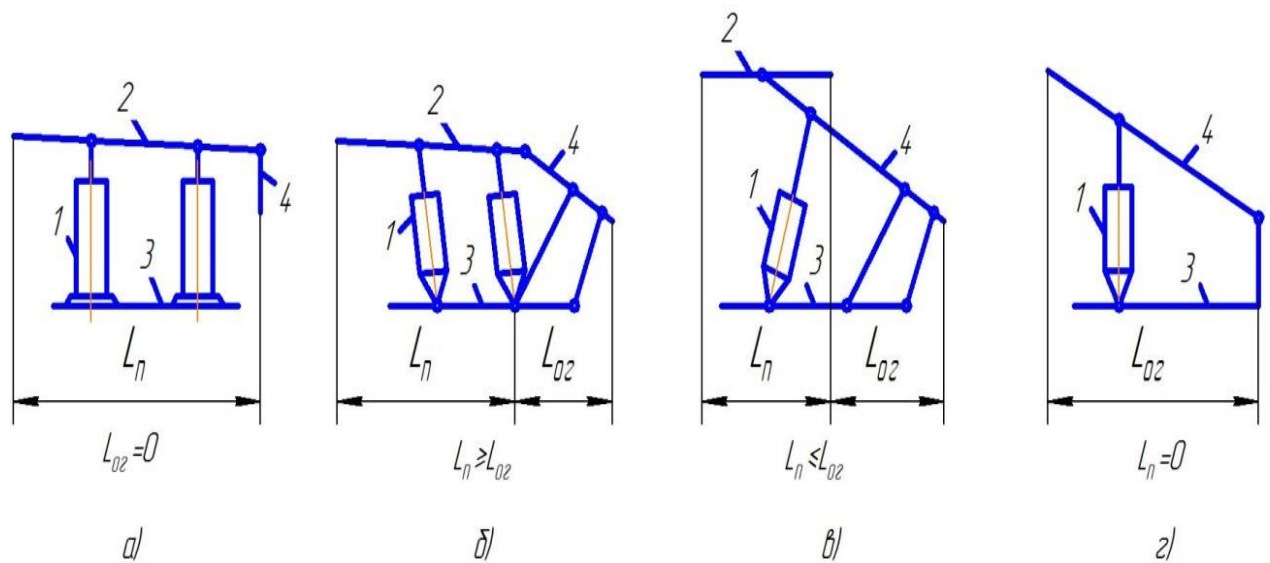


Рисунок 2.1 – Схемы секций механизированных крепей:
 а – поддерживающие; б – поддерживающе-оградительные; в – оградительно-поддерживающие; г – оградительные

По кинематическим связям между секциями крепи делятся на два вида: комплектные и агрегатные.

Комплектная крепь обеспечивает передвижение отдельными комплектами по длине лавы, при этом, не имея общей групповой связи, также комплектные крепи обладают хорошей маневренностью, что используется при сложной гипсометрии пласта.

Агрегатная крепь имеет общую групповую связь по длине лавы – базу, которая фиксирует параллельность секций и их расположения, при этом обеспечивает силовое и кинематическое взаимодействие секций с базой [48, с. 271].

Такие конструктивные элементы механизированных крепей как: основания, перекрытия, ограждения, стойка и домкраты воспринимают большие по абсолютным значениям и изменяющиеся во времени рабочего цикла нагрузки.

На рисунке 2.2 показаны некоторые конструктивные схемы перекрытий, оснований и ограждений секций крепи.

Перекрытия механизированных крепей – элемент секций крепи, опирающийся на гидравлические стойки и контактирующий с породами кровли.

Перекрытия, как правило, состоят из базовых (жестких) частей 1 (см. рисунок 2.2), опирающихся на стойки секций и воспринимающих основную часть давления кровли, передних консолей 2, расположенных в бесстоечном пространстве со стороны забоя и соединительных элементов (шарниров) 3. По числу базовых частей и способу их соединения перекрытия разделяются на

сплошные (схема а), одношарнирные (схема б) и с упругим элементом между жесткими базовыми частями (схема в) [48, с. 279].

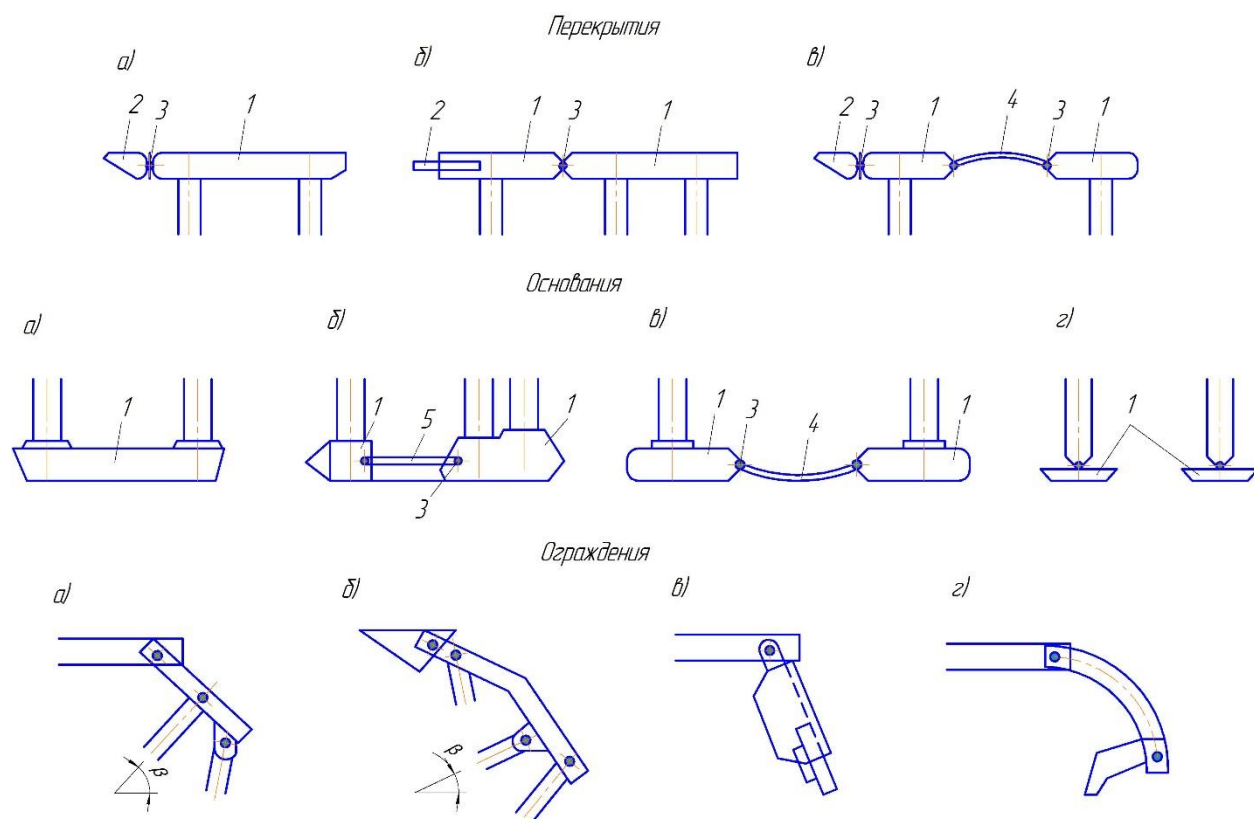


Рисунок 2.2 – Конструктивные схемы перекрытий, оснований и ограждений секций механизированных крепей:

1 – базовая часть; 2 – передняя консоль; 3 – шарнир; 4 – упругий элемент; 5 – тяга; 6 – траверса.

Основание секции – опорный элемент секции крепи, на который опираются гидравлические стойки. Основание контактирует с породами почвы.

На рисунке 2.2 показан ряд конструктивных схем оснований секций крепи: сплошное жесткое (схема а), жесткое сплошное (схема б), состоящее из двух частей, соединенных через шарниры тягами; с упругой частью (схема в); основание, выполненное в виде отдельных опор гидравлических стоек (схема г).

Ограждение – элемент секции крепи, шарнирно соединенный с перекрытием и защищающий рабочее пространство от обрушенных пород.

На рисунке 2.2 также приведены конструктивные варианты ограждений: прямолинейные жесткие (схема а), жесткие с ломаной осью (схема б), жесткие с выдвигающейся частью (схема в), жесткие, выполненные по дуге (схема г) [48, с. 280].

Гидравлические стойки (цилиндры) одни из наиболее ответственных элементов секции механизированной крепи. Гидравлические стойки по специфике конструкции можно отнести к раздвижным ступенчатым системам.

Основными функциями выполняемые гидравлическими стойками являются: создавать рабочее сопротивление опусканию пород кровли, поддерживать перекрытие крепи, осуществлять активный подпор при передвижке секции крепи. Количество гидравлических стоек в механизированных крепях может быть от одной до шести. В основном механизированные крепи выполняются двух- или четырехстоечными.

По способу раздвижности гидравлические стойки подразделяются на стойки: с одинарной гидравлической раздвижностью (рисунок 2.3, а); с гидровинтовой раздвижностью (рисунок 2.3, б); с гидравлической и дополнительной ступенчатой механической раздвижностью (рисунок 2.3, в); с двойной гидравлической раздвижностью (рисунок 2.3, г, д), которые имеют на днище 1 встроенный обратный клапан 2, который способствует постоянному сопротивлению. В первую очередь происходит выдвигание первой ступени, после исчерпание хода первой ступени начинается выдвигание второй ступени [48, с. 281].

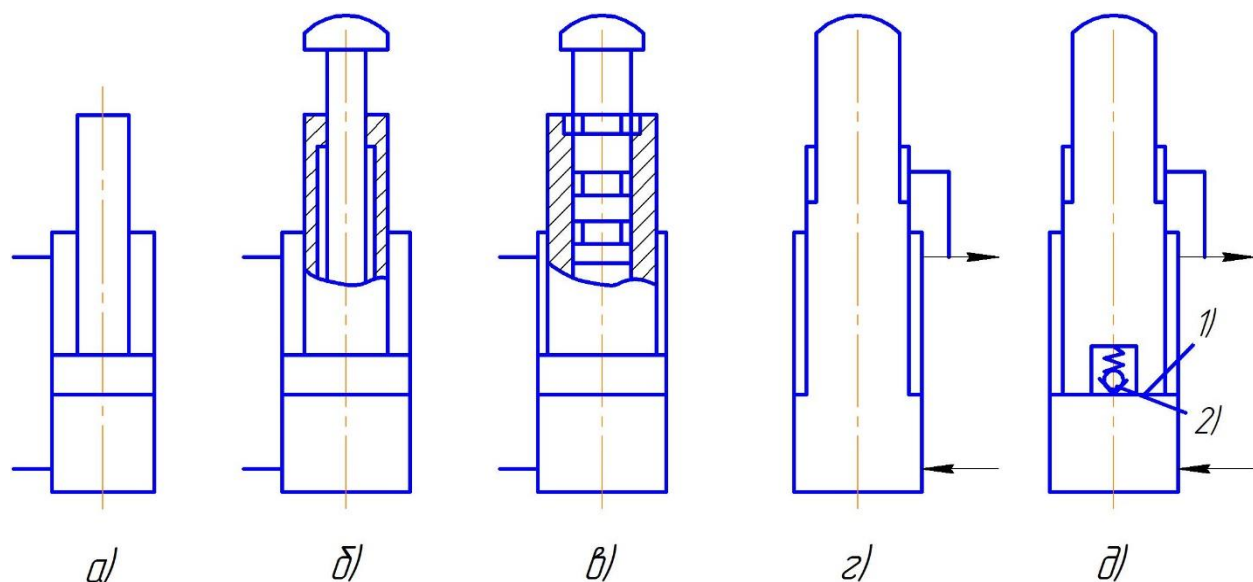


Рисунок 2.3 – Схемы устройства гидравлических стоек

Механизированные крепи с точки зрения их взаимодействия с боковыми породами должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать удовлетворительное состояние кровли в призабойном пространстве лавы;
- осуществлять умеренное опускание кровли, не приводящее к посадке крепи «нажестко» и оставляющего необходимый запас податливости крепи на ее разгрузку с учетом колебаний мощности пласта;
- обеспечивать умеренное вдавливание крепи в боковые породы, не приводящее к потере устойчивости секций, осложнениям при их передвижке, разрушениям пород на контактных поверхностях;
- обеспечивать необходимый отжим угля.

В процессе взаимодействия с боковыми породами, предотвращая их обрушение и уменьшая сближение, крепь выполняет работу (рисунок 2.4), величина которой характеризуется площадью графика $\Delta h = f(P)$, где Δh – перемещение поддерживающих и опорных элементов крепи на контактных поверхностях в цикле взаимодействия с боковыми породами; P – сопротивление секции крепи.

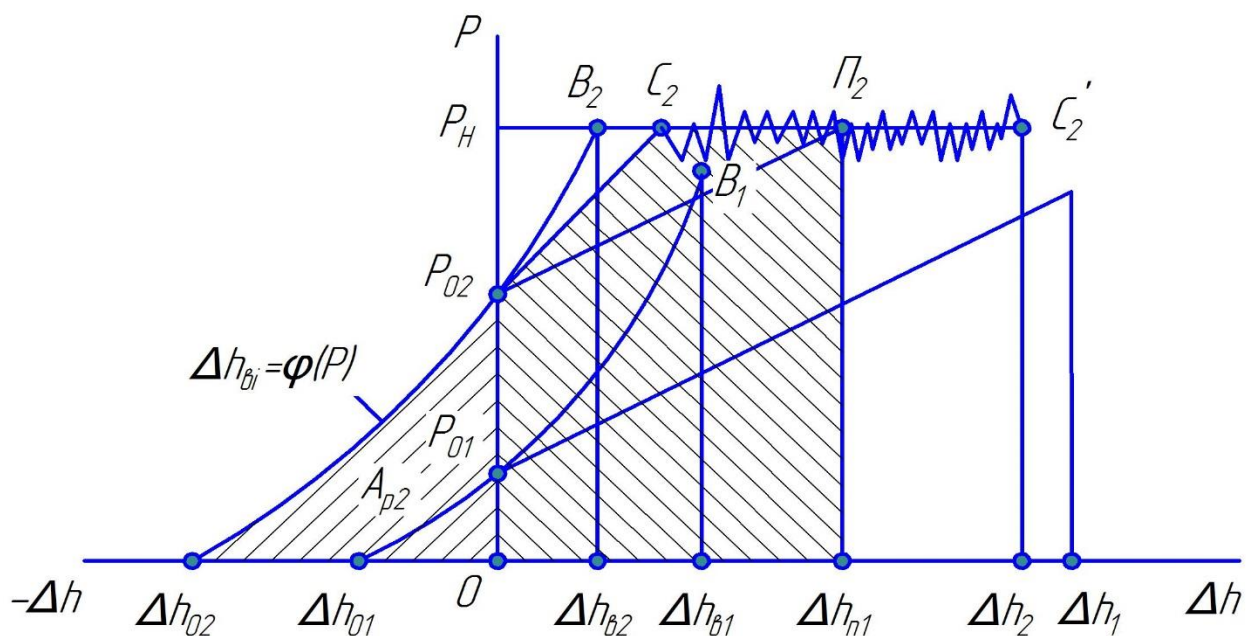


Рисунок 2.4 – График работы секции крепи при распоре и торможении кровли

На рисунке 2.4 приняты следующие обозначения: P_{01} и P_{02} – начальный распор, создаваемый секциями крепи; Δh_1 и Δh_2 – сближение боковых пород; $\Delta h_{В1}$ и $\Delta h_{В2}$ – внедрение секций на контактных поверхностях в боковые породы и обжатие пород после распора; $\Delta h_{П2}$ – средняя податливость гидравлических стоек крепи; Δh_{01} и Δh_{02} – внедрение секции на контактных поверхностях в породы и обжатие пород в период распора; $A_{Р2}$ – работа распора, совершаемая секцией в период распора; $A_{П2}$ – работа податливости, совершаемая секцией по торможению сближения боковых пород за счет гидравлической податливости стоек.

Из графиков видно, что величина работы $A_{Р2}$, совершаемой секцией в период распора, зависит от величины начального распора. Левая часть графиков характеризует активную работу крепи, тогда как правая их часть относится к ее пассивной работе, которую крепь совершает из-за сближения боковых пород.

Увеличение начального распора обеспечивает более эффективное обжатие боковых пород, что повышает устойчивость пород над поддерживаемой частью выработки и лучшее обрушение за поддерживаемым пространством.

Анализ графиков, показанных на рисунке 2.4 показывает, что при прочих равных условиях вид зависимости $\Delta h_{Вi} = \varphi(P)$ при распоре и после него

сохраняется. Поэтому при нагружении секции к концу цикла до одинаковых величин внедрение – обжатие в течение цикла будет тем больше, чем меньшей величины оно достигло при распоре.

Если распор задать примерно равным номинальному P_H , то все внедрение – обжатие произошло бы в распоре. В этом случае в течение цикла оно осуществлялось бы только за счет деформации ползучести и было бы сравнительно малым. Отсюда следует, что для использования основного преимущества механизированных гидравлических крепей, то есть возможности управления начальным распором, необходимо повысить начальный распор.

Крепи с большой передней консолью перекрытия имеют большой начальный распор на передних стойках. Из графика (рисунок 2.4) мы видим, что на участке $P_{02} - c_2$ за счет упругой деформации цилиндра гидравлической стойки, секция крепи оказывает сопротивление опусканию пород кровли.

Эффективность работы крепи в значительной степени определяется величиной ее сопротивления P_H .

Зависимость опускания кровли в лаве от сопротивления крепи имеет гиперболический характер (рисунок 2.5).

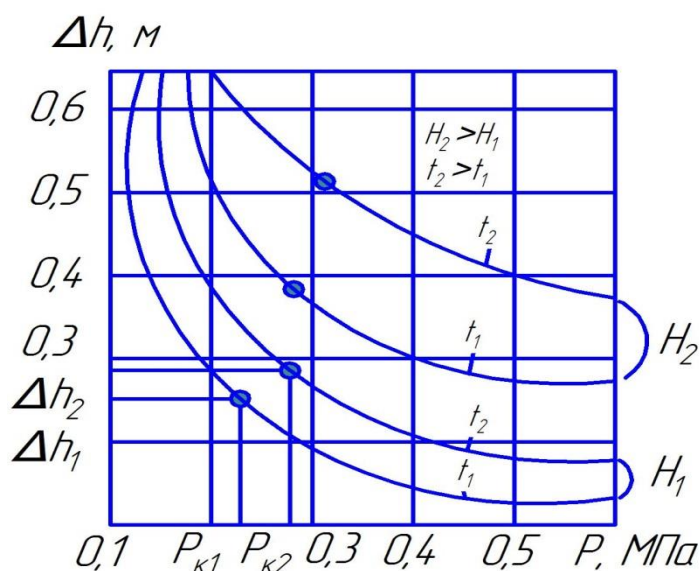


Рисунок 2.5 – Графики зависимости опускания кровли от сопротивления крепи

Из рисунка 2.5 видно, что опускание кровли возрастает с увеличением мощности пласта H и времени t нахождение крепи в призабойном пространстве лавы.

Снижение сопротивления крепи не приводит к существенному увеличению опускания кровли. Затем наступает такой момент, когда незначительное снижение сопротивления крепи приводит к значительному опусканию кровли. Этот момент может быть охарактеризован точкой максимальной кривизны гиперболы. Значение сопротивления крепи, соответствующий точке максимальной кривизны, называется критическим (на рисунке 2.5 точки $P_{к1}$, $P_{к2}$ и т.д.).

Верхний уровень сопротивления крепи может быть установлен по допустимым удельным давлениям на боковые породы, которые для пород почвы средней и выше средней крепости составляют 3,5 МПа. Для механизированных крепей с развитым основанием по этому показателю сопротивление может быть принято на уровне 1,0 – 1,2 МПа.

Из сказанного следует, что сопротивление крепи изменяется в широких пределах от 0,3 до 1,2 МПа. По мере роста его величины до определенного предела улучшается состояние кровли и уменьшается ее опускание, следовательно, улучшаются условия работы в лаве.

Максимальная обслуживаемая мощность пласта определяется максимальной конструктивной высотой крепи и минимальным опусканием кровли на уровне ее передней стойки (рисунок 2.6) [48, с. 277]:

$$H_{max} = H_{maxk} + \Delta h_{\Pi} \quad (2.1)$$

где H_{max} – максимальная мощность пласта, обслуживаемая крепью, м;
 Δh_{Π} – минимальное опускание кровли на уровне ее передней стойки, м.

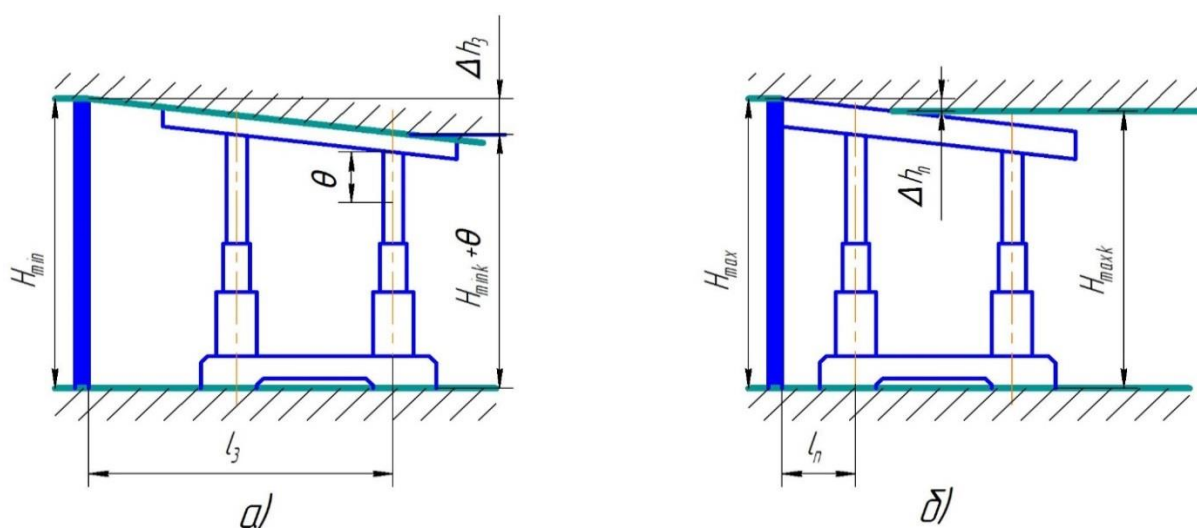


Рисунок 2.6 – Схема к определению обслуживаемой мощности пласта:
 а – положение секции после прохода комбайна;
 б – положение секции после передвижки

По всей длине лавы забойного пространства в механизированных крепях должен быть предусмотрен проход для людей, который должен соответствовать следующим параметрам: по высоте не менее 0,4–0,5 м. и по ширине не менее 0,7 м [49].

Конструкция механизированной крепи должна обеспечивать возможность работы в условиях эксплуатации, опасных по пыли и газу.

При разработке новых конструкций механизированных крепей особое внимание следует обращать на снижение их металлоемкости.

2.2 Расчет гидравлических цилиндров механизированных крепей

Основой расчета элементов секций механизированных крепей на прочность является знание характера взаимодействия перекрытий, оснований и ограждений с боковыми породами.

Общее взаимодействие вышеперечисленных элементов зависит от многообразия факторов, таких как: конструкции перекрытий; скорость подвигания забоя; устойчивость забоя; свойства вмещающих боковых пород; наличие подпора при перемещении крепи; условия эксплуатации механизированной крепи. В совокупности или каждый по отдельности, все эти факторы играют свою роль при выполнении расчета на прочность [50, с. 109; 51].

При эксплуатации механизированных крепей в забое, боковые породы контактируют с основанием и перекрытием крепи. Контакттировать они могут двумя вариантами: двухточечный и одноточечный. В обоих случаях в местах контакта сосредотачиваются силы. На рисунке 2.7 показаны схемы контактирования оснований и перекрытий с боковыми породами.

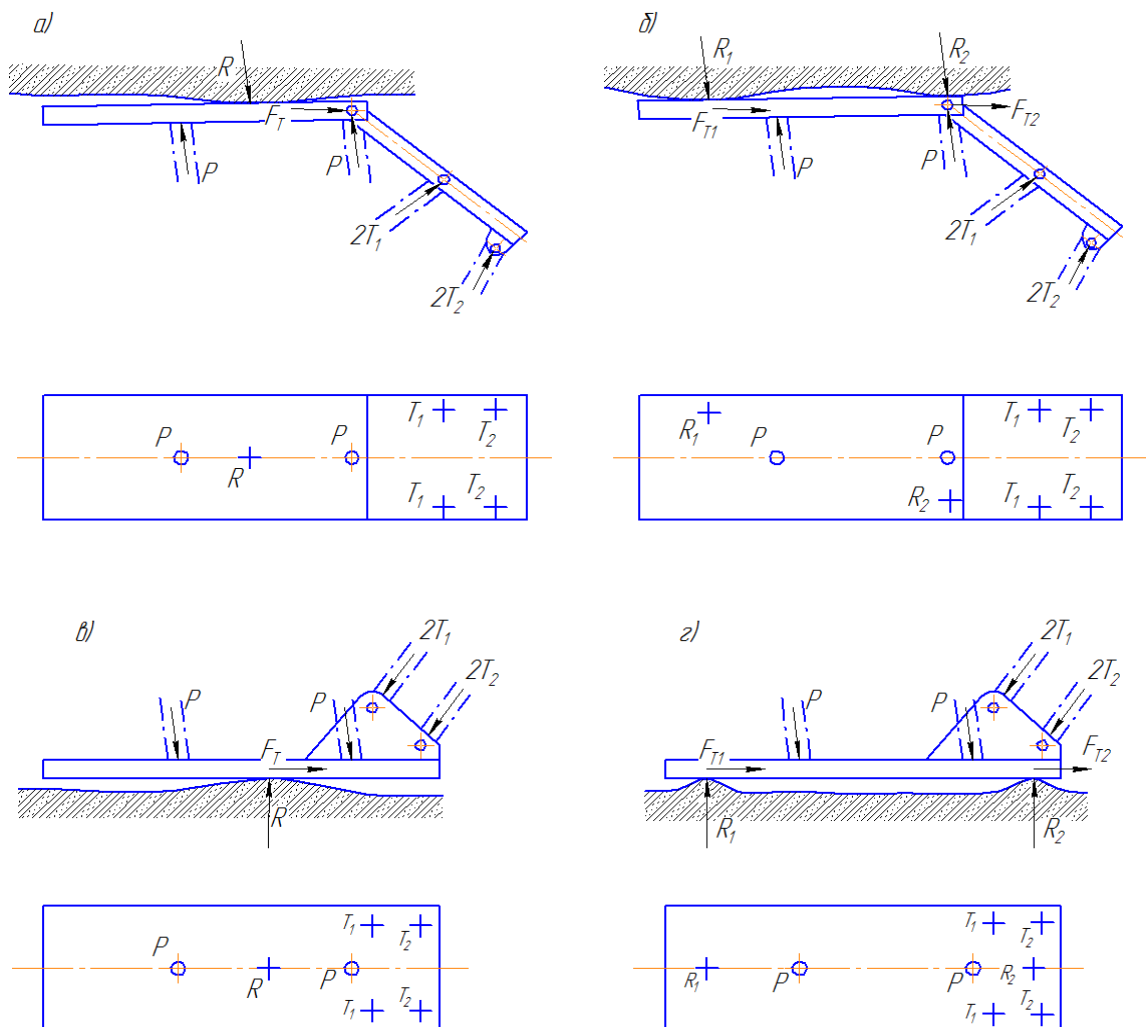


Рисунок 2.7 – Схемы взаимодействия с боковыми породами перекрытий (а, б) и оснований крепей поддерживающе-оградительного типа (в, г)

Расчет на прочность состоит в установлении результирующих напряжений и запасов прочности в указанных расчетных сечениях и сравнении запасов прочности с допустимыми.

Запас прочности для элементов, изготовленных из проката и для элементов, изготовленных из стального листа равен $n_d=1,1$, запас прочности для сварных швов равен $n_d=1,3$.

Расчетное сопротивление стоек крепей, предназначенных для эксплуатации в лавах с труднообрушающимися кровлями, принимается равным 1,25 номинального. Сила, действующая со стороны кровли на гибкие, шарнирные и выдвигные консоли, принимается равной их несущей способности.

Величины консоли R_i , действующих со стороны боковых пород, и силы в рычагах четырехзвенника, определяются из систем уравнений статического равновесия.

Силы трения, действующие на перекрытия или основания со стороны боковых пород при их смещении в точках контакта, будут [48, с. 308; 52]:

$$F_{Ti} = f_i R \quad (2.2)$$

где f_i – коэффициент трения породы по металлу. Принимается 0,15 для влажной и 0,4 для сухой породы; R – силы действующие со стороны боковых пород.

С точки зрения выполнения расчетов на прочность, гидравлические стойки имеют два или три участка, характеризующиеся наличием перекоса между ними за счет допусков на изготовление, износа и постоянством жесткости на большей части длины [50, с. 111; 53].

Гидравлические цилиндры в горных машинах, в том числе и в механизированных крепях, имеют три основных вида опирания их концов: с шарнирным опиранием обоих концов (рисунок 2.8 и рисунок 2.9); с шарнирным опиранием обоих концов и упругим восстановителем (амортизатором) втулочного типа (рисунок 2.10 и рисунок 2.11); с шарнирным опиранием обоих концов и упругим цилиндрическим восстановителем (амортизатором), сжимаемым по торцу (рисунок 2.12 и рисунок 2.13).

В общем получается шесть расчетных схем, которые представлены на рисунках 2.8–2.13.

На гидравлический цилиндр максимально действует сила P , она определяется давлением срабатывания предохранительного клапана.

На гидравлические стойки с амортизаторами действуют поперечные силы N и T , которые возникают в упругом восстановителе при передвижении секции крепи.

Расчет на прочность устанавливается определением результирующих напряжений и запасов прочности в принятых расчетных сечениях деталей гидравлического цилиндра [42, с. 199].

На внутренних (индекс «в») поверхностях стенок цилиндра и штока гидравлических стоек во время работы возникает результирующее напряжение $\sigma_{Э.в.}$, определяется по формуле [42, с. 200]:

$$\sigma_{Э.в.} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2]} \quad (2.3)$$

где σ_z , σ_t и σ_r – составляющие напряжения от внешних нагрузок и внутреннего давления рабочей жидкости.

На наружных (индекс «н») поверхностях цилиндров и штоков гидравлических стоек во время работы возникает результирующее напряжение $\sigma_{Э.н.}$ определяется со стороны сжатого слоя по формуле [126, 127]:

$$\sigma_{Э.н.} = \sqrt{\sigma_{ZH}^2 + \sigma_{ZH}\sigma_{tH} + \sigma_{tH}^2} \quad (2.4)$$

где σ_{ZH} и σ_{tH} – составляющие напряжения от внешних нагрузок и внутреннего давления.

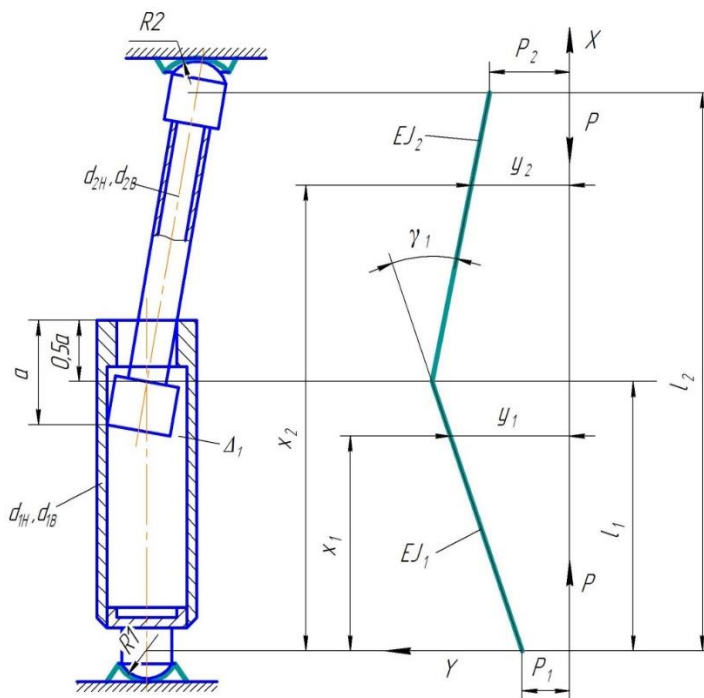


Рисунок 2.8 – Гидравлический цилиндр одинарной раздвижности с шарнирным опиранием концов
 R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

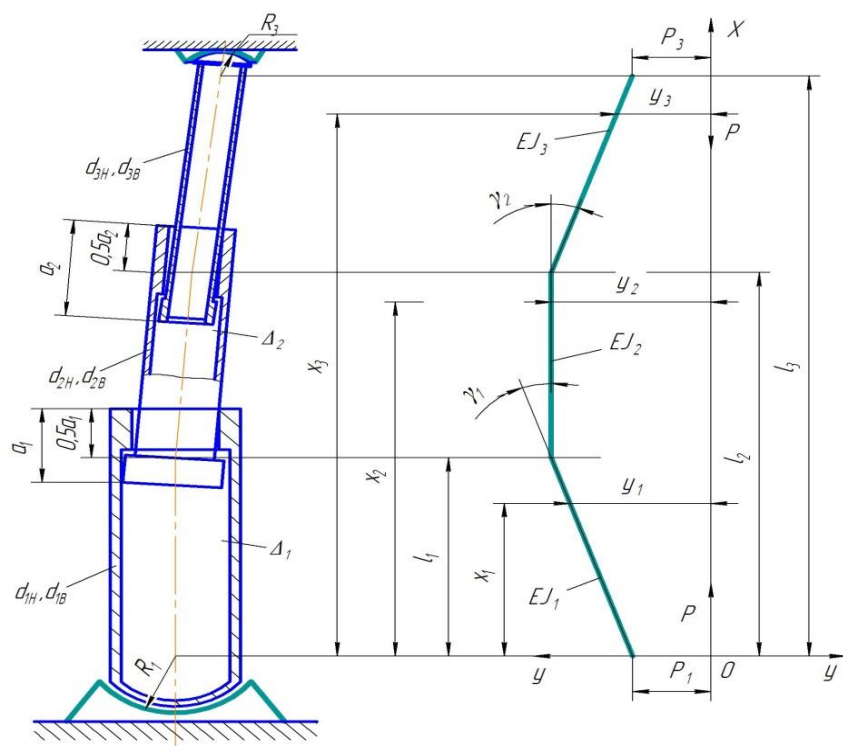


Рисунок 2.9 – Гидравлический цилиндр двойной раздвижности с шарнирным опиранием концов

R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

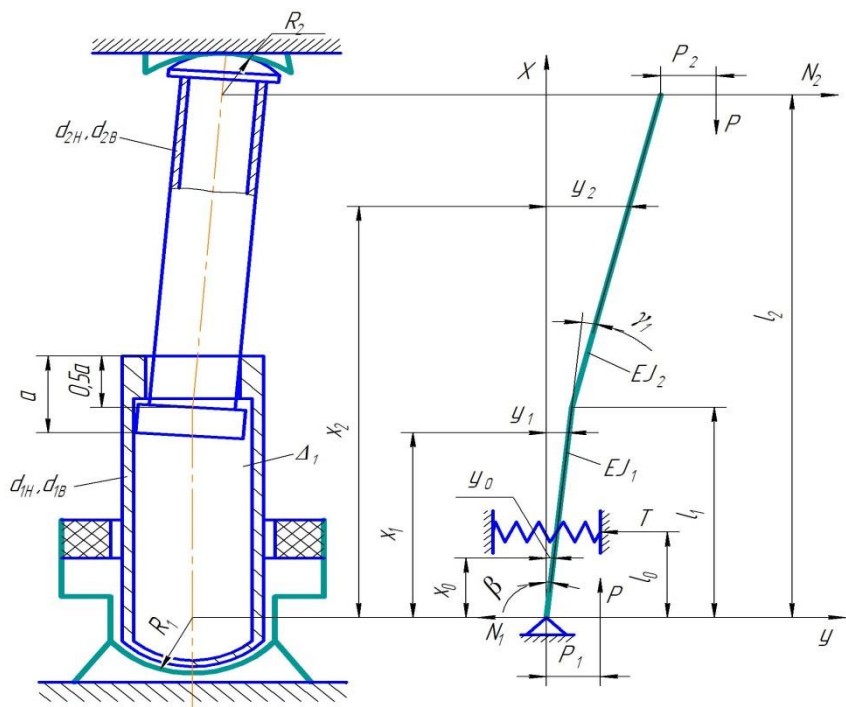


Рисунок 2.10 – Гидравлическая стойка одинарной раздвижности с шарнирным опиранием концов и упругим восстановителем втулочного типа

R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

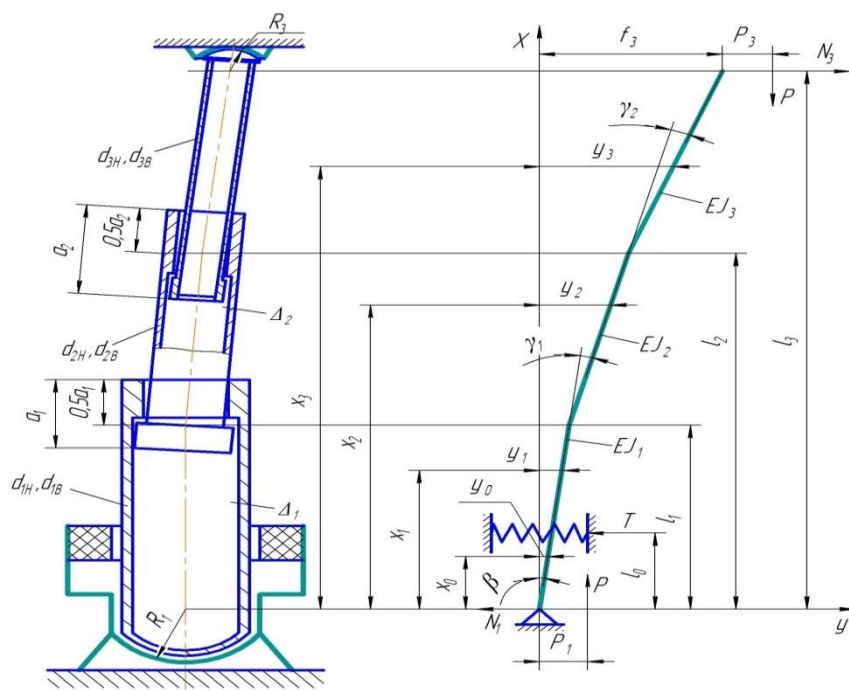


Рисунок 2.11 – Гидравлическая стойка двойной раздвижности с шарнирным опиранием концов и упругим восстановителем втулочного типа
 R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

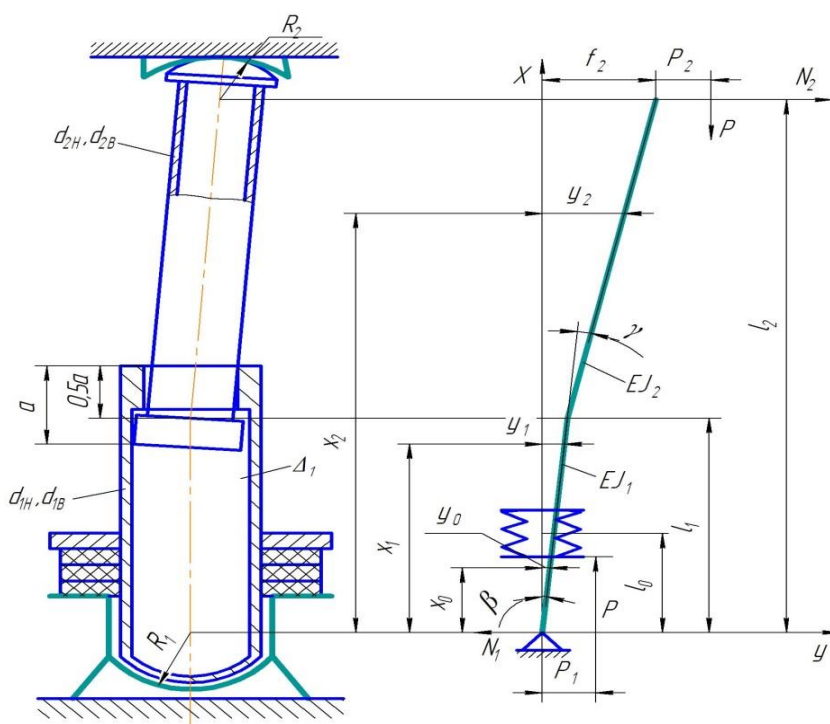


Рисунок 2.12 – Гидравлическая стойка одинарной раздвижности с шарнирным опиранием концов и цилиндрическим упругим восстановителем, сжимаемым по торцу
 R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

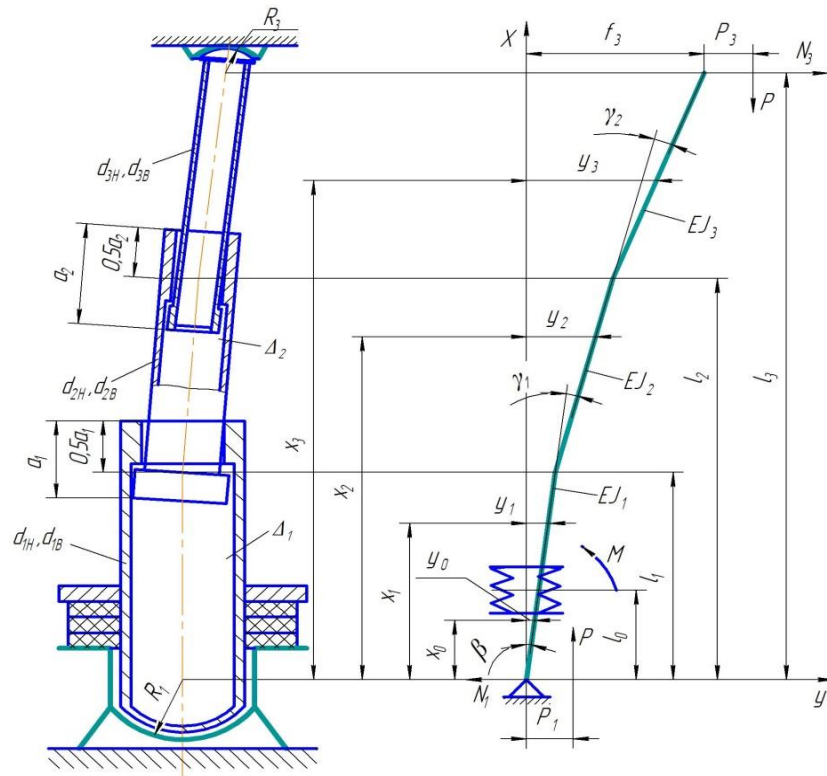


Рисунок 2.13 – Гидравлическая стойка двойной раздвижности с шарнирным опиранием обоих концов и цилиндрическим упругим восстановителем, сжимаемым по торцу

R_1 – радиус сферической опоры; P_1 – радиус трения;
 γ_1 – угол переноса между участками

Напряжения изгиба σ_{II} (кгс/см²) в расчетных сечениях стоек с наличием упругих восстановителей определяются по формуле [42, с. 202]:

$$\sigma_{II} = \sigma_z = \frac{P(f + \rho - y) + N(l - x)}{W} \quad (2.5)$$

где N – поперечная сила на шарнирном верхнем конце стойки;
 f – прогиб шарнирного конца стойки;
 ρ – радиус трения в шарнирной опоре;
 l – общая длина стойки;
 x – координата расчетного сечения.

Напряжения изгиба в расчетных сечениях стоек с шарнирным опиранием концов определяется по формуле [42, с. 202]:

$$\sigma_{II} = \sigma_z = \frac{Py}{W} \quad (2.6)$$

где P – продольная сжимающая сила;
 y – прогиб в расчетном сечении;

W – момент сопротивления расчетного сечения.

Нормальные напряжения в стенках цилиндра от внутреннего давления рабочей жидкости определяются по следующим формулам [42, с. 203]:
на внутренней поверхности стенок

$$\sigma_r = P \frac{d_H^2 + d_B^2}{d_H^2 - d_B^2} \quad (2.7)$$

на наружной поверхности стенок

$$\sigma_t = 2P \frac{d_B^2}{d_H^2 - d_B^2} \quad (2.8)$$

где P – давление рабочей жидкости, кгс/см²;

d_B и d_H – соответственно внутренний и наружный диаметр сечения, см.

Запас прочности по пределу текучести:

$$n = \frac{\sigma_T}{[\sigma]} \quad (2.9)$$

где σ_T – предел текучести материала;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение.

Расчет на прочность гидравлических стоек и домкратов заключается в определении результирующих напряжений и запасов прочности в принятых расчетных сечениях. Запасы прочности определяются как отношения результирующих напряжений в расчетных сечениях цилиндров и штоков к пределу текучести материала с учетом его термообработки [50, с. 112].

Вопросы конструирования и расчета гидроцилиндров рассматривали в своих работах такие ученые, как: Башта Т.М., Богданович Л.Б., Брон Л.С., Ермаков В.В., Зайченко И.З. и Хорин В.Н.

2.3 Требования к изготовлению гидравлических цилиндров в механизированных крепях

Технические требования (ГОСТ 16514–96) на изготовление изделия характеризуют основные параметры их качества, проверяемые при окончательном контроле или испытаниях. Поэтому важно правильно определить технические требования детали при их изготовлении.

Для определения соответствия, к гидравлическим цилиндрам механизированной крепи, предъявляется ряд технических требований:

1) гидравлический цилиндр должен соответствовать чертежам и техническим условиям;

- 2) гидравлический цилиндр должен обеспечивать цикл работы в соответствии с установленной для него схемой;
- 3) гидравлический цилиндр должен обеспечивать нормальную работу при наибольшем и наименьшем давлениях, указанных в технической характеристики;
- 4) перетекание масла из полости в полость через уплотнения не допускается;
- 5) величина утечки по зазорам поршневых колец должна соответствовать величине, указанной в технической характеристике;
- 6) гидравлический цилиндр должен обеспечивать плавный, без вибраций, ход штока на всей длине рабочего хода, заклинивание не допускается;
- 7) гидравлический цилиндр должен обеспечивать плавное торможение и разгон штока, согласно технической характеристике;
- 8) необработанные поверхности гидравлического цилиндра должны быть окрашены [39, с. 164];
- 9) герметичность стоек до давления, равного 1,25 номинальной настройки предохранительных клапанов;
- 10) отключение коммуникации секции крепи от магистрали для ремонта и замены ее сборочных единиц и деталей без остановки работы насосной станции;
- 11) насосная станция должна быть унифицирована для всех крепей;
- 12) рабочие трущиеся поверхности штоков гидравлических стоек должны иметь износостойкие антикоррозионные покрытие с толщиной не менее 48 мкм;
- 13) ресурс крепи до первого капитального ремонта не должен быть менее 20000 часов.

Соответствие гидравлического цилиндра пунктам 1 и 8 технических требований проверяется внешним осмотром (ГОСТ 18464–96); соответствие остальным пунктам – испытанием на стенде (рисунок 2.14).

Ниже представлена принципиальная схема испытательного стенда. Стенд состоит из бака 1, регулируемого насоса 2, предохранительного клапана 13, реверсивного золотника 3, мензурок 12, золотников замера утечек 11, манометров 4, испытуемого гидроцилиндра 5, регулируемых дросселей 6, подпиточного бака 7, нагрузочного гидроцилиндра 8, передвижных упоров 9, соединительной муфты 10 и термометра 14.

При приеме – сдаточных испытаниях следует определять давление холостого хода, прочность, наружную герметичность, внутренние утечки.

Прочность гидравлического цилиндра проверяется при давлении не менее 1,5 кратного от номинального с выдержкой не менее 30 секунд в двух крайних положениях поршня.

Наружную герметичность проверяют при давлении не менее 1,25 кратного от номинального и давление холостого хода после 3–50 ходов поршня.

Внутренние утечки проверяют при номинальном давлении через 30 секунд после остановки поршня в двух конечных и среднем положениях.

Пункт 3 технических требований проверяется движением штока на наименьшем давлении и наибольшем расходе, а также на наибольшем давлении, которое устанавливается при помощи нагрузочного гидроцилиндра.

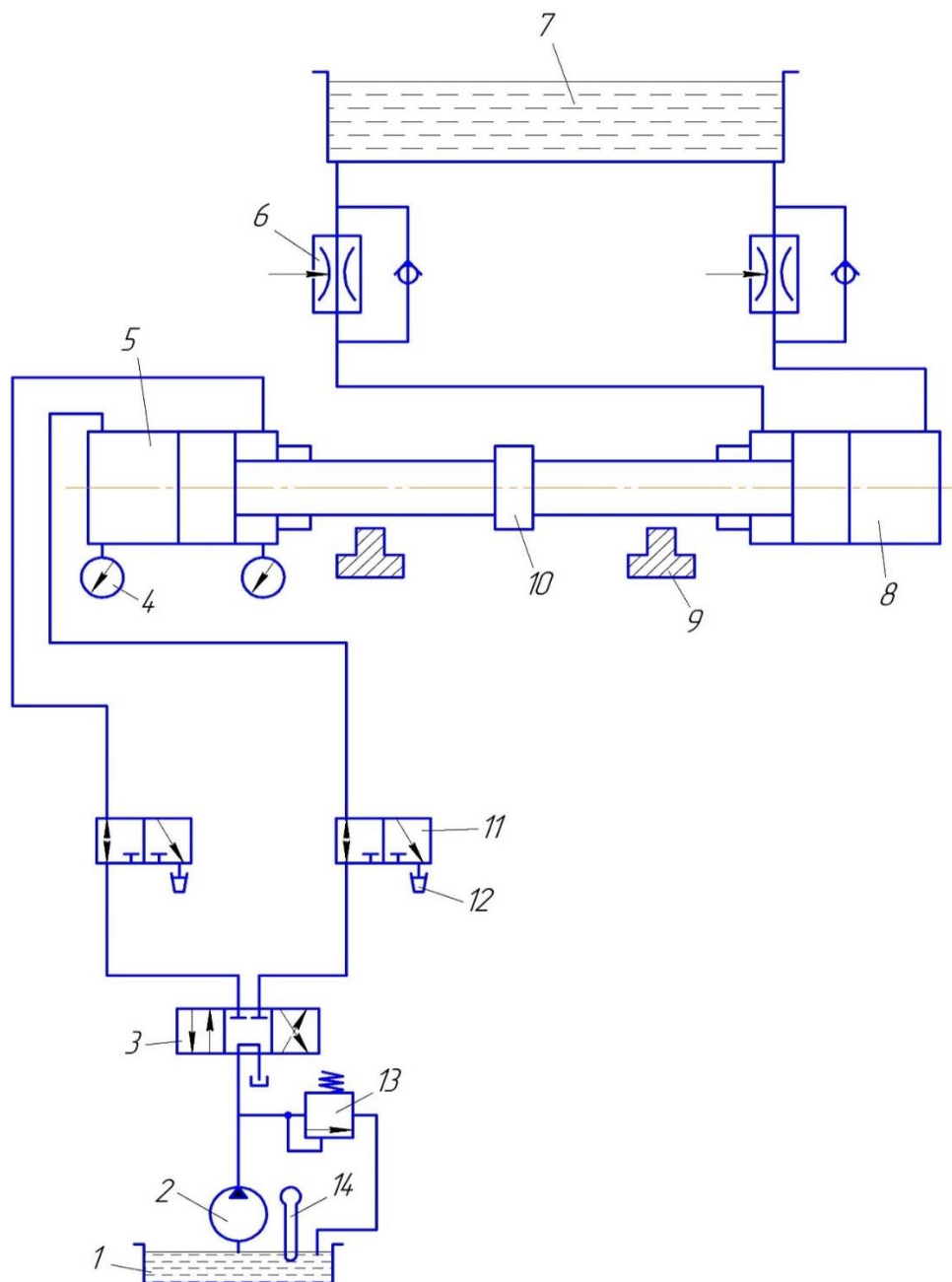


Рисунок 2.14 – Схема стенда для испытания гидроцилиндров

Пункты 4 и 5 технических требований проверяются в нескольких (обычно трех) положениях поршня. Выбираются два крайних положения и одно посередине. Температура масла должна быть $+50^{\circ}\text{C}$, утечки замеряются мензуркой.

Допустимые утечки рабочей жидкости по уплотнениям поршня при давлении 100 кгс/см^2 (10 МН/м^2) $\leq 1 \text{ см}^3/\text{ч}$; допустимые наружные утечки по уплотнению штока при давлении 100 кгс/см^2 (10 МН/м^2) $\leq 0,5 \text{ см}^3/\text{ч}$.

Пункт 6 технических требований проверяется перемещением штока из одного крайнего положения в другое при отсутствии противодействия в сливной полости. Равномерность движения определяется по карандашной записи на барабане.

В гидроцилиндры входят гильзы, штоки, поршни, крышки, штуцера и уплотнения. К каждой позиции входящей в состав гидроцилиндра, предъявляется ряд технических требований при изготовлении.

Гильзы гидроцилиндров в основном изготавливаются из стальных труб по ГОСТ 8732-78 и ГОСТ 8734-75.

В горнорудном машиностроении гильзы силовых гидроцилиндров в основном изготавливаются из углеродистых (сталь 35 и 45) и легированных (сталь 30 ХГСА). В специальных случаях гильзы изготавливаются из легированных сталей 40Х и 40ХН (ГОСТ 4543-71).

Применение стали 20 ограничено ее относительно низкими механическими свойствами. Для гильз, к которым привариваются головки, днища, штуцера, траверсы, следует применять сталь 35 с улучшением после предварительной механической обработки. Гильзы, не имеющие приваренных деталей, изготавливаются из стали 45 с улучшением. Для обеспечения высокой прочности и лучшей обрабатываемости гильзы следует подвергать термической обработке. Практикой установлено, что наиболее целесообразной термообработкой является улучшение до твердости HRC 40-45 единиц.

После механической обработки гильзы должны удовлетворять следующим техническим требованиям [39, с. 98]:

1) чистота внутренней поверхности гильзы выполняется не ниже Ra 0,8, конусность, овальность и бочкообразность допускается не более половины поля допуска посадки (ГОСТ 25346–89);

2) отклонение от прямолинейности оси гильзы допускается не более 0,03 мм на длине 500 мм;

3) у гильз гидроцилиндров с торцовым креплением головок биение торцов допускается не более 0,05 мм;

4) биение поверхностей центрирования крышек относительно внутренней поверхности гильзы допускается не более половины поля допуска на диаметр центрирующей поверхности;

5) допускаемое биение среднего диаметра резьбы относительно поверхности центрирования головки должно быть не более половины поля допуска на диаметр центрирующей поверхности;

б) у гильз, к которым приварены задние головки с проушинами, а также траверсы или цапфы, допускается:

– смещение оси отверстия под палец в задней проушине относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,03 мм;

- неперпендикулярность оси отверстия относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,01 мм на длине 100 мм;
- отклонение от соосности поверхности цапфы относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,1 мм;
- неперпендикулярность оси цапфы относительно внутреннего диаметра не более 0,1 мм на длине 100 мм.

Чистота обработки внутренней поверхности гильзы для цилиндров, поршни которых уплотняются резиновыми кольцами, Ra 0,8. Практически такая чистота достигается применением роликовой раскатки.

В случае приварки к гильзе задней головки раскатывание производится до сварки, причем технология сварки должна исключать возможность поводки гильзы, для чего рекомендуется отнести сварной шов не менее чем на 20 мм от рабочей поверхности гильзы.

Штоки могут быть сплошные и полые. Сплошные штоки изготавливаются из углеродистых сталей 35 и 45, а также из хромистой стали марки 40Х. Полые штоки изготавливаются из труб по ГОСТ 8734–75 и ГОСТ 8732–78. Материал труб – сталь 35.

После механической обработки штоки должны удовлетворять следующим техническим требованиям [39, с. 99]:

- 1) чистота поверхности штока выполняется не ниже Ra 0,8, конусность и овальность допускаются в пределах поля допуска посадок;
- 2) непрямолинейность оси штока допускается не более 0,03 мм на длине 500 мм;
- 3) биение рабочей поверхности штока относительно поверхности шейки, на которую насаживается поршень, допускается не более 0,01 мм;
- 4) неперпендикулярность торца, на который опирается поршень, к поверхности посадочной шейки допускается не более 0,01 мм на длине 100 мм [54];

Поршень изготавливается из антифрикционного чугуна, серого чугуна, а также из стали с покрытиями бронзой, латунью, капроном.

После механической обработки поршень должен удовлетворять следующим техническим требованиям [39, с. 100]:

- 1) чистота рабочей поверхности поршня должна соответствовать Ra 0,4 или Ra 0,8;
- 2) биение рабочей поверхности поршня относительно посадочного отверстия и оси поршня не более 0,03 мм;
- 3) биение торцов поршня при проверке на оправке в центрах не более 0,03 мм;
- 4) овальность рабочей поверхности не более 0,03 мм.

Готовые уплотнения должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

- 1) прочность связи между отдельными слоями ткани уплотнения должна быть не менее 1 кгс/см² по ширине образца;

2) рабочая поверхность манжет должна быть гладкой, без складок, заусенцев, трещин, пузырей;

3) на нерабочих поверхностях манжет допускаются углубления и возвышения не более 0,5 мм по высоте; следы недопрессовки площадью не более 0,25 см²; незначительные следы от обрезки выпрессовок в пределах установленных допусков на размеры;

4) разностенность манжет должна быть в пределах допускаемых отклонений по толщине.

Гидроцилиндры должны храниться в помещении при температуре от 0 до +30°С и относительной влажности воздуха не выше 70%.

После года хранения гидроцилиндра должна быть проверена годность резиновых уплотнений внутри гидроцилиндра. После двух лет хранения уплотнения и резиновый грязесъемник должны быть заменены новыми.

Перед установкой на машину гидроцилиндр должен быть осмотрен по внешнему виду и испытан на стенде [39, с. 101-102].

2.4 Работа гидравлических цилиндров в приводах механизированных крепей.

Гидравлические цилиндры широко получили применение в таких областях горного машиностроения как: механизированные крепи; гидравлические забойны; гидропередвижки; забойные конвейера; натяжные устройства; передвижные секции.

Гидравлические стойки в шахтных механизированных крепях являются своего рода гидравлическими цилиндрами специального назначения. Гидравлические стойки поддерживают перекрытие механизированной крепи, на которую в свою очередь действует давление породами кровли. Гидравлическая стойка является опорным элементом перекрытия, которая создает сопротивление опусканию и обрушению кровли.

Эксплуатация стоек производится в сложных горно-геологических условиях:

- стесненность и высокая запыленность рабочего пространства;
- воздействие химически-активных сред;
- сопротивление значительным внешним нагрузкам, имеющим циклический характер.

В результате в элементах конструкций стоек возникает значительные напряжения и деформации рабочих поверхностей, влияющие на их работоспособность и ресурс.

В настоящее время в горном машиностроении широкое распространение получили двухстоечные и четырехстоечные секции механизированных крепей.

На рисунке 2.15 приведена гидравлическая схема секции крепи типа МК КС–23/36. Эта схема предусматривает возможность передвижки секции с активным подпором кровли [55]. Рукоятка золотника управления гидравлическим домкратом 3 устанавливается в положение 1, золотника управления 4 гидравлической стойкой – в положение III. Затем открывается

отсекатель 5. Рабочая жидкость одновременно поступает в штоковую полость гидравлического цилиндра 1, под торец пилотного клапана 2 в блоке активного подпора 9, а также в штоковую полость гидравлической стойки 6 и под торец плунжера обратного разгрузочного клапана 7.

Под действием давления рабочей жидкости клапан 2 закрывается, а клапан 7 открывается. Поршневая полость гидравлической стойки через подпорный клапан 10 соединяется со сливной магистралью, а через дроссель 8 – с напорной, что обеспечивает разгрузку стойки до давления подпора до 40 МПа, и начинается движение секции. При сокращении расстояния между кровлей и почвой рабочая жидкость вытесняется через клапан 10 на слив. В случае увеличения этого расстояния дроссель 8 обеспечивает подпитку стойки – происходит раздвижка секции до ее контакта с кровлей.

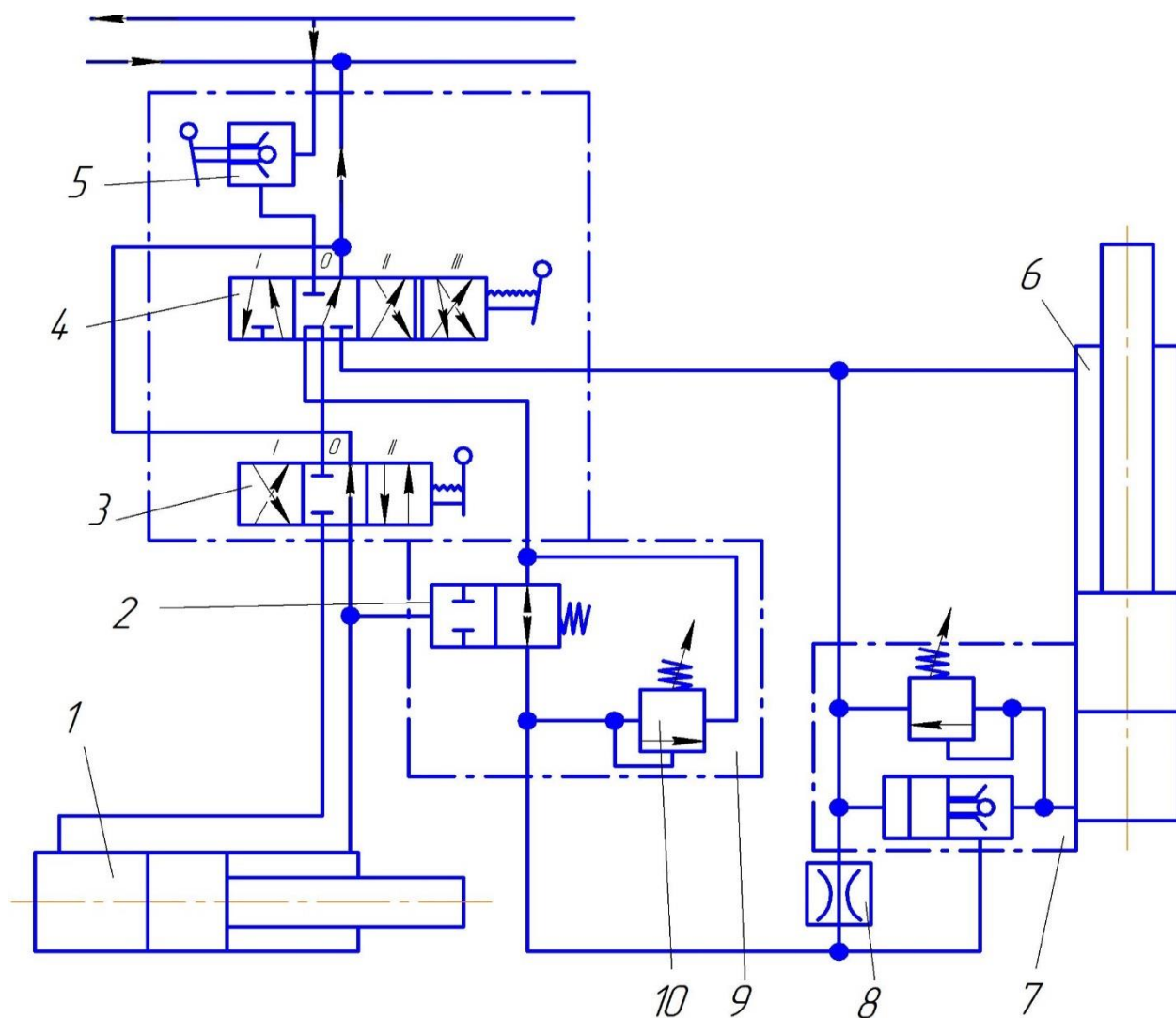


Рисунок 2.15 – Гидравлическая схема секции крепи типа МК КС–23/36

Гидравлический привод механизированной крепи включает в себя: насосную станцию; гидроцилиндры (гидравлические стойки, гидравлические

домкраты); управляющую, предохранительную и контрольную аппаратуру; гидрокоммуникации.

Управление механизированными крепями производится гидравлическими распределителями с ручным приводом с соседней секции или с пульта управления.

На рисунках 2.16 и 2.17 показаны типовая схема подключения гидравлической стойки к системе гидравлического привода механизированной крепи и рабочая характеристика гидравлической стойки.

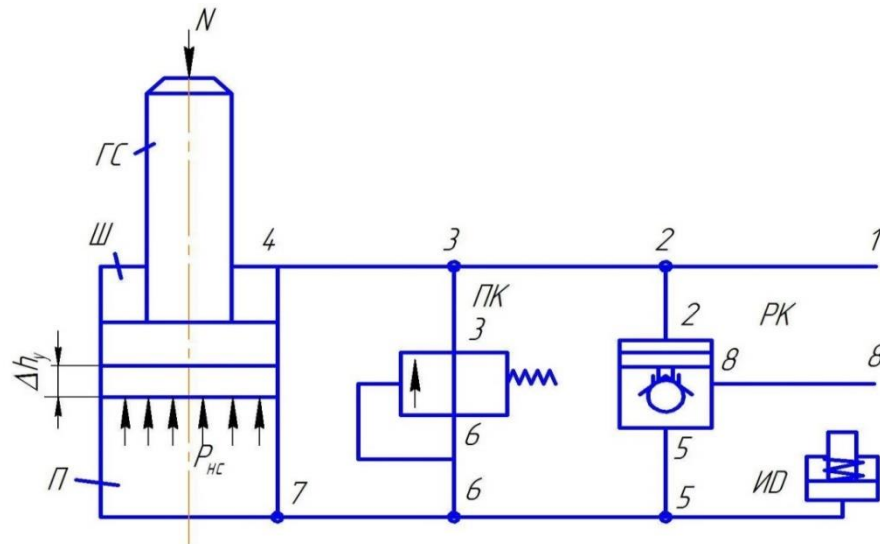


Рисунок 2.16 – Типовая схема подключения гидравлической стойки к системе гидравлического привода механизированной крепи

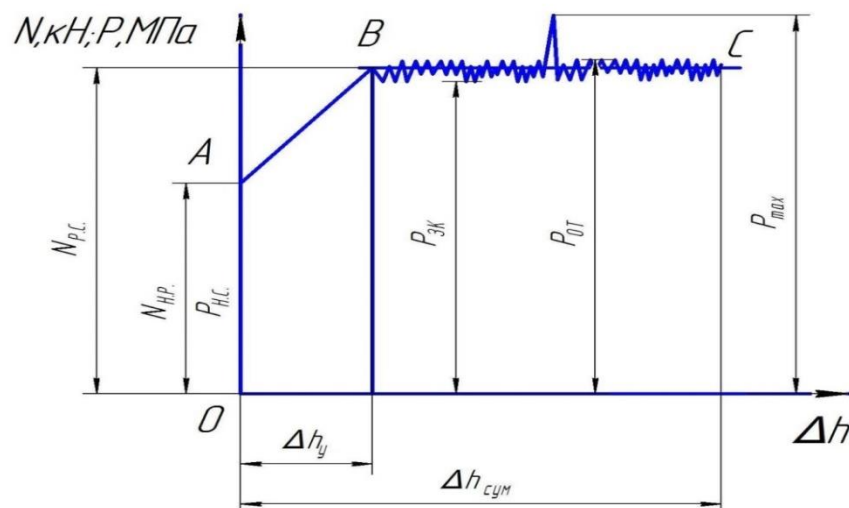


Рисунок 2.17 – Рабочая характеристика гидравлической стойки

Принцип работы и схема подключения гидравлических стоек механизированных крепей: в поршневую полость П гидравлической стойки по магистрали 8-5-6-7 подается рабочая жидкость под давлением $P_{НС}$,

определяемым давлением, которое развивает насосная станция крепи. Гидравлическая стойка ГС начинает воздействовать на боковые породы с усилием $N_{н.р.}$, которое называется усилием начального распора. Разгрузочный клапан РК отсекает поршневую полость гидравлической стойки от напорной магистрали 8. По мере увеличения горного давления породы кровли оседают, опускаясь со средней скоростью 3–5 мм/ч. Опусканию кровли гидравлическая стойка оказывает сопротивление, при этом увеличивается давление рабочей жидкости в поршневой полости П гидравлической стойки (линия АВ), происходят упругие сжатия рабочей жидкости и деформация цилиндра стойки. В этот период выдвижные части гидравлической стойки опускаются на величину Δh_v с одновременным увеличением усилия сопротивления опусканию пород кровли. На этом участке (линия АВ) гидравлическая стойка работает в режиме нарастающего сопротивления. Предохранительный ПК и разгрузочный РК клапаны закрыты. При дальнейшем опускании кровли давление в поршневой полости П гидравлической стойки повышается до настроечного давления срабатывания предохранительного клапана ПК – происходит его срабатывание. Гидравлическая стойка начинает работать в режиме постоянного сопротивления $N_{р.с.}$ (линия ВС) [42, с. 173].

Гидравлический привод механизированной крепи используя систему гидравлического привода типа насос постоянной производительности – система гидроцилиндров отличается следующими специфическими особенностями [56, 57]:

1. Большим числом гидравлических стоек, предохранительных и распределительных клапанов, распределителей, протяженностью гидравлической коммуникаций.
2. Рабочая жидкость поступает от насосной станции, которая обычно управляется дистанционно.
3. Наличием в механизированной крепи секционной конструкции, в которой элементы гидравлического привода повторяются.
4. Рабочая жидкость циркулирует в достаточно больших объемах (до 800 л).
5. Гидравлические стойки работают в режиме нарастающего сопротивления, в зависимости от изменения давления рабочей жидкости от 25 до 40 МПа, определяемым давлением срабатывания предохранительного клапана.
6. Система гидравлического привода работает в условиях шахтной метано–воздушной атмосферы с большой влажностью и запыленностью воздуха, недостаточной освещенностью, в стесненном рабочем пространстве, затрудняющем доступ к гидроагрегатам.
7. В системах гидравлического привода механизированных крепей применяются поршневые насосы постоянной подачи, которые снабжены регуляторами подачи. Требуемая подача насосной станции находится в пределах 35–120 л/мин.

В настоящее время известен целый ряд технических решений, обеспечивающих различные варианты как ручного, так и автоматизированного управления гидросистемами крепи для различных условий эксплуатации.

Совершенствование конструкции гидравлических цилиндров проводится с целью повышения качества опорных элементов и обеспечения длительного сопротивления во всем диапазоне подвижности.

Выводы по разделу 2

1. Выполнен обзор эксплуатации механизированных крепей в подземных горных выработках;

2. Установлены аналитические зависимости для расчета гидравлических цилиндров:

– напряжения на внутренней поверхности стенок цилиндра от внутреннего давления рабочей жидкости: $\sigma_r = P \frac{d_H^2 + d_B^2}{d_H^2 - d_B^2}$;

– напряжения на наружной поверхности стенок цилиндра от внутреннего давления рабочей жидкости: $\sigma_t = 2P \frac{d_B^2}{d_H^2 - d_B^2}$;

– напряжения изгиба σ_{II} в расчетных сечениях стоек с наличием обсадных колец:

$$\sigma_{II} = \sigma_z = \frac{P(f + \rho - y) + N(l - x)}{W}$$

3. Установлены технологические требования к изготовлению гидравлических цилиндров механизированных крепей, включающих: чистоту внутренней поверхности не ниже Ra 0,2, отклонение от прямолинейности оси гильз 0,03 мм на длине 500 мм, биение торцов не более 0,05 мм;

4. Рассмотрена работа гидравлических цилиндров в приводах механизированных крепей, обеспечивающая работу в режиме нарастающего сопротивления, в зависимости от изменения давления рабочей жидкости от 25 до 40 МПа, определяемым давлением срабатывания предохранительного клапана.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТОЕК НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРОВ

3.1 Теоретическое обоснование конструктивных параметров цилиндра гидравлических стоек

При выполнении различных функций в процессе работы механизированной крепи секции воспринимают различное пространственное нагружение. Основными составляющими этого нагружения являются нагрузки, действующие на перекрытие и ограждение секции, развиваемые домкратами передвижками, усилия сопротивлений, проявляющиеся в различных сочленениях между секциями при их перемещении.

Подобные виды нагружения могут являться причиной потери секциями крепи заданной пространственной ориентации, но, конечно, при этом необходимо учитывать горнотехнические условия эксплуатации механизированной крепи, а также угол падения пласта, характеристики пород кровли и почвы, схемы работы комплекса (по падению, восстанию, простиранию). Это может в свою очередь проявиться при погружении основания секций в почву, когда вертикальная равнодействующая сила на секцию, отнесенная к площади основания, создает давление, превышающее допустимое для данных условий. При смещении равнодействующих сил относительно центра опорной поверхности, которые передаются на основание и ограждение, распределение давления на площадь основания становится неравномерным и приводит к тому, что в пространстве относительно плоскости пласта происходит перекосяк секции механизированной крепи.

Нарушение пространственного положения секций может проявиться в их сползании по падению пласта, развороте и проскальзывании их относительно почвы и кровли в процессе работы домкратов передвижки. Кроме того, секция может опрокинуться в процессе ее разгрузки.

Все это накладывает определенные требования на конструкцию секций и связи между ними, а также на область их применения.

При определении равнодействующих сил, действующих на перекрытие и ограждение, расчетные сопротивления стоек принимаются равными номинальным.

Нагрузка на оградительные элементы задается в виде нормально распределенных вертикальных и горизонтальных составляющих или в виде вертикальной составляющей, распределенной по трапецеидальному закону (рисунок 3.1). Схема нагружения оградительной части может корректироваться для конкретных горно-геологических условий.

Для крепей поддерживающего типа нормальная равнодействующая сила, действующая на перекрытие [48, с. 300]:

$$R_n = \sum_{i=1}^m P_i \quad (3.1)$$

где R_n – нормальная равнодействующая сила на перекрытие, кН;
 P_i – расчетное сопротивление стойки, кН;
 m – число стоек, на которое опирается базовая часть перекрытия.

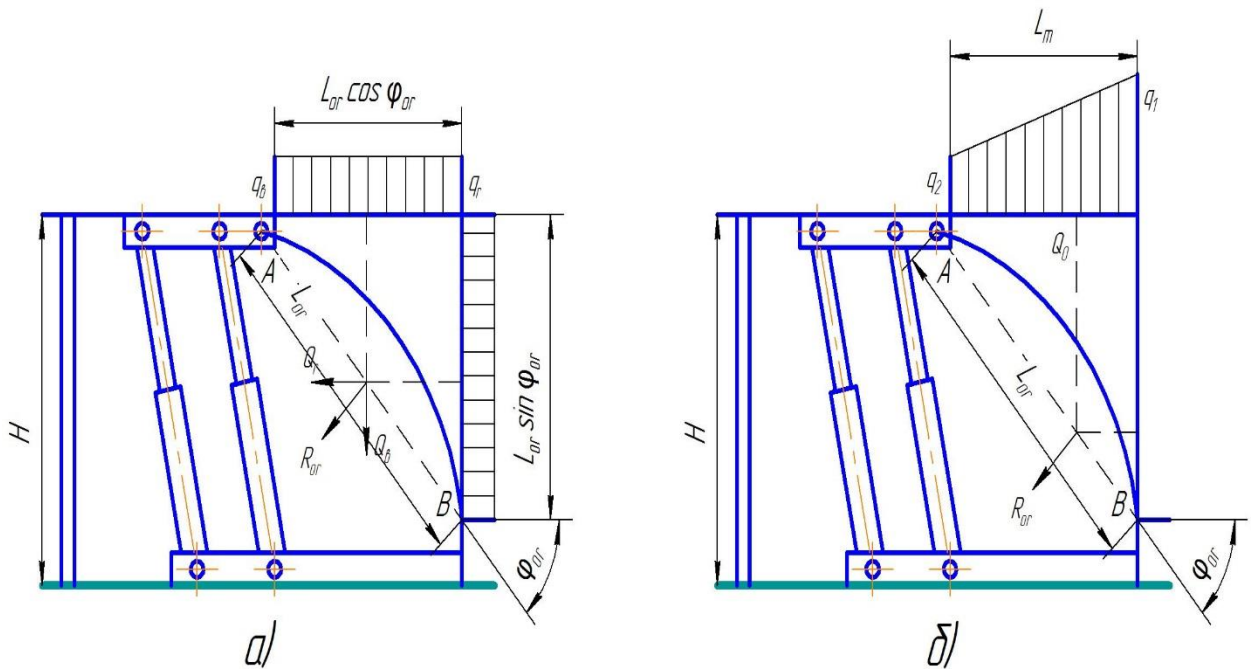


Рисунок 3.1. – Схемы нагружения оградительных элементов секций крепи

Усилие, необходимое для передвижки секции крепи (усилие гидравлических домкратов передвижки – рисунок 3.2) [48, с. 303]:

$$F_{\text{дв}} = R_{\text{нх}} + F_1 + F_2 + 2F_3 \quad (3.2)$$

где, $F_{\text{дв}}$ – усилие, необходимое для передвижки секции, кН;

$R_{\text{нх}}$ – горизонтальная составляющая усилия на конце забойной части перекрытия, кН;

F_1 – сила трения секции о почву, кН;

F_2 – сила трения крепи о кровлю, кН;

F_3 – сила трения перекрытия (основания) секции о перекрытие соседней секции, кН;

$$F_1 = (R_{\text{п}} + G \cos \alpha) f_1 \quad (3.3)$$

$$F_2 = f_n R_n \quad (3.4)$$

$$F_3 = f_2 G \frac{\sin \alpha}{2} \quad (3.5)$$

$$R_{\text{нх}} = R_{\text{нв}} \operatorname{tg} \beta \quad (3.6)$$

где R_{Π} – усилие подпора секции;
 G – вес секции;
 α – угол падения пласта, градус;
 f_1 – коэффициент трения основания о почву;
 f_2 – коэффициент трения металла по металлу;
 $R_{\text{нх}}, R_{\text{нy}}$ – горизонтальная и вертикальная составляющие силы;
 R_n – равнодействующей, нормальной к поверхности соприкасающегося с выступом кровли носка перекрытия.

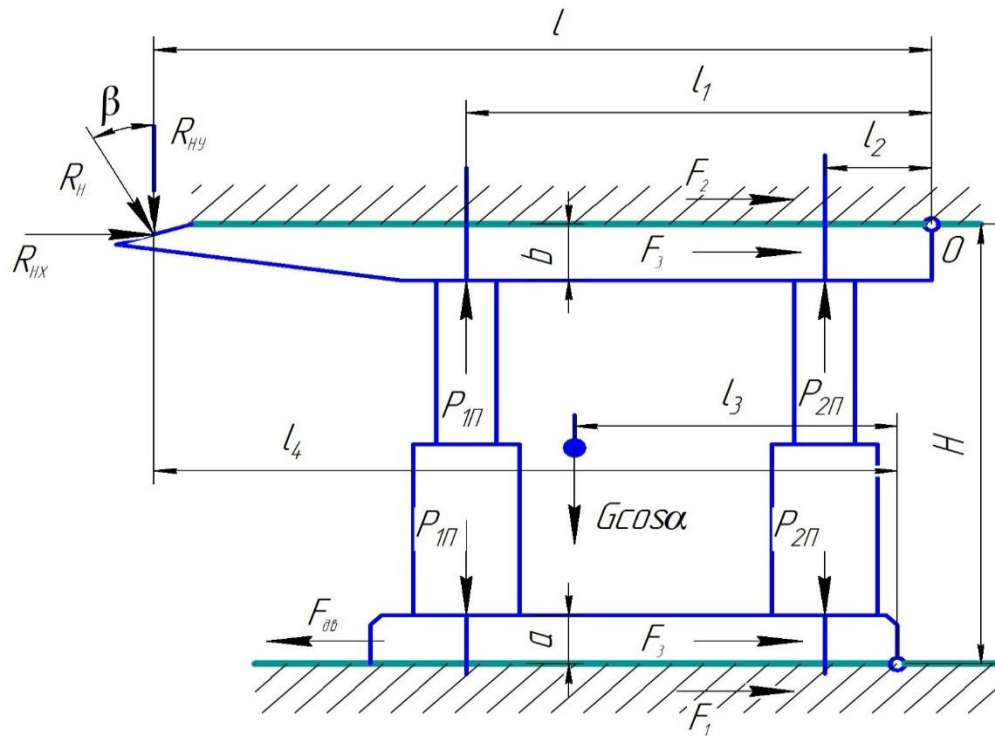


Рисунок 3.2 – Схема к определению устойчивости секции крепи к ее продольному опрокидыванию

Необходимая гидравлическая раздвижность гидравлической стойки определяется следующим путем (рисунок 3.3).

Допустим, гидравлическая стойка механизированной крепи предназначена для работы в очистных забоях пласта, мощность которой в интервале от H_1 до H_2 (где $H_2 > H_1$), и устанавливается на расстоянии L_1 от угольного пласта, а разгружается от горного давления на расстоянии L_2 от забоя, тогда необходимая величина гидравлической раздвижности гидравлической стойки [42, с. 176]:

$$l_p = H_2 + \Delta H_2 - \kappa L_1 - (H_1 - \kappa L_2 - \Delta H_1 - \Delta C) \quad (3.7)$$

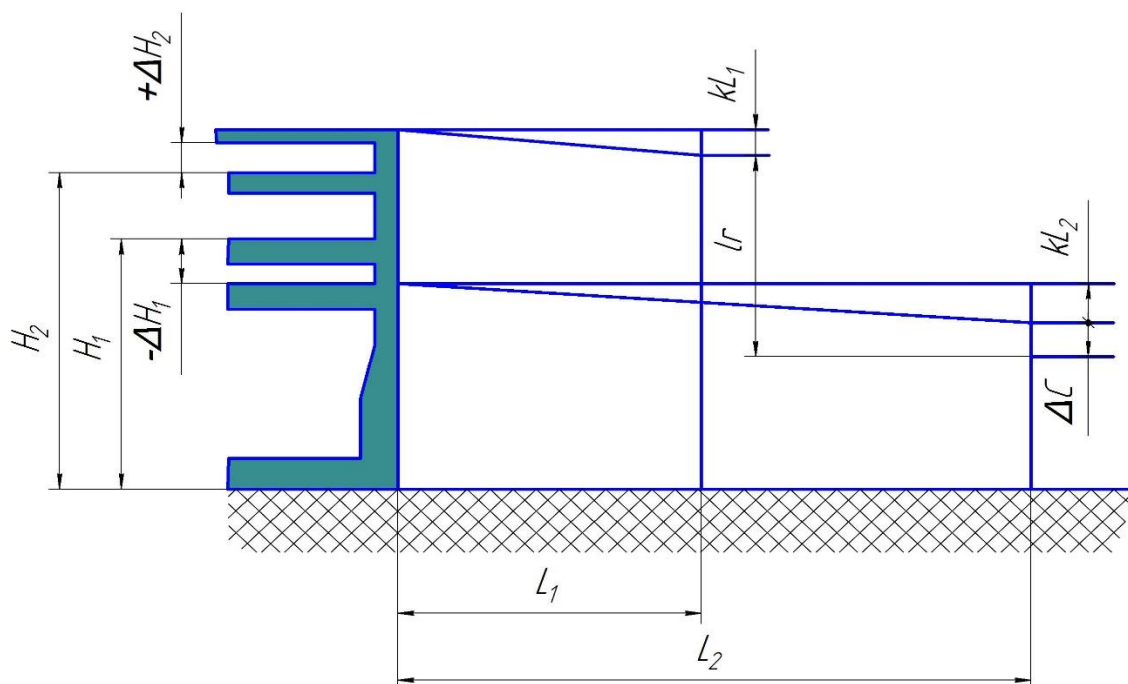


Рисунок 3.3 – Расчетная схема для определения необходимой гидравлической раздвижности гидравлической стойки

где ΔH_2 и ΔH_1 – предельные колебания мощности пластов H_2 и H_1 в пределах выемочного поля;

k – коэффициент опускания кровли на 1 м расстояния от забоя;

ΔC – необходимый зазор для вывода гидравлической стойки из-под горного давления, обычно $\Delta C=30\div 40$ мм [58].

3.2 Исследование обработки цилиндрических деталей гидравлических стоек поверхностно-пластическим деформированием

Износостойкость, герметичность, прочность все эти параметры эксплуатационных характеристик задаются при механической обработке поверхностного слоя деталей при изготовлении. Можно сказать, что все перечисленные выше параметры определяются качеством поверхностного слоя деталей. От выбора метода финишной операции технологического процесса и будет определена дальнейшая оценка эксплуатационных свойств деталей машин [59].

Для обеспечения износостойкости и герметичности цилиндрических деталей при их эксплуатации, ниже представлен сравнительный анализ существующих методов механической обработки.

На основании уравнения интенсивности изнашивания [60] ниже предложен показатель изменения интенсивности изнашивания. Этот показатель определяется параметрами поверхностного слоя при применении различных методов обработки поверхности:

$$I_o = (R_a W_z H_{\max})^{1/6} / \lambda \cdot t_m^{3/2} \cdot S_m^{1/2} \cdot (H_\mu)^{2/3} \quad (3.8)$$

где, λ – коэффициент, учитывающий изменение данного числа циклов в связи с поверхностными остаточными напряжениями;

t_m – относительная опорная длина профиля на уровне средней линии;

H_μ – поверхностная микротвердость;

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

W_z – параметр волнистости;

H_{\max} – максимальное макроотклонение.

Согласно данным справочно-нормативной литературы [61, 62] в таблицах 3.1 и 3.2 представлены общие сведения о параметрах поверхностного слоя при различных методах обработки поверхностей цилиндрических деталей. Для сравнения была принята обработка точением.

Таблица 3.1 – Показатели поверхностного слоя наружной поверхности цилиндрических деталей после обработки различными методами

Метод обработки	Относительные параметры состояния поверхностного слоя							Показатель I_o
	R_a	W_z	H_{\max}	λ	t_m	S_m	H_μ	
Накатывание	0,07-0,4	0,25-1,5	0,15-0,4	1-1,8	1,3	0,4-1,4	1,1	0,21-0,36
Выглаживание	0,07-0,8	0,25-2,5	0,15-0,8	1-1,8	1,3	0,4-1,4	1,1	0,10-0,36
Шлифование	0,25-0,5	0,3-1	0,25-0,4	0,5-0,8	1,1	0,4-0,7	0,9	1,07-1,25
Точение	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 3.2 – Показатели поверхностного слоя внутренней поверхности цилиндрических деталей после обработки различными методами

Метод обработки	Относительные параметры состояния поверхностного слоя							Показатель I_o
	R_a	W_z	H_{\max}	λ	t_m	S_m	H_μ	
Раскатывание	0,04-0,1	1,3-1,4	1,25-2	1,1	1,3	0,6-3,2	1,75-3	0,20-0,50
Выглаживание	0,06-1	1,2-1,3	0,2-0,7	1,1	1,3	0,4-3,2	1,75-2	0,20-0,30
Шлифование	0,4-0,8	0,5-1	0,4-0,5	0,9	1,1	0,4-0,5	0,75-1	1,20-1,80
Растачивание	1	1	1	1	1	1	1	1

Также в таблицах показан показатель изменения интенсивности изнашивания при обработке поверхностей деталей различными методами механической обработки. Из показанных данных в таблицах можно говорить о том, что при обработке методом ППД показатель изменения интенсивности изнашивания значительно улучшается. Соответственно, при обработке наружных и внутренних поверхностей цилиндрических деталей методом ППД повышается износостойкость в 2-5 раз [63].

Герметичность соединений является одним из важнейших характеристик деталей. Интенсивное развитие и совершенствование рабочих процессов машин и механизмов на горнорудных предприятиях приводит к своеобразному усложнению условий их работы. Под усложнением условий работы мы подразумеваем гидравлические удары различного характера, дополнительные динамические статические нагрузки, вибрации, тепловые воздействия, механические нагрузки. В совокупности все эти факторы в значительной мере отрицательно влияют на работоспособность, соответственно и возрастают требования к качеству герметичности соединений. Поиск решений по повышению качества герметичности соединений является актуальной задачей при проектировании и изготовлении деталей гидравлического цилиндра [64].

Способность деталей удерживать утечку рабочей жидкости, определяется качеством герметичности соединений [65]. Герметичность соединений для фильтрации потока утечек определяется по нижеуказанным формулам из закона Дарси:

$$Q_{\Sigma} = \pi \cdot D \cdot \Delta p \cdot H \cdot k^n / \mu \cdot l \quad (3.9)$$

где, μ – динамический коэффициент вязкости уплотняемой среды;

l и D – размеры соединения;

p – перепад давления;

H – толщина пористого слоя под нагрузкой;

k^n – коэффициент проницаемости.

$$Q_{\Sigma} = 0,0066 \frac{D \cdot \Delta p U \cdot \{0,5 \cdot [H_{\max 1} + H_{\max 2}] + (W_{z1} + W_{z2}) + 6(R_{a1} + R_{a2}) - y_{ck}\}}{\mu \cdot l} \quad (3.10)$$

где, U – константа Кармана;

y_{ck} – контактное сближение деталей при скольжении;

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

W_z – параметр волнистости;

H_{\max} – максимальное макроотклонение.

По представленным формулам можно проанализировать тот факт, что на герметичность соединений влияют различные показатели, такие как: геометрия уплотнений, перепады давления, размеры соединений, а также показатели

поверхностного слоя: шероховатость поверхности, волнистость и микроотклонения. В таблице 3.3 представлены параметры состояния поверхностного слоя, то есть шероховатость, волнистость и микроотклонения при различных методах обработки наружных и внутренних поверхностей.

Таблица 3.3 – Параметры состояния поверхностного слоя цилиндрических деталей при различных методах обработки

Метод обработки	Параметры состояния поверхностного слоя					
	Обработка наружных поверхностей вращения			Обработка внутренних поверхностей вращения		
	R_a , мкм	W_z , мкм	H_{max} , мкм	R_a , мкм	W_z , мкм	H_{max} , мкм
Точение	0,8-2,5	1,6-4,0	40-100	0,8-2,0	2,5-6,25	20-80
Шлифование	0,2-1,25	0,5-4,0	10-40	0,32-1,60	1,25-6,25	10-40
Обкатывание	0,05-1	0,4-2,5	6-40	0,05-0,32	1,6-5	5-40

Из таблицы 3.3 можно сделать вывод того, что применение метода ППД при обработке значительно улучшает шероховатость поверхности (ГОСТ 2789–73) деталей. Также надо отметить тот факт, что в процессе обработки происходит интенсивное выглаживание поверхностных неровностей, это сопровождается значительным упрочнением поверхностного слоя металла, повышением микротвердости, созданием благоприятных сжимающих напряжений.

Параметры шероховатости безусловно влияют на герметичность соединений. На рисунке 3.4 представлен график зависимости герметичности соединений и утечек жидкостей от шероховатости поверхностей при растачивании, шлифовании и раскатывании [66].

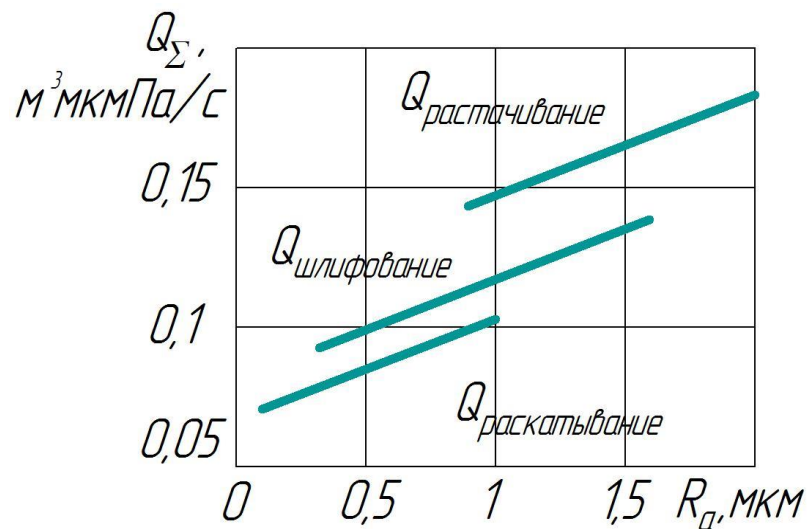


Рисунок 3.4 – Графики зависимости утечки Q от шероховатости поверхности R_a при различных методах обработки

При анализе графика можно сказать, что при обработке методом ППД уровень утечки рабочей жидкости снижается, следовательно, повышается герметичность соединений.

На рисунке 3.5 показан график зависимости коэффициента снижения утечки $K_{герм}$ от шероховатости R_a при обработки раскатыванием и шлифованием поверхности цилиндрических деталей.

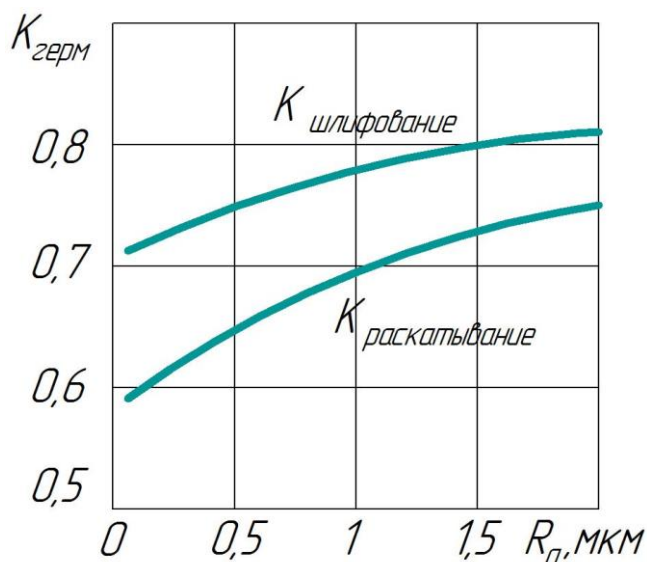


Рисунок 3.5 – Графики зависимости коэффициента снижения утечки $K_{герм}$ от шероховатости поверхности R_a

Отсюда следует, что применение методов ППД при обработке поверхности в разы улучшает качественные показатели поверхностного слоя цилиндрических деталей. В свою очередь улучшение показателей поверхностного слоя детали обуславливается существенным повышением эксплуатационных свойств таких как износостойкость, прочность и герметичность.

3.3 Разработка компьютерной модели цилиндра гидравлической стойки с применением метода конечных элементов

В своих исследованиях, параметры и расчеты механизированных крепей, рассматривали множество ученых и авторов [67-70]. На основе полученных результатов экспериментальных исследований и расчетов вполне реально решить ряд задач. Но для решения задачи по оптимизации параметров механизированной крепи необходимо разработать компьютерную модель механизированной крепи. На основании МКЭ была разработана компьютерная модель гидравлической стойки механизированной крепи.

На рисунке 3.6 показана схема математического подхода МКЭ. В центре схемы расположена математическая модель, которая включает в себя уравнение в частных производных по пространственным координатам. При применении

вариационного принципа к исходной системе дифференциальных уравнений дискретная конечно-элементная модель имеет свойства генерироваться. Конечно-элементные уравнения получаемой системы решаются методами прикладной механики. Результатом данных уравнений является дискретное решение. Конечно-элементный анализ подразумевает выполнение определенных последовательных шагов. МКЭ используется в двух канонических концепциях: математической и физической. [71].



Рисунок 3.6 Математическая концепция МКЭ

Применение МКЭ для выполнения компьютерной модели и расчета НДС гидравлической стойки, основывается на том, что механизированная крепь работает в тяжелых условиях продольного изгиба и критического нагружения и имеет переменную жесткость по высоте. Поэтому, для расчета продольного изгиба целесообразно применить МКЭ, который облегчит задачу применением компьютерного моделирования.

Основой МКЭ являются конечные элементы, это компоненты простой геометрии, на которые происходит разбиение математической модели в форме тетраэдров [72, с. 7; 73; 74].

Для определения деформаций и напряжения в каждом тетраэдре математической модели [72, с. 10]:

$$\varepsilon = B^e U^e = B^e a_f^e U = \varepsilon(x, y, z) \quad (3.11)$$

$$\sigma = D^e \varepsilon = D^e B^e a_f^e U = \sigma(x, y, z) \quad (3.12)$$

где D – матрица упругих модулей.

Алгоритм построения компьютерной модели методом конечных элементов представлен на рисунке 3.7.

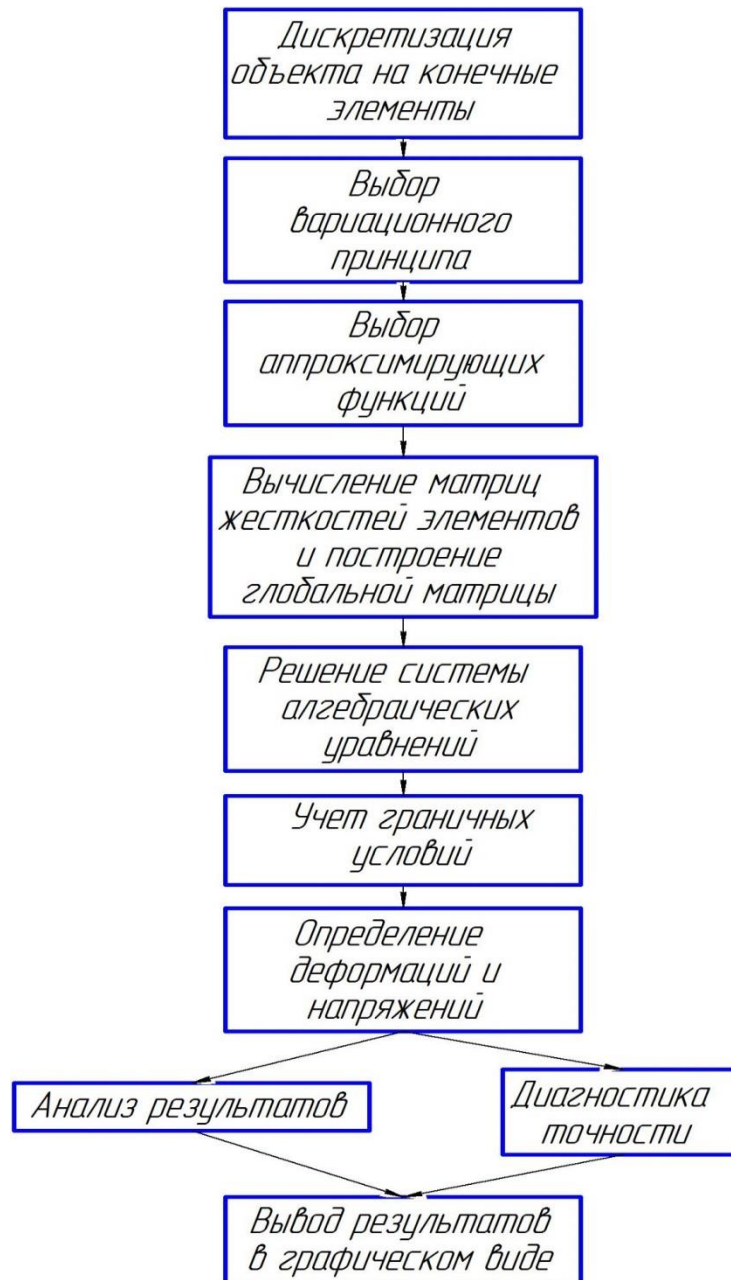


Рисунок 3.7 – Алгоритм построения компьютерной модели методом конечных элементов

Метод конечных элементов был применен для того, чтобы провести весь спектр анализа НДС при расчете на прочность, устойчивость и герметичность.

График радиальных деформаций цилиндра гидравлической стойки в заданных точках при рабочей нагрузке 40 МПа (1500 циклов) показан на рисунке 3.8.

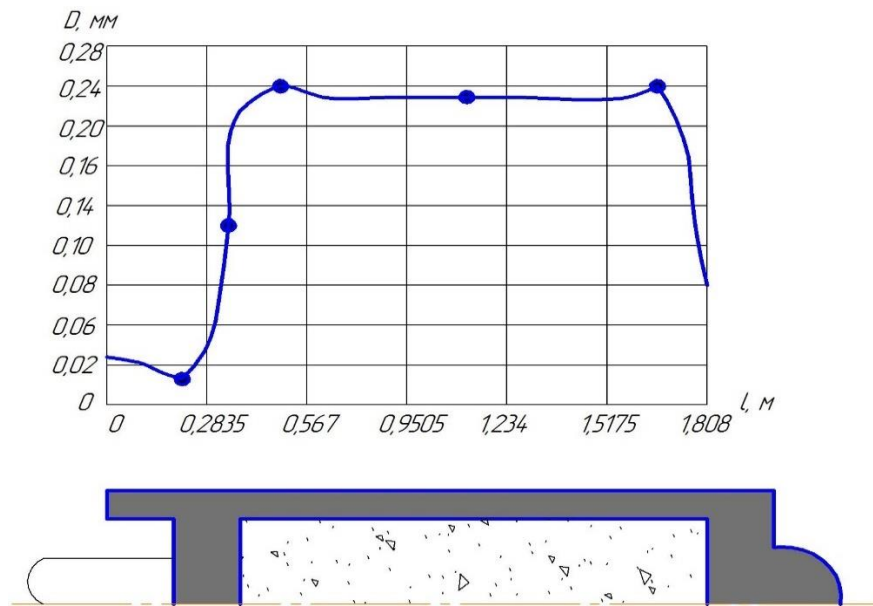


Рисунок 3.8 – Радиальные деформации цилиндра гидравлической стойки МК КС-23/36 при рабочей нагрузке 40 МПа (1500 циклов)

Изначально в программном комплексе Solid Works были созданы 2D модели деталей гидравлического цилиндра (стойки), затем с помощью геометрических команд преобразованием были созданы 3D модели деталей. На заключительной стадии параллельно выполнялись две задачи, сборка гидравлического цилиндра и расчет НДС по заданным техническим требованиям.

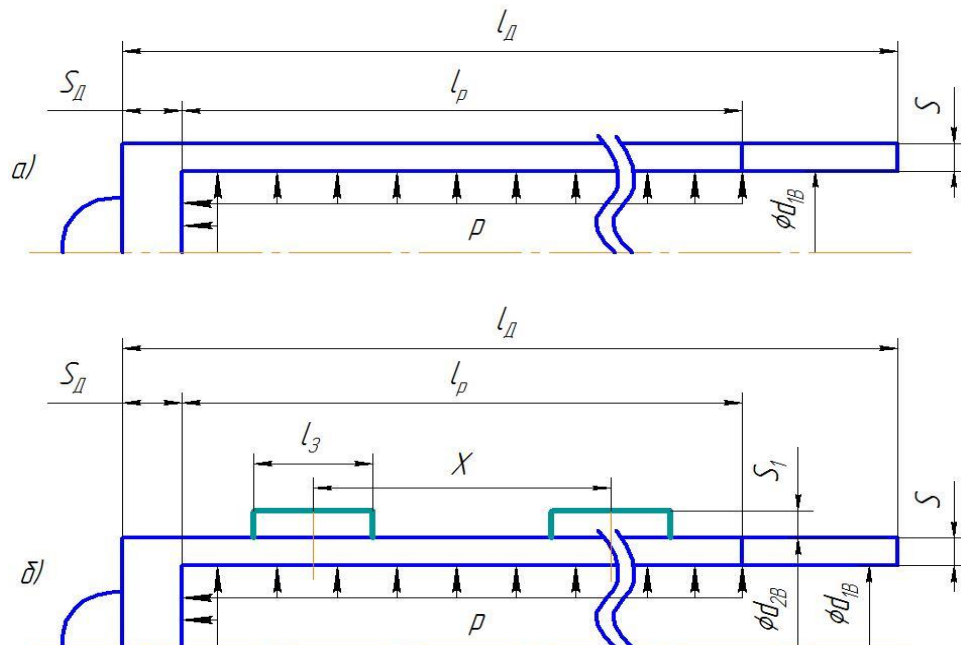


Рисунок 3.9 – Схемы моделей гидравлических цилиндров для расчета на прочность: а) обычный с опорой типа КС-23/36; б) с обсадными кольцами типа КС-23/36.

При создании модели гидравлического цилиндра для расчета на прочность (рисунок 3.9), следует учитывать следующие параметры: l_{Π} – длина; l_P – раздвижность; S – толщина дна; d_{1B} – внутренний диаметр; p – давление рабочей жидкости. Для гидравлического цилиндра с обсадными (технологическими) кольцами следует учитывать дополнительные параметры: d_{2B} , l_3 и S_1 – внутренний диаметр, длина и толщина стенки обсадного кольца, X – расстояние между обсадными кольцами.

При создании модели гидравлического цилиндра для расчета на герметичность (рисунок 3.10), следует учитывать следующие параметры: α – угол установки; γ – перекося смежных ступеней; величину зазора. Величина зазора определяется по трем параметрам: 1) $\Delta\gamma$ – полями допусков размеров и взаимным расположением поршня относительно цилиндра; 2) $\Delta\rho$ – деформациями внутренней поверхности цилиндра от давления рабочей жидкости; 3) Δf – дополнительными силами F_a и F_b , вызванными перекосями штока относительно цилиндра [75, с. 7; 76].

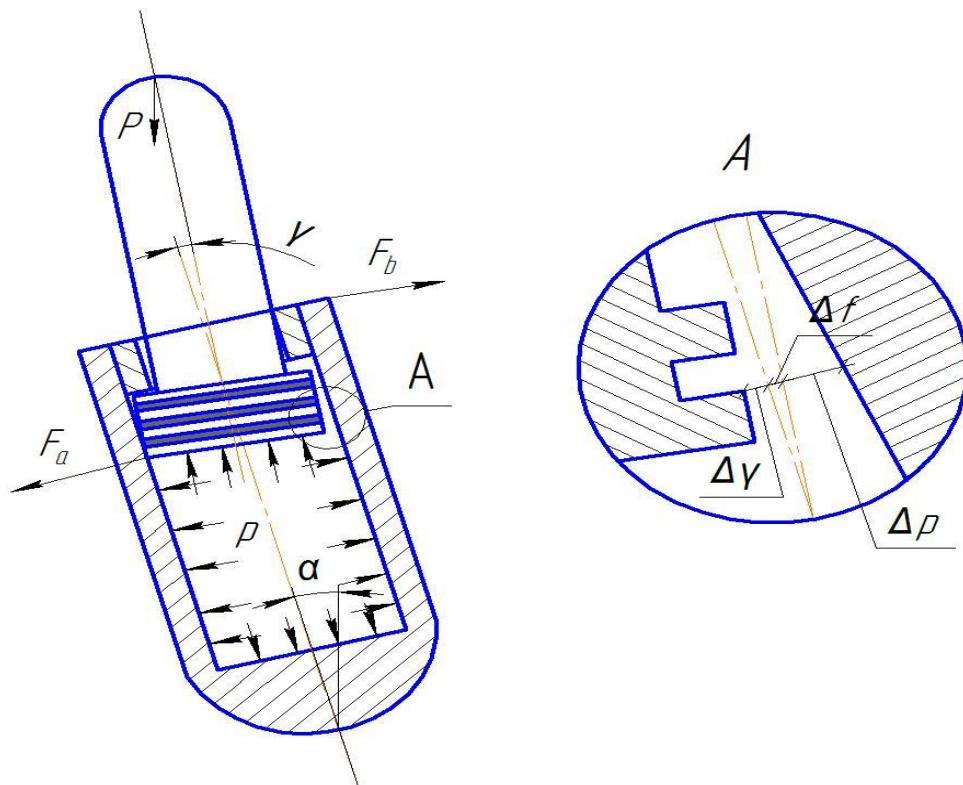


Рисунок 3.10 – Модель гидравлической стойки при расчете на герметичность (схема сил и зазоров)

Используя МКЭ с помощью 3D модели можно определить:

- возникающие нормальные напряжения и деформации на внутренней поверхности цилиндра от давления рабочей жидкости;
- максимальное давление рабочей жидкости, при котором может выдержать цилиндр гидравлической стойки и будет выбрана оптимальная толщина стенки цилиндра;

На деформацию и герметичность гидравлической стойки влияют геометрические и силовые параметры. Полученные данные помогут внести вклад при разработке гидравлической стойки механизированной крепи с обсадными кольцами.

3.4 Расчет напряженно-деформированного состояния гидравлических стоек методом компьютерного моделирования

Гидравлический цилиндр механизированной крепи КС-23/36:

Данные: $D=200\text{мм}$; $D_{\text{вн}}=160\text{мм}$; $L=1808\text{мм}$; Материал: Сталь 30ХГСА;

На рисунках 3.11 и 3.12 представлены эскиз-схемы для расчетов.

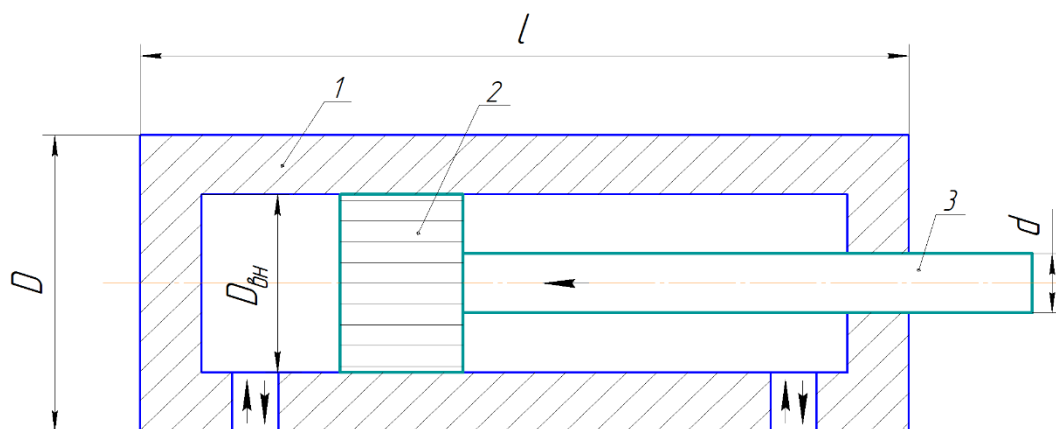


Рисунок 3.11 – Эскиз-схема для расчетов
1 – гидроцилиндр; 2 – поршень; 3 – шток.

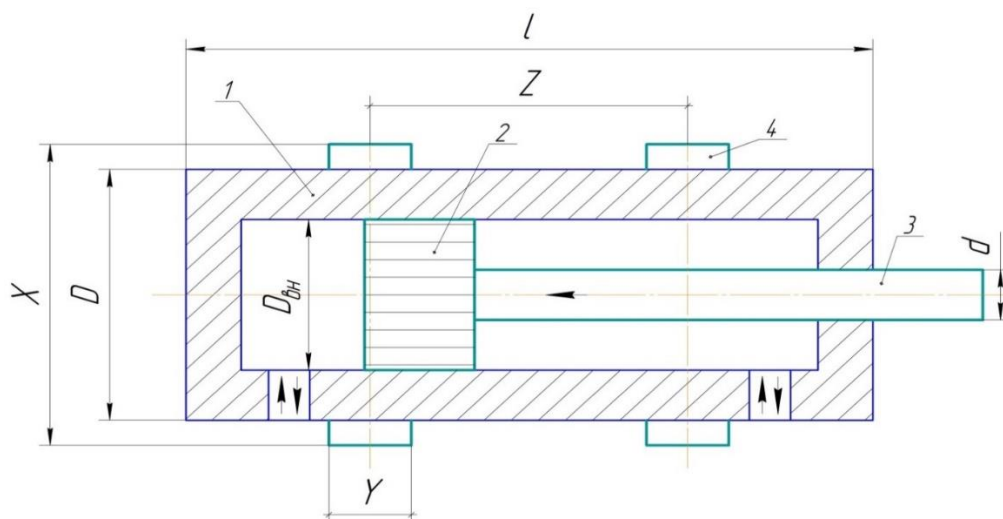


Рисунок 3.12 – Эскиз-схема для расчетов
1 – Гидравлический цилиндр; 2 – поршень; 3 – шток;
4 – Технологические кольца; X – Ø кольца;
Y – Ширина кольца; Z – Шаг кольца.

Приняв за основу эскиз-схемы, ниже представлена таблица (таблица 3.5) с произведенными расчетами для дальнейших исследований. Формулы, которые были применены для расчетов известны из литературы [39].

Таблица 3.5 Произведенный расчет основных параметров гидравлического цилиндра для дальнейшего выполнения расчета НДС

№ п/п	Определяемые параметры	Формулы для расчета	Полученные данные
1	Диаметр штока:		d = 90мм
2	Площадь поршневой полости:	$F = \frac{\pi D_{вн}^2}{4}$	F=200,96 см ² (20096 мм ²)
3	Площадь штоковой полости:	$F = \frac{\pi(D_{вн}^2 - d^2)}{4}$	137,4 см ² (13737,5 мм ²)
4	Отношение площадей поршневой полости к штоковой полости:		φ = 1,46
5	Рабочее давление (давление жидкости):		P = 400кГ/см ² = 400атм.=40Мпа= 40·10 ⁶ Н/м ²
6	Расчетное движущее усилие на штоке:	$P' = pF = p \frac{\pi}{4} (D_{вн}^2 - d^2)$	P'=54960кГ= 538608Н=538,6 кН
7	Диаметр поршня:	$D' = \sqrt{\frac{4P'}{\pi p}}$	D'=132,3мм (≈160 мм)
8	Ход поршня:	$S \leq 10D_{вн}$	S≤1600мм
9	Ширина поршня:	$B \approx 0,5 \cdot D_{вн}$	B ≈ 80мм
10	Объем цилиндра:	$\omega_{ц} = F \cdot H = \frac{P'}{P} \cdot H$ H – ход поршня (S)	ω _ц =21984см ³ ≈0,022м ³
11	Теоретическая скорость поршня (без учета утечек жидкости):	$v_T = \frac{10Q_T}{F}$ Q _T – теоретический расход жидкости (объем жидкости поступающий в цилиндр ≈15л/мин; F – рабочая площадь.	v _T =10,9 м/мин (0,1817 м/с)
12	Индикаторная мощность силового поршня:	$N = PV$ P – усилие на штоке; V – скорость поршня.	N=97865,14 Н·м/с

Продолжение таблицы 3.5

№ п/п	Определяемые параметры	Формулы для расчета	Полученные данные
13	Допускаемое напряжение:	$[\sigma] = \frac{0,4r^2 + 1,3R^2}{R^2 - r^2} \cdot P$ <p>R – наружный радиус цилиндра; r – внутренний радиус цилиндра; P – рабочее давление.</p>	$[\sigma]=187,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$
14	Толщина стенки гидроцилиндра:	$\delta = \frac{P \cdot D_{BH}}{(2,3[\sigma] - P) \cdot n} + C$	$\delta=20 \text{ мм}$
15	Фактическая мощность в гидроцилиндре:	$N_1 = P_1 \cdot V \cdot F_1$ <p>P_1 – давление в гидроцилиндре; F_1 – площадь поршня;</p>	$N_1=99862,3 \text{ Н} \cdot \text{м/с}$
16	КПД гидроцилиндра:	$\eta = \frac{N}{N_1}$ <p>N – индикаторная мощность поршня; N_1 – фактическая мощность в гидроцилиндре;</p>	$\eta=0,98$
17	Диаметр подводящего отверстия:	$d = 4,6 \sqrt{\frac{v\pi D^2}{40v_1}} \approx 0,13D$ <p>D – диаметр поршня, мм;</p>	$d \approx 0,13 \cdot 160 = 20,8 \text{ мм}$ (рекомендуемый) $d=20 \text{ мм}$
18	Толщина днища цилиндра:	$\delta = 0,433D_{BH} \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}}$	$\delta=31,1 \text{ мм}$

Величина контактного давления P_k , которое возникает при соединении цилиндрических деталей по горячей или прессовой посадке, зависит от натяга δ . Натяг – это разность диаметров посадочной поверхности для охватывающей и охватываемой деталей.

Если длина сопрягаемых деталей разная, то контактное давление будет выглядеть так [82, с. 227]:

$$P_K = \frac{\delta}{d_k} \cdot \frac{1}{X \cdot \frac{E}{E_1} \left(\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} - \mu_1 \right) + \frac{1}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} + \mu_2 \right)} \quad (3.13)$$

На рисунке 3.13 представлена эскиз–схема для расчета.

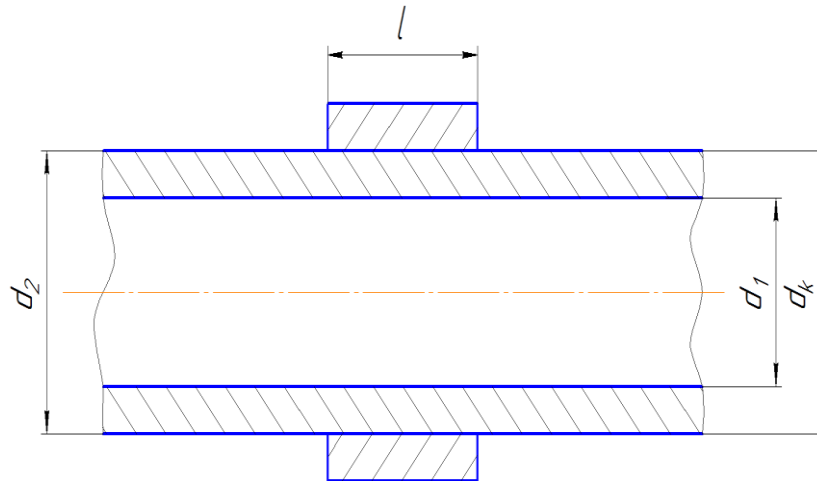


Рисунок 3.13 – Эскиз–схема для расчета

где, d_k – диаметр посадочной поверхности (200 мм);

δ – толщина стенки (20 мм);

$k_1 = \frac{d_1}{d_k}$ $k_2 = \frac{d_k}{d_2}$ – коэффициенты толстостенности для внутреннего и наружного цилиндров;

E_1 и E_2 – модули упругости; $E_1=2,11 \cdot 10^5$ МПа; $E_2=2 \cdot 10^5$ МПа;

μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона для внутреннего и наружного цилиндров;

X – коэффициент отношения длины посадочной поверхности l к ее

диаметру d_k , то есть $X = \frac{l}{d_k}$; $X=0,25$;

$d_1=160$ мм; $d_k=200$ мм; $d_2=240$ мм;

$$k_1 = \frac{d_1}{d_k} = \frac{160}{200} = 0,8 \quad k_1 = 0,8 \quad k_2 = \frac{d_k}{d_2} = \frac{200}{240} = 0,83 \quad k_2 = 0,83$$

Гильза гидроцилиндра: Сталь 30ХГСА – $E_1=2,11 \cdot 10^5$ МПа;

Обсадное кольцо: Сталь 45 – $E_1=2,11 \cdot 10^5$ МПа;

Контактное давление равна $P_k=2,9 \cdot 10^3$ МПа.

Во время работы под воздействием давления рабочей жидкости цилиндр имеет свойства деформироваться и увеличиваться в диаметре. За счет данной

деформации появляются зазоры в рабочих соединениях, это приводит к перекоосу и изменению положения штока, что в свою очередь может привести к необратимым последствиям. Деформации цилиндра подразделяются на упругие, пластические и упругопластические, это зависит от величины давления рабочей жидкости. В упругопластическом и пластическом деформировании цилиндра деформация имеет свойство накапливаться, это способствует увеличению зазора между цилиндром и поршнем. При проектировании конструкции гидравлического цилиндра следует учитывать давление рабочей жидкости и его влияние на деформацию цилиндра [77, 78].

При перекоесе штока относительно цилиндра нарушается контакт рабочих поверхностей, что приводит к дополнительным напряжениям и трениям. Возникновение контактных напряжений на рабочих поверхностях деталей приводит к тому, что поверхности деталей пластически деформируются и разрушаются. При разработке рационального технологического процесса изготовления необходимо учитывать вышеуказанные конструктивные особенности параметров гидравлического цилиндра, главное это касается точности и качеству изготовления рабочих поверхностей деталей гидравлического цилиндра.

Для получения указанных параметров необходимо решить следующие основные задачи:

1. Разработать компьютерную модель взаимосвязи точности и основных конструктивных параметров силового гидроцилиндра со схемой его нагружения.
2. Разработать технологию изготовления цилиндра гидравлических стоек с учетом деформации под давлением рабочей жидкости.

При проектировании гидравлических цилиндров их рассматривают как раздвижные ступенчатые стержневые системы с шарнирным опиранием концов, а расчеты на статическую прочность и устойчивость проводят по отраслевому стандарту [79] (рисунок 3.14).

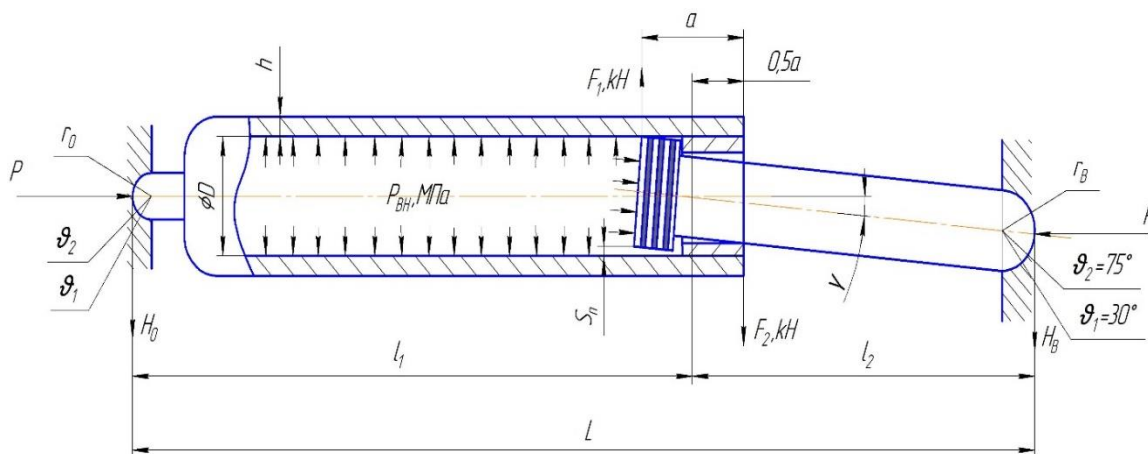


Рисунок 3.14 – Схема для расчета гидроцилиндра на статическую и контактную прочность

Для разработки компьютерной модели гидравлического цилиндра со схемой нагружения, а также для определения пластических деформации учитывая конструктивные параметры, была применена конструкторско-технологическая программа Solid Works [80].

С помощью программного комплекса можно рассчитать пластическое деформирование поверхности цилиндра, при различных величинах давления рабочей жидкости. Входными параметрами для произведения расчета являются: давление рабочей жидкости в цилиндре; внутренний диаметр и длина цилиндра; предел текучести материала цилиндра [81].

Условия эксплуатации, пластические деформации поверхностей, точность сборки все эти параметры влияют на возникновения критических нагружений в гидравлическом цилиндре.

Путем моделирования на компьютере напряженно-деформированного состояния гидравлического цилиндра с использованием МКЭ и программного комплекса Solid Works (рисунок 3.15) выявлена зависимость того, что технологическое изготовление и конструктивные параметры гидравлического цилиндра влияют на характеристику и интенсивность развития внутренних напряжений (приложение Ж).

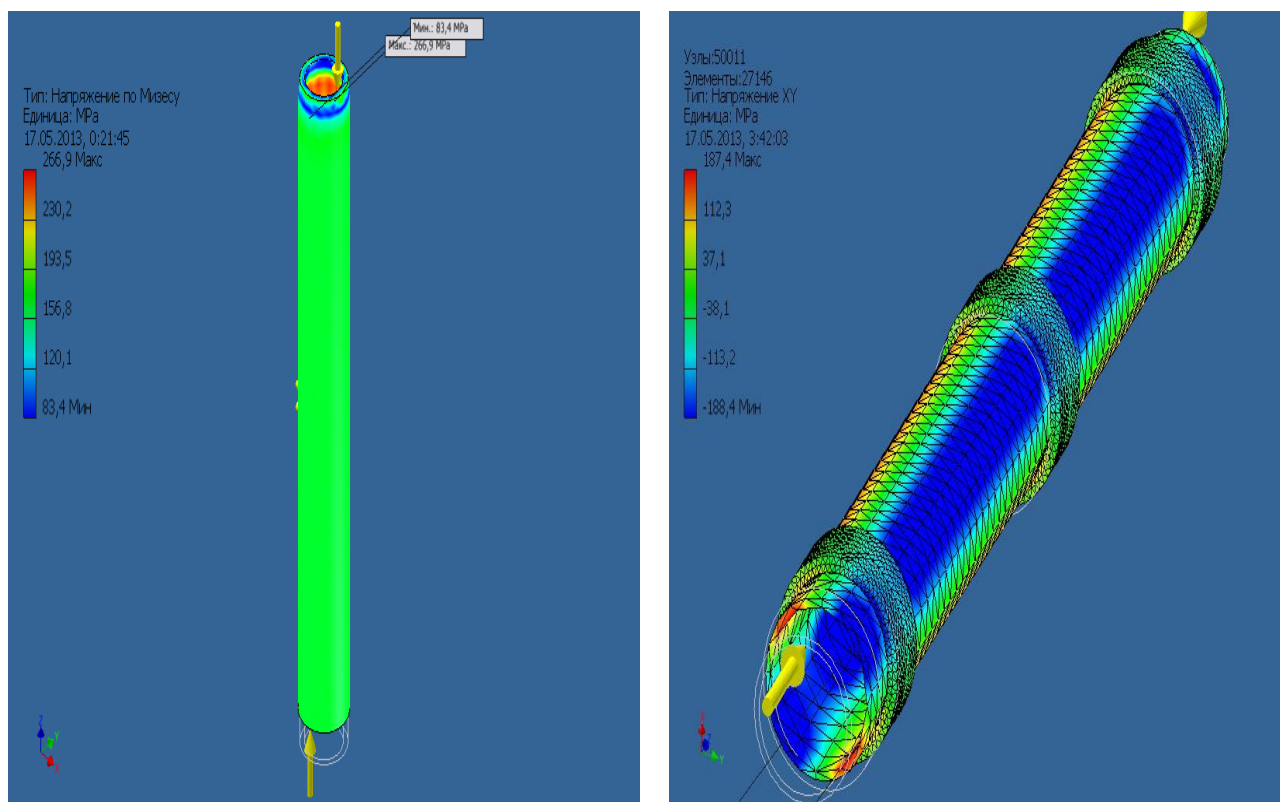


Рисунок 3.15 – Напряженно-деформированное состояние гидравлического цилиндра

Максимальное напряжение в цилиндре $\sigma_3=266,9$ МПа. Запас прочности цилиндра по текучести $n_T=\sigma_T/\sigma_3$, где предел текучести $\sigma_T=830$ МПа ($83 \text{ кг/мм}^2=830 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$) для стали 30ХГСА. Тогда запас прочности $n_T=3,11$. При

применении технологических колец при изготовлении гидравлического цилиндра, максимальное напряжение в цилиндре $\sigma_3=187,4$ МПа, таким образом, запас прочности цилиндра по текучести $n_T=\sigma_T/\sigma_3$, где предел текучести $\sigma_T=830$ МПа для стали 30ХГСА, составляет $n_T\geq 4,43$, что почти в полтора раза превышает значение, которое было при изготовлении цилиндра традиционным способом.

Использование обсадного кольца и применение метода ППД при изготовлении цилиндра позволяет улучшить коэффициент запаса прочности в 1,5 раза.

Установлено, для снижения НДС и для повышения ресурса работы гидравлического цилиндра целесообразно применить технологическое изготовление цилиндра с термической насадкой обсадных колец с последующей обработкой методом ППД.

Выводы по разделу 3

1. Установлена аналитическая зависимость контактного давления, возникающее в теле гидравлического цилиндра при термической посадке обсадных колец и образования регулируемого натяга, от их геометрических размеров и отношения длины посадочной поверхности к ее диаметру, причем шаг запрессованных обсадных колец и их ширина зависит от внутреннего давления гидравлической системы и находятся в пропорциях 1:2; 1:4; 1:8 и так далее к последнему;

2. Оценка напряженно-деформированного состояния гидравлического цилиндра с обсадными кольцами проведена с использованием программного комплекса Solid Works, установлено снижение напряжений в теле цилиндра в 1,5 раза;

3. Применение новой технологии изготовления гидравлического цилиндра с термической насадкой обсадными кольцами и последующей обработкой методом пластического деформирования увеличивает ресурс работы гидравлического цилиндра;

4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА ПРИВОДА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

4.1 Исследование прочностных свойств гидравлического цилиндра в соответствии с принятой моделью изготовления

Механизированная крепь – самопередвигающаяся в очистном забое металлическая конструкция, предназначенная для поддержания пород кровли, сохранения очистной выработки в рабочем и безопасном состоянии [83].

Основной задачей механизированных крепей является оказывать сопротивление давлению опускания кровли. Однако, надежная работа механизированных крепей зависит от несущей способности гидравлических стоек.

Повысить несущую способность гидравлической стойки можно разнообразными путями [84, 85]: 1) увеличить диаметр стойки, но в этом случае мы получим увеличение металлоемкости стойки; 2) можно повысить рабочее давление (жидкости), однако в этом случае мы получим увеличение напряжений в деталях стойки; 3) можно конструкцию самой стойки (гидравлического цилиндра) усовершенствовать, при этом не увеличивать диаметра и не повышая рабочего давления.

Эксплуатация механизированных крепей на очистных забоях при нормально управляемых кровлях показывает наиболее высокие производственно-технические показатели, однако при эксплуатации в забоях с трудноуправляемыми и склонными к периодическому обрушению кровлями, наблюдались частые случаи повреждения и выхода из строя механизированных крепей. Это свидетельствует о том, что механизированные крепи, эксплуатируемые в условиях с трудноуправляемыми кровлями, требуют однозначного совершенствования конструкции крепей [86].

Механизированная крепь под воздействием сил горного давления деформируются, но при всем при этом, она, преодолевая остаточные деформации, должна сохранять свои прочностные характеристики и надежность. Надежность механизированной крепи – это способность, выдерживая всевозможные нагрузки сохранять прочностные характеристики и выполнять требуемые функции в системе крепь-горная порода.

При воздействии трудноуправляемой кровли на механизированную крепь часто происходит смещение кровли [87] и нагружение по мере продвижения очистного забоя. При резких смещениях кровли и дополнительной нагрузки стоечная система выходит из строя.

Стоечная гидравлическая система (ГОСТ 17752–81), применяемая в механизированных крепях, в основном рассчитана на нормально управляемые кровли. Повысить надежность механизированной крепи возможно при совершенствовании конструкции (модификации).

Конечно, для принятия такого рода решения по модернизации технологии и конструкции, требует проведения обширного круга исследований, это в свою очередь является актуальной научной задачей.

Решить данную задачу можно путем разработки конструкции гидравлического цилиндра, снабженного обсадными кольцами, с целью (равномерного распределения) снижения НДС стенок гидравлических цилиндров и уменьшения металлоемкости, тем самым уменьшения продольной деформации (прогиба). На рисунке 4.1 показано устройство силового гидроцилиндра, на наружную поверхность гидравлического цилиндра термическим способом напрессовываются одна или ряд обсадных (усилительных) колец, позволяющих уменьшить продольную деформацию.

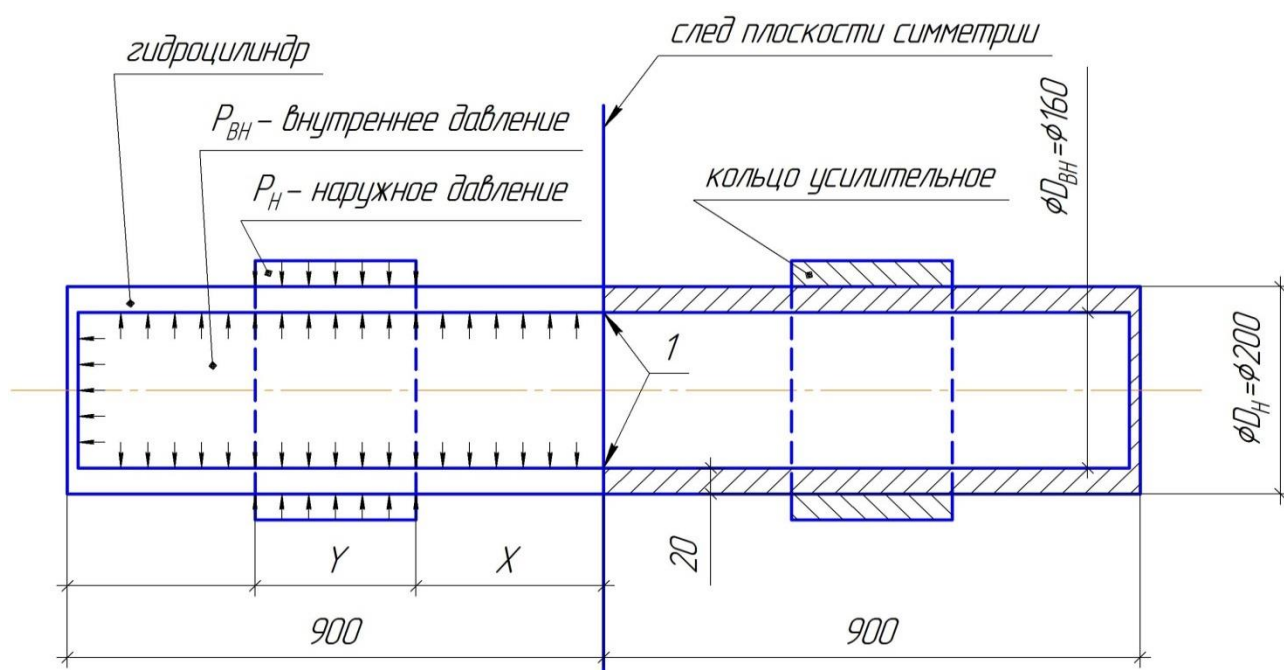


Рисунок 4.1 – Конструкция гидравлической стойки повышенного рабочего сопротивления

Экспериментальная часть исследования проводилась на УПП «НИВА» (Республика Беларусь). В ходе экспериментальных и расчетных исследований были получены следующие результаты:

1. Анализ радиальных остаточных деформаций показал, что в поперечных сечениях, гидравлический цилиндр имеет эллиптической форму (рисунок 4.2). Деформация объясняется повышением контактного давления и наличием перекоса в режиме нагружения. Деформация составила от 0,245 до 0,595 мм.

2. Сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования и экспериментального исследования прочности гидравлических стоек показан на рисунке (рисунок 4.3).

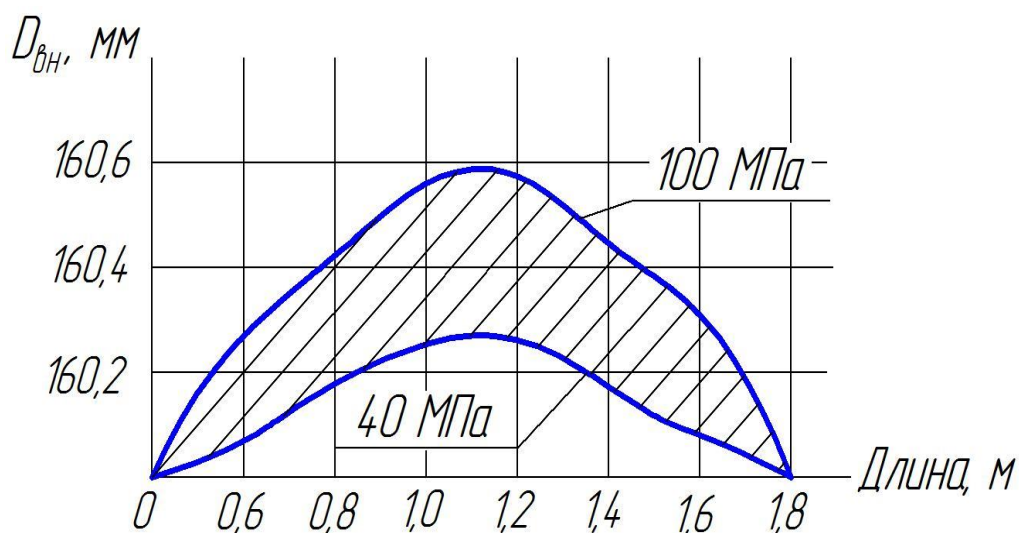


Рисунок 4.2 – Зависимость радиальных остаточных деформаций гидравлической стойки по длине от давления при наличии перекоса в режиме нагружения (1500 циклов)

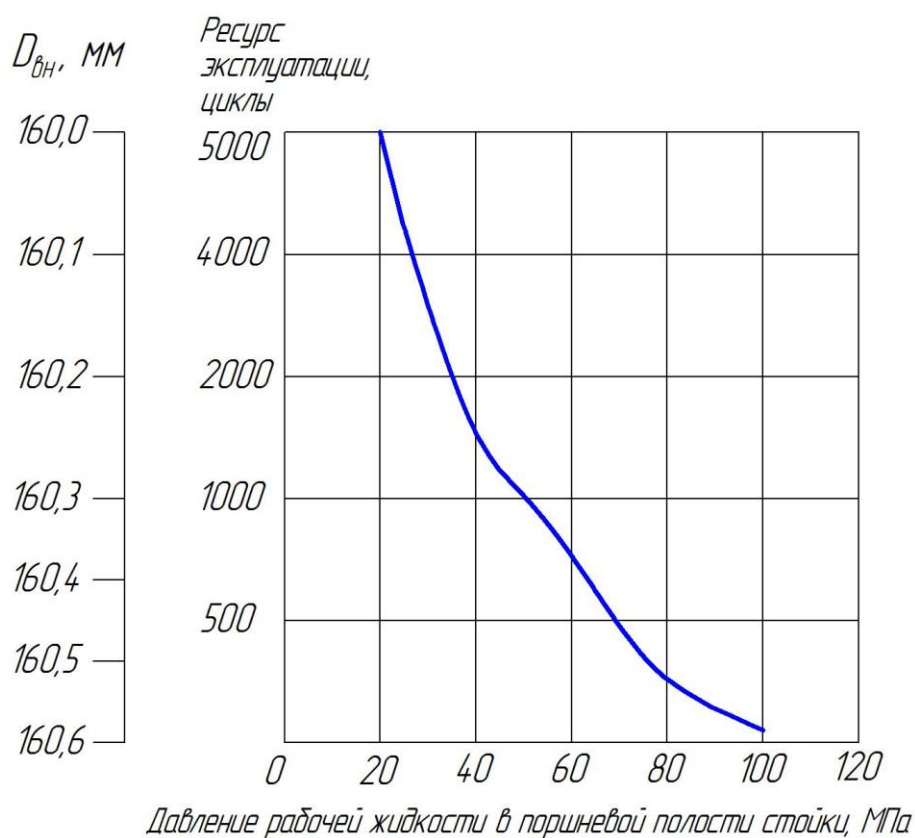


Рисунок 4.3 – Сравнительный график деформаций гидравлической стойки по давлению рабочей жидкости и ресурсу эксплуатации

3. При испытании гидравлической стойки КС–23/36 с обсадными кольцами рабочим диаметром 160 мм, при рабочем давлении 40 МПа, начальный распор составил 200 т., у гидравлической стойки традиционной

конструкции начальный распор составляет 150 т., при рабочем давлении 40 МПа. Это на 25 % меньше по сравнению с гидравлической стойкой КС–23/36 с обсадными кольцами (рисунок 4.4).

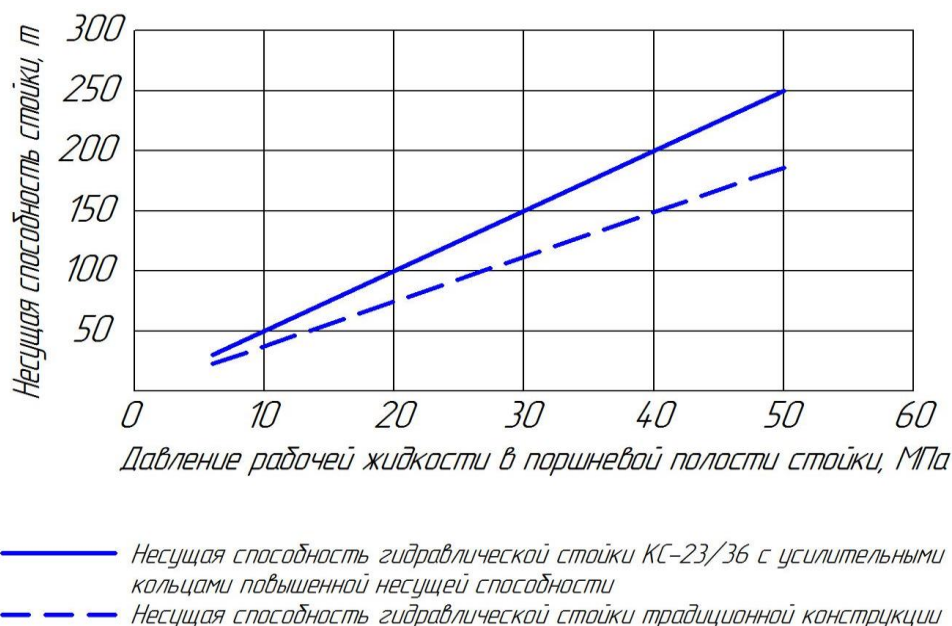


Рисунок 4.4 – Сравнение гидравлических стоек по несущей способности

Испытания проводились на специальном стенде на УПП «НИВА».

4.2 Разработка технологического процесса изготовления и сборки гидравлического цилиндра механизированных крепей с применением обсадных колец и ППД

В различных отраслях машиностроения широко используются соединения с натягом. Обеспечение их заданной прочности с пониженным уровнем напряжений и деформаций – актуальная задача для современного машиностроения [88].

Повысить прочность таких соединений и снизить их НДС можно за счет использования термических способов сборки, в частности с нагревом охватываемых деталей.

Важным аспектом обеспечения заданной прочности посадок с натягом является правильный выбор метода изготовления на стадии проектирования технологии сборки.

Конструкция и автоматизация сборочного оборудования во многом зависит от степени сложности сборочного соединения с натягом и термовоздействием. По применению и назначению сборочное оборудование можно разделить на два типа: 1) для соединений втулка-корпус; 2) для соединений втулка-кольцо (охватываемая деталь).

Станки второй группы бывают односторонней или двусторонней сборки. При односторонней сборке используется одна сборочная головка, с помощью которой на неподвижный или перемещаемый вал устанавливают

охватывающие детали. У станков двусторонней сборки вал (втулка) неподвижен и с обоих его концов расположены головки.

Сборку соединений вал (втулка) – охватывающая деталь выполняют в устройствах с вертикальным, горизонтальным и наклонным расположением оси. Станки для сборки с нагревом могут быть снабжены нагревателями.

Оборудование для нагрева деталей, применяемое в механосборочном производстве, отличается значительным разнообразием [89, 90, 91]. Наиболее эффективны индукционные электроконтактные установки, которые, как правило, являются нестандартными. При выборе типа установки следует учитывать: 1) производительность устройства для нагрева не может быть ниже производительности обслуживаемого сборочного станда или станка; 2) положение детали в нагревателе должно быть обусловлено предшествующей и последующей операциями сборки; 3) нагреватель нужно выбирать с учетом возможностей энергетической сети цеха, участка (вода, сжатый воздух, допустимый потребляемый ток из сети); 4) устройство должно быть таким, чтобы были возможны его модернизация, механизация и автоматизация; 5) нагреватель должен соответствовать «Правилам устройства и эксплуатации электрических промышленных установок».

В зависимости от вида производства, назначения, конструкции и габаритов детали нагрев выполняют в масляных ваннах, газовых печах, электропечах сопротивления, электроконтактных или индукционных установках. В масляных ваннах детали нагревают равномерно до температуры 120 ... 130°C. В печах и универсальных индукционных нагревателях выполняют нагрев разнотипных средне- и мелкогабаритных деталей. В крупносерийном и массовом производствах применяют специальные электроконтактные и индукционные нагреватели. Наиболее высокая скорость обеспечивается в системах индукционного нагревания, охватывающими деталь (рисунок 4.5).

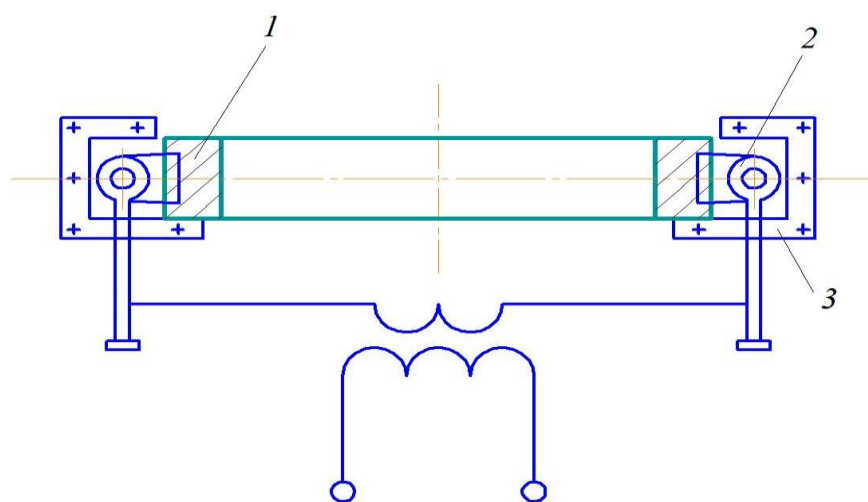


Рисунок 4.5 – Схема индукционного нагревателя с индукторами, охватывающими деталь:

1 – деталь (обсадное кольцо); 2 – индуктор; 3 – магнитопровод.

При выборе вида термовоздействия следует руководствоваться правилом, что нагревать или охлаждать следует наименее металлоемкую деталь и при этом учитывать ее технологичность.

Нагрев охватываемых деталей перед сборкой выполняют до температур, при которых сохраняются физико-механические свойства материала. Для стальных термообработанных 200 ... 230°С., для нетермообработанных деталей допустимая температура 230 ... 350°С.

Выбор температуры нагрева при термических способах сборки как правило производят по установившемуся градиенту температуры, что, однако, не позволяет учесть все особенности процесса подвода тепла и возможности снижения его потерь, времени нагрева. При этом учтены направления подвода тепла и закон распределения температуры по толщине стенок деталей при заданном времени термовоздействия [92, 93].

Необходимая температура нагрева охватываемой детали определяется по формуле [94, 218 с.; 95]:

$$t = \frac{H+2C}{D\alpha} + t_0 \quad (4.1)$$

где, t_0 – температура помещения цеха в °С (26°С – максимальная температура в производственных помещениях при тяжелом труде);

H – величина максимального натяга в мм (0,072 мм – при одинаковых диаметрах отверстия и вала, натягом считается допуск по отверстию);

D – диаметр отверстия насаживаемой детали в мм (200 мм);

α – коэффициент линейного расширения материала, для стали $\alpha \approx 0,00001$;

C – зазор между отверстием и валом в мм; $C=0,15 \div 0,2$ (данный интервал обеспечивает свободную насадку детали).

Отверстие = $\text{Ø}200\text{H}8^{(+0,072)}$

Вал = $\text{Ø}200\text{h}9^{(-0,115)}$

Зазор составил разность допусков = 0,187 мм.

$$t = \frac{0,072 + 2 * 0,187}{200 * 0,00001} + 26^\circ\text{C} = 249^\circ\text{C}$$

И так мы определили температуру нагрева охватываемой детали (кольца), которая составила $t=249^\circ\text{C}$ градусов.

В зависимости от используемого метода термовоздействия определяется структура разработки технологического процесса.

Операция сборки и транспортирования, проводимые с нагретой деталью, должны выполняться только с использованием механизмов. Это позволяет за счет быстрых перемещений максимально сократить потери энергии вследствие остывания нагретой детали, а также выполнить присоединение одной детали к другой быстро и точно. Последнее особенно важно, поскольку сборка

осуществляется с зазором, который постоянно уменьшается, так как детали изменяют свою температуру. При уменьшении зазора ниже допустимого значения сборка или совсем не может быть осуществлена, или будет происходить с повреждением посадочных поверхностей [96, с. 463; 97-99].

Время, необходимое на изменение температуры деталей и их скрепление, часто больше затрат времени на выполнение всех других операций. Его можно сократить, выбрав рациональные конструкции нагревательных устройств, используя одновременно несколько нагревателей, а также принудительное охлаждение собранного соединения.

Инженер-технолог при разработке технологического процесса сборки по необходимости может экспериментально проверить температуру нагрева и зазор сборки. Если при сборке энергия и температура термической посадки будут теряться, то технологу следует изменить технологический процесс.

При сборке с тепловым воздействием применяют специальные приспособления для правильной установки сопрягаемых деталей.

Был спроектирован стенд для сборки гидравлических цилиндров с обсадным кольцом (рисунок 4.6).

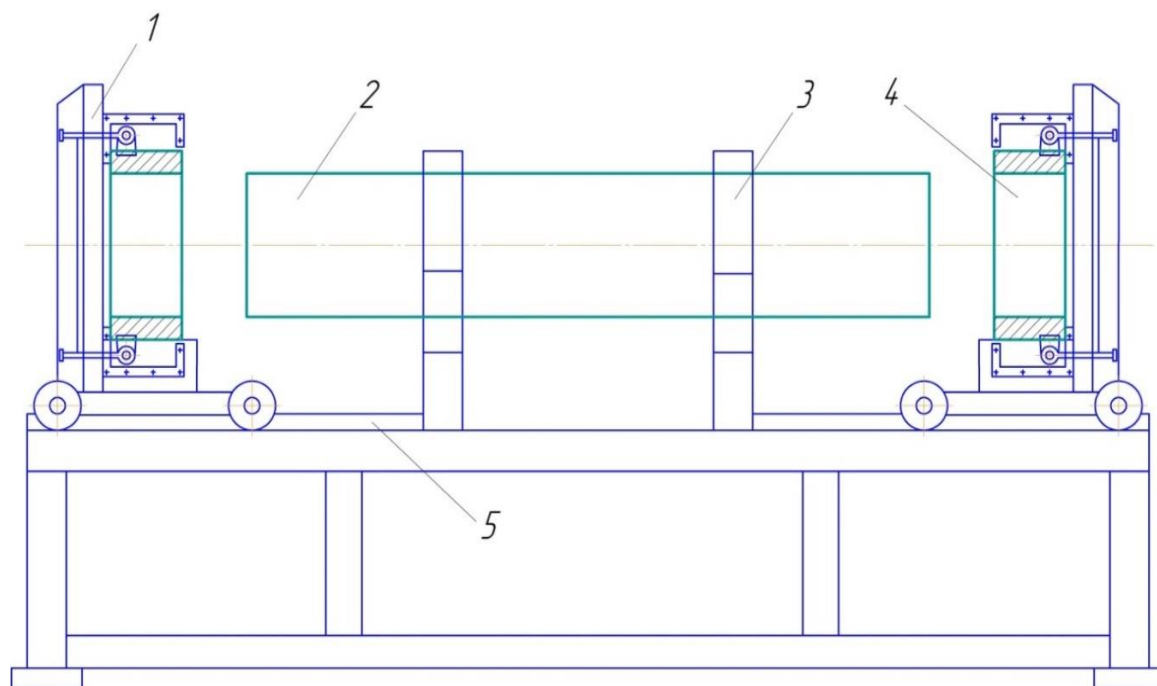


Рисунок 4.6 – Стенд для сборки гидравлических цилиндров с обсадными кольцами

1 – каретки; 2 – цилиндр; 3 – призмы; 4 – обсадные кольца;
5 – направляющие

Обсадные кольца посредством грузоподъемного механизма устанавливаются в каретки, которые оснащены индукционными нагревателями. Нагретые в индукционном устройстве обсадные кольца могут смещаться на 6 мм в горизонтальной плоскости. Рабочий насаживает обсадные кольца на

цилиндр, установленный и закрепленный в призмах. В продольном направлении каретка перемещается по направляющим.

Применив составной вид (термическая посадка цилиндров друг на друга) сборки цилиндров можно уменьшить высокие напряжения σ_{θ} на внутренней поверхности. Перед посадкой наружного цилиндра его нагревают до определенной температуры, тем самым увеличивают внутренний диаметр. Затем производят насадку на основной цилиндр, остывая нагретый цилиндр оказывает внешнее давление и сжимает внутренний цилиндр. Данный вид сборки называется посадка с натягом. При таком виде сборке требуется рассчитать натяг двух цилиндров. Натяг – это разность между наружным диаметром внутреннего цилиндра и внутренним диаметром наружного цилиндра [100, 101].

Сборка под термовоздействием обеспечивается благодаря созданию зазора или натяга между соединяемыми деталями. Скрепление деталей происходит в результате изменения их размеров с изменением температуры окружающей среды. Прочность таких соединений в 1,5 ... 2,5 раза больше, чем полученных запрессовкой, что объясняется взаимным внедрением микронеровностей.

Одной из главных проблем машиностроения на современном этапе развития является повышение эксплуатационной надежности различных изделий, которая в значительной степени определяется прочностью соединений.

В условиях эксплуатации механизированных крепей цилиндр гидравлической стойки под давлением рабочей жидкости подвергается деформированию. При деформации цилиндра происходит смещение штока относительно своей оси, что приводит к появлению зазора между штоком (поршнем) и цилиндром, который может привести к нарушению герметичности и протечки рабочей жидкости. Также изменение положения штока относительно цилиндра может привести к заеданию и к трению на рабочих поверхностях, которые могут вызвать контактные напряжения.

Чаще всего деформированию подвергаются непосредственно гидравлические стойки, основания и перекрытия секций крепи. Поэтому большое внимание уделяется изготовлению цилиндров гидравлических стоек путем совершенствования технологического процесса изготовления и сборки.

Широкое применение получили технологические способы сборки с использованием термических способов нагрева охватываемых деталей. Использование таких способов позволяет повысить прочность посадок с натягом, снизить натяг и НДС сборочных единиц, сократить временные и энергетические затраты на сборку.

Соединения с натягом являются неподвижными неразъемными. Относительная неподвижность деталей в соединении обеспечивается сцеплением поверхностей сопряжения, которое создается силами упругой деформации материала, пропорциональными натягу. Сопрягаемые поверхности деталей чаще всего цилиндрические (рисунок 4.7).

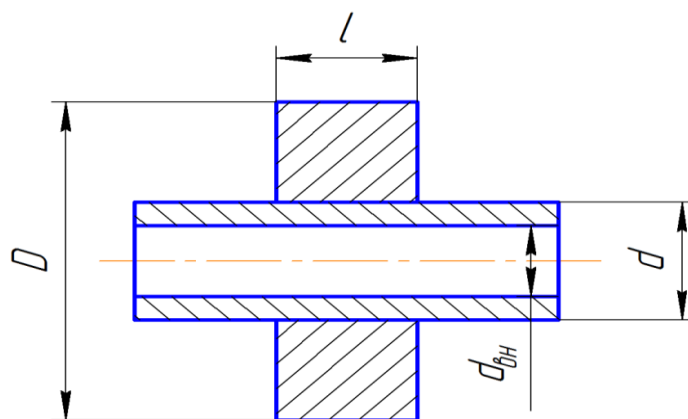


Рисунок 4.7 – Цилиндрическое соединение с натягом

Были проанализированы зарубежные патентные разработки в области гидравлического машиностроения, в частности изготовление гидравлических цилиндров [103–116].

В работах казахстанских ученых и специалистов, которые внесли огромный вклад в исследование и развитие механизированных крепей, таких как: Жетесов С.С., Жетесова Г.С., Жаркевич О.М. и других, можно отметить следующее: проведен анализ разрушений и деформаций элементов конструкций механизированных крепей; проведен анализ времени безотказной работы крепей; анализ работоспособности гидроцилиндров. Предложены методы упрочнения поверхностного слоя штока гидроцилиндра путем нанесения хромированного покрытия. Однако, в работах не предложены методы и мероприятия по повышению износостойкости и долговечности гильз гидравлических цилиндров.

За счет использования термического способа сборки, в частности, с нагревом охватывающей детали, и применением отделочно-упрочняющего метода [117–121], мы получаем положительный результат при повышении таких эксплуатационных характеристик, как износостойкость, усталостная прочность, коррозионная стойкость, долговечность гидравлических цилиндров и снижаем их напряженно-деформированное состояние.

Нами был разработан способ изготовления гидравлических цилиндров, по которому получен инновационный патент Республики Казахстан.

Формула: 1. Способ изготовления гидравлических цилиндров высокого давления, отличается тем, что с целью (равномерного распределения) снижения НДС стенок гидравлических цилиндров и уменьшения металлоемкости, тем самым уменьшения продольной деформации (прогиба), на наружную поверхность гидравлического цилиндра 1 термическим способом напрессовываются одна или ряд обсадных колец (усилительных колец) 2, позволяющих уменьшить продольную деформацию (рисунок 4.8).

2. Способ по пункту 1 отличается тем, что шаг напрессованных технологических колец и их ширина зависит от внутреннего давления гидравлической системы и находится в пропорциях 1:2, 1:4, 1:8 и так далее к последнему.

3. После термической насадки технологических колец на цилиндр, внутреннюю поверхность цилиндра, где при механической обработке был оставлен припуск, обрабатываем, используя отделочно-упрочняющий метод, то есть раскатываем роликами.

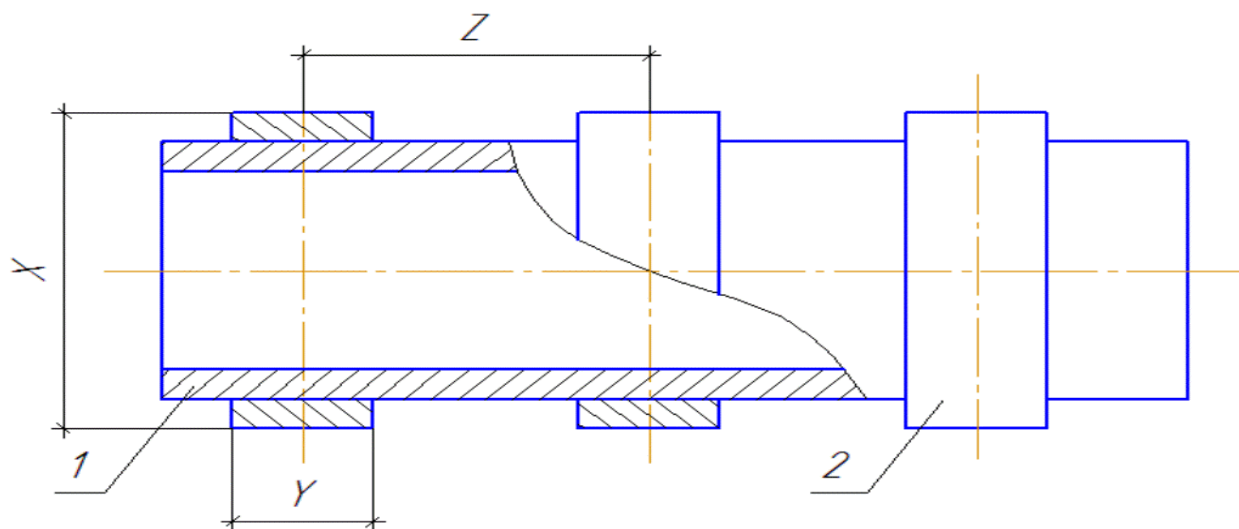


Рисунок – 4.8 Способ изготовления гидравлических цилиндров
 1 – Гидравлический цилиндр; 2 – Технологические кольца; X – Ø кольца;
 Y – Ширина кольца; Z – Шаг кольца.

Прочность соединения определяется способностью сопротивляться взаимному смещению деталей под действием внешней осевой силы P (сдвиг) (рисунок 4.9) и крутящего момента M_K (проворот).

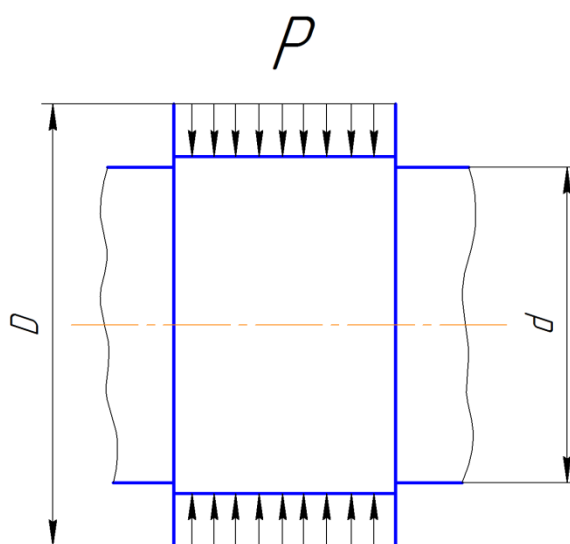


Рисунок 4.9 – Цилиндрическое соединение при нагружении соединения осевой силой P

Условия прочности выражаются неравенствами [122]:

$$P \leq \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot (f - \operatorname{tg} \alpha) \quad (4.2)$$

$$M_K \leq 0,5\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot p \cdot f \quad (4.3)$$

где d – номинальный диаметр;
 l – длина контакта сопрягаемых поверхностей;
 p – среднее давление на контактирующих поверхностях;
 f – коэффициент сцепления при осевом сдвиге или кручении;
 α – угол уклона конуса; для цилиндрических соединений $\alpha=0$.

Высоты неровностей R_{Z1} и R_{Z2} сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей (рисунок 4.10) принимаются в зависимости от принятых классов чистоты этих поверхностей [123-125].

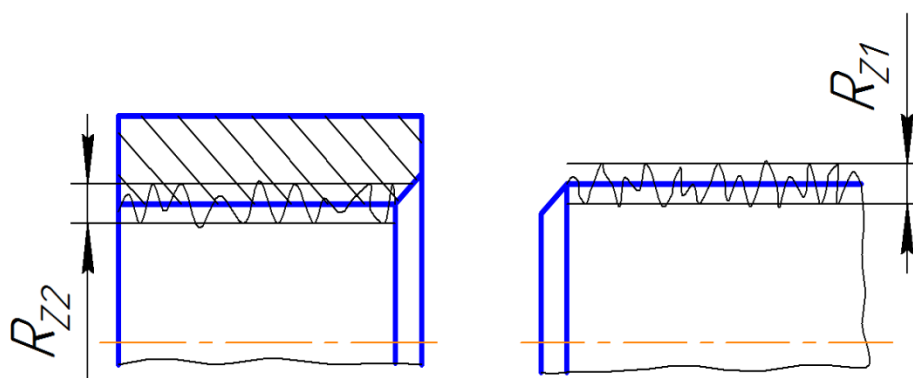


Рисунок 4.10 – Высоты неровностей R_{Z1} и R_{Z2} сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей

Пластические деформации на отдельных участках сопряжения, вызванные неравномерностью давления вследствие дискретности контакта, не оказывают существенного влияния на величину давления. Если пластические деформации существенны, расчеты на прочность ведут по уточненным зависимостям.

Рекомендуемый метод изготовления цилиндра (гильзы) заключается в разработке оптимального и экономически эффективного для производства технологического процесса. Ведь цилиндр является одной из наиболее трудоемких деталей гидравлического цилиндра, от качества которой во многом зависит надежность и долговечность всей механизированной крепи.

Технологический процесс на изготовление гильзы гидравлического цилиндра заключается в применении термической насадки обсадных колец (усилительных) и применении на финишной стадии отделочно-упрочняющего метода обработки внутренней поверхности (диаметра), а точнее метода ППД.

Данный отделочно-упрочняющий метод экономически целесообразен при изготовлении гильз гидравлических цилиндров, которым предъявляются очень жесткие технические требования по изготовлению. Метод ППД обеспечивает высокую степень чистоты поверхности и упрочнение поверхностного слоя

металла, таких как: твердость и прочность поверхностного слоя, предел текучести и предел усталости материала.

Обработка пластическим деформированием (ГОСТ 18296–72) значительно экономичнее резцовой обработки, что определяется следующими факторами:

- а) более высокой производительностью;
- б) возможностью использовать рабочих более низкой квалификации;
- в) невысокой стоимостью инструмента, изготовляемого из углеродистых и легированных сталей, не содержащих таких дорогих и дефицитных материалов, как вольфрам, титан и кобальт, содержащих в больших количествах в инструментальных материалах, применяемых при обработке режущим инструментом.

Высокая стойкость инструмента при обработке пластическим деформированием и стабильность состояния их рабочих поверхностей во времени (в отличие от режущих и абразивных инструментов, состояние рабочих поверхностей которых в процессе работы непрерывно изменяется) создают предпосылки для автоматизации методов обработки давлением.

Все эти достоинства позволяют считать отделку деталей машин методами пластического деформирования весьма перспективной [128–131].

Методы ППД включают в себя следующие виды обработки: раскатывание роликами и шариками; накатывание; обработка дробью; галтовка; обжатие; вдавливание. В нашем случае применяется метод раскатывания роликами.

При раскатывании ролики под давлением (усилием) обрабатывают поверхность металла, при этом сглаживая микронеровности и заполняя впадины микропрофиля. Усилие, необходимое для сглаживания шероховатостей исходной поверхности, зависит от свойств обрабатываемого металла, диаметра и длины заготовки и роликов, от чистоты поверхности после предварительной обработки.



Рисунок 4.11 – Станок глубокого сверления и растачивания – РТ293131Ф1

Раскатывание производилось на специальном станке глубокого сверления и растачивания – РТ293131Ф1 (рисунок 4.11) гладкими роликами диаметром 24,95 мм, длиной 29,75 мм. Оптимальными условиями раскатывания цилиндра оказались: давление – 222 кг/мм, подача – 0,6 мм/об, число оборотов цилиндра – 200 об/мин., время раскатывания 30–40 сек., припуск под раскатывание 0,06–0,08 мм, смазка – машинное масло.

При таком режиме глубина наклепа составляла 6–7 мм, а твердость поверхностного слоя металла повысилась до 40–45 единиц по Роквеллу. В результате раскатывания стойкость цилиндров повысилась в 2,5–5 раза.

Эффективность раскатывания роликами зависит от целого ряда факторов и от их сочетания; к этим факторам относятся:

- свойства обрабатываемого металла;
- состояние поверхности, подвергающейся раскатыванию (чистота, волнистость, микротвердость);
- конструкция, геометрия и способ установки ролика;
- схема раскатывания и конструкция роликового приспособления;
- режим раскатывания (давление, подача, скорость и охлаждение).

Сжимающие остаточных напряжений, возникающие в поверхностном слое деталей при упрочняющих обработках, позитивно влияют на эксплуатационные характеристики изделий [132–134].

Столь высокие технико-экономические показатели позволяют считать способ обработки раскатыванием роликами весьма перспективным и рекомендовать его для внедрения в практику работы самых различных отраслей машиностроения.

Краткое описание технологического процесса на изготовление гильзы гидроцилиндра будет выглядеть таким образом:

- Заготовительная операция
- Контрольная операция (контроль соответствия марки материала)
- Токарная операция (предварительная обработка)
- Токарная операция (предварительная обработка внутреннего диаметра гильзы с припуском под раскатку 0,03–0,06 мм)
- Слесарная операция (зачистка заусенцев после механической обработки)
- Термическая (термическая насадка обсадных колец на гильзу)
- Токарная операция (финишные размеры)
- Раскатка (упрочнение внутренней поверхности гильзы раскатыванием)
- Промывка детали
- Финишный контроль

Метод ППД относится не к размерной, а к отделочно-упрочняющей обработке без снятия припуска металла. Поэтому для достижения заданного качества поверхностного слоя и точных размеров детали, необходимо произвести предварительную обработки резанием [135].

Помимо качественных показателей, метод ППД является наиболее экономический дешевым методом обработки. На рисунке 4.12 представлена сравнительная стоимость различных методов обработки деталей.

Как показано на диаграмме при достижении более чистой шероховатости поверхности и увеличения точности изготовления стоимость обработки гораздо увеличивается. Минимальная стоимость соответствует обработке при раскатывании и растачивании. При этом достигаемая шероховатость при раскатывании сопоставима с шероховатостью как при суперфинишировании.

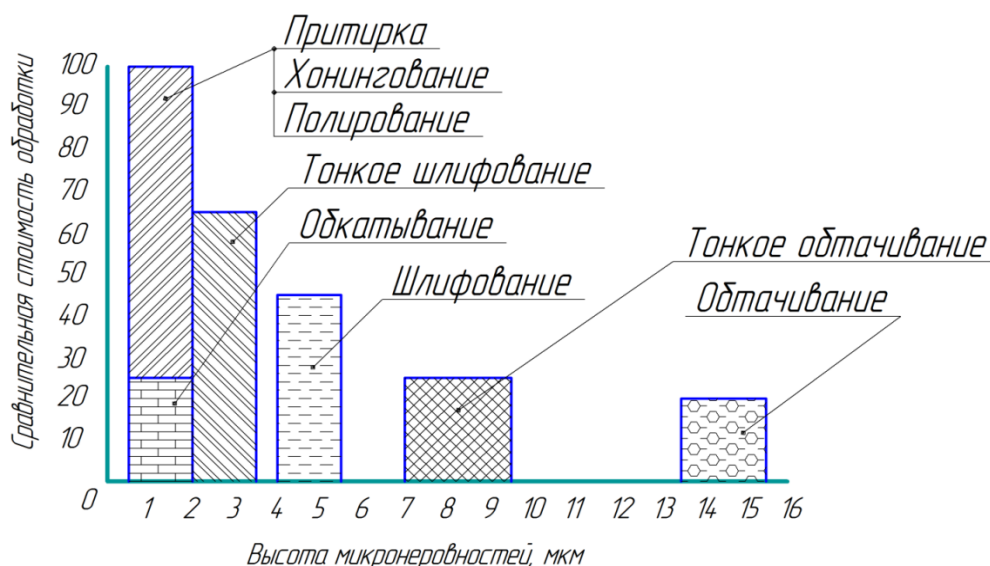


Рисунок 4.12 – Сравнительная стоимость различных методов чистовой обработки

Раскатывание внутренней поверхности цилиндра производилась на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь), на раскатном приспособлении, которая была разработана нами на базе машиностроительного завода имени С.М. Кирова (г. Алматы, Республика Казахстан). На рисунке 4.13 показана конструкция приспособления для раскатки.



Рисунок 4.13 – Приспособление для раскатки цилиндра

Данная роликовая раскатка позволяет получать поверхности правильной геометрической формы, исправлять отклонения, полученные при предварительной механической обработке.

Предложенный способ может быть эффективно использован для технологического управления качеством деталей гидравлического цилиндра с целью повышения качества (класса чистоты) и прочности обрабатываемой поверхности при окончательной отделочно-упрочняющей обработке.

Принцип работы раскатки базируется на применении пластических свойств металла и его способности под воздействием внешних сил обретать остаточную деформацию без разрушения. После раскатки поверхностный слой металла уплотняется, повышается его твердость и износостойкость.

Все неровности, которые образовались на поверхности металла от резца при предварительной механической обработке, сглаживаются до чистоты зеркальной поверхности. Чистота поверхности после раскатки от Ra 0,2 до Ra 0,8 (приложение И).

Из чего можно заключить, что для обеспечения высокой производительности и качества при низкой себестоимости, совмещенная обработка резанием и методом ППД является наиболее оптимальной [136–139].

4.3 Экспериментальные исследования технологии изготовления цилиндра привода механизированных крепей

При проведении эксперимента, обработка была акцентирована на обработке внутренней поверхности, на основе технологического процесса механической обработки детали гильзы гидравлического цилиндра, операция 055 – раскатывание внутренней поверхности ($\varnothing 160H7$) (рисунок 4.14).

Экспериментальные исследования проводились на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь).

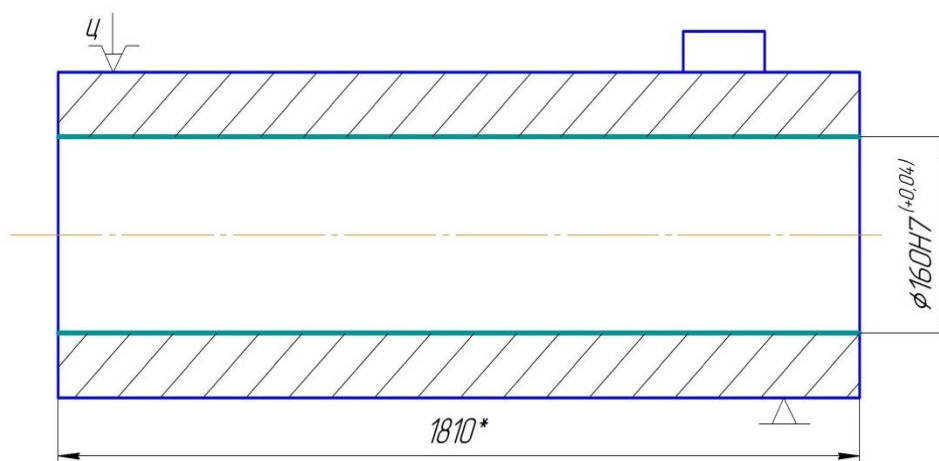


Рисунок 4.14 – Эскиз детали и схема установки при раскатывании внутренней поверхности

Исходные данные для эксперимента:

- вид обработки – внутреннее раскатывание;
- оборудование – станок глубокого сверления и растачивания;
- обрабатываемый инструмент – головка расточная комбинированная;
- режимы обработки – подача – 0,6 мм/об, давление – 222 кг/мм, число оборотов цилиндра – 200 об/мин., время раскатывания 30–40 сек., припуск под раскатывание 0,06–0,08 мм, смазка – машинное масло;
- материал обрабатываемой детали – сталь 30ХГСА;
- заготовка – труба 208x28 ГОСТ 8732–78/В30ХГСА ГОСТ 8731–87.

Была произведена обработка двух деталей гильзы гидравлического цилиндра, с последующим измерением шероховатости и твердости на внутренней обрабатываемой поверхности.

Обработка деталей (рисунок 4.15) производилась на станке глубокого сверления и растачивания – РТ293131Ф1 (год выпуска 1990).

Характеристики станка РТ293131Ф1:

- максимальная длина обрабатываемой детали – 4000 мм;
- максимальный диаметр обрабатываемой детали – 400 мм;
- минимальный диаметр обрабатываемой детали – 50 мм;
- максимальный диаметр обрабатываемых отверстий – 320 мм;
- высота центров – 400 мм.



Рисунок 4.15 – Обработка образцов на станке РТ293131Ф1

После обработки деталей на станке с одинаковыми режимами обработки были произведены измерения образцов с использованием профилометра Surftest SJ-210, с каждого образца снимали профилограмму с двух сторон, с начала и конца гильзы (приложение К).

Измерения шероховатости производились профилометром Surftest SJ-210, производитель фирма Mitutoyo (Япония) (рисунок 4.16).



Рисунок 4.16 – Профилометр Surftest SJ-210

Профилометр Surftest SJ-210 может работать как от сети переменного тока, так и от портативного источника постоянного тока (батареи). Отличительные особенности профилометра: не зависит от наличия электросети на месте измерений; анализ шероховатости в соответствии с международными стандартами (EN ISO, VDA, ANSI, JIS); отражаются результаты расчетов, оценка профилей, кривая распределения, амплитуд и относительная опорная кривая профиля; поддержка 21 языка [140].

Технические характеристики профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210:

Привод:

Диапазон измерения	16 мм 4,8 мм (S-тип)
Диапазон перемещения	17,5 мм 5,6 мм (S-тип)
Скорость измерения	0,25 мм/с; 0,5 мм/с; 0,75 мм/с

Датчик:

Метод измерения	Дифференциальная индуктивность
Диапазон измерений	360 мкм
Щуп	Алмазный наконечник
Радиус опоры	40 мм

Индикация:

Профили	Профиль шероховатости (R), R -Motif, DF-Профиль
Стандарты шероховатости	EN ISO, VDA, JIS, ANSI и пользовательские настройки

Цифровой фильтр	Фильтр Гаусса, 2CR75, PC75
Длина отсечки	λ c: 0,08 мм; 0,25 мм; 0,8 мм; 2,5 мм λ s: 2,5 мкм; 8 мкм
Допуск	Цветная индикация верхнего/ нижнего допусков
Интерфейс	USB, Digimatic, RS-232C, педальный переключатель

Также после обработки (раскатывания) деталей были произведены измерения твердости образцов с использованием твердомера портативного динамического «Константа ТД» производитель фирма ЗАО «КОНСТАНТА» (Россия) (рисунок 4.17), на каждом образце замеряли твердость с двух сторон, с начала и конца гильзы (приложение Л).



Рисунок 4.17 – Твердомер портативный динамический «Константа ТД»

Прибор предназначен для измерения твердости всех типов сталей, чугунов, цветных металлов.

В основу принципа работы прибора заложен динамический способ измерения твердости. Измерение сигналов и обработка результатов измерения производится встроенным микропроцессором с интегральным аналого-цифровым преобразователем. Отображение результатов осуществляется на жидкокристаллическом индикаторе.

Технические характеристики твердомера «Константа ТД»:

- шкалы твердости основные: HRC, HB, HV;
- шкалы твердости дополнительные: HRA, HRB, HRN15, HRN30, HSD и другие;
- число замеров для вычисления среднего значения по выбору пользователя в диапазоне от 1 до 99;
- количество ячеек памяти результатов измерения 999;
- прибор обеспечивает индикацию при понижении напряжения питания до 1,6 В;

- время одного измерения не более 2 секунд;
- диаметр шаровидного индикатора 3 мм;

Экспериментальное исследование прочности гидравлических стоек механизированных крепей показало, что предложенный способ может быть эффективно использован для технологического управления качеством деталей гидравлического цилиндра с целью повышения качества (класса чистоты) и прочности обрабатываемой поверхности при окончательной отделочно-упрочняющей обработки.

Принцип работы раскатки базируется на применении пластических свойств металла и его способности под воздействием внешних сил, обретать остаточную деформацию без разрушения. После раскатки поверхностный слой металла уплотняется, повышается его твердость и износостойкость.

Таким образом, совмещенная обработка резанием и методом ППД роликами позволяет решить вопрос обеспечения высокой производительности при заданном качестве и низкой себестоимости обработки.

Сочетание высокой степени чистоты поверхности с упрочнением поверхностного слоя металла обеспечивает хорошие эксплуатационные свойства деталей, обработанных пластическим деформированием: повышается твердость поверхностного слоя металла, шероховатость поверхности, прочность поверхностного слоя, предел текучести и, в особенности, предел усталости.

4.4 Расчет экономической эффективности внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра

Исходные данные:

1. Деталь: гильза гидравлического цилиндра 05.384.01.101
2. Годовая программа продукции: 200 шт. (для крепей КС-23/36).
3. Стоимость обработки одной детали по действующему технологическому процессу: 300000 тг (таблица 4.2).
4. Стоимость на годовую программу продукции по действующему технологическому процессу: 60000000 тг.
5. Стоимость обработки одной детали по разработанному технологическому процессу: 200000 тг (таблица 4.3).
6. Стоимость на годовую программу продукции по разработанному технологическому процессу: 40000000 тг.
7. Стоимость оснастки: 3000000 тг.
8. Стоимость оснастки на деталь: 15000 тг.

Калькуляция статей расхода по действующему технологическому процессу приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Калькуляция в тенге на изготовление детали: гильза гидравлического цилиндра для механизированной крепи КС-23/36 с применением действующего технологического процесса

№ п/п	Наименование статей калькуляции	Гильза гидравлического цилиндра 05.384.01.100 СБ
1	Сырье и материалы	19 208.29
2	Покупные	0.00
3	Транспортно-заготовительные расходы	1 350.78
4	Основная зарплата производственных рабочих	50 789.35
5	Премия	25 394.67
6	Дополнительная зарплата производственных рабочих	16 749.70
7	Отчисления на социальный налог и социальное страхование	9 185.39
8	Накладные расходы	133 727.27
9	Специальные расходы	13 237.65
10	Непредвиденные расходы (потери от брака)	513.30
11	Итого производственная себестоимость	270 156.10
12	Общедминистративные расходы	29 843.90
13	Полная себестоимость	300 000.00

Калькуляция затрат на изготовление по новой технологии представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Калькуляция в тенге на изготовление детали: гильза гидравлического цилиндра для механизированной крепи КС-23/36 с применением разработанного технологического процесса

№ п/п	Наименование статей калькуляции	Гильза гидравлического цилиндра 05.384.01.100 СБ
1	Сырье и материалы	16 805.11
2	Покупные	0.00
3	Транспортно-заготовительные расходы	1 350.78
4	Основная зарплата производственных рабочих	33 858.80
5	Премия	16 929.40
6	Дополнительная зарплата производственных рабочих	11 166.20
7	Отчисления на социальный налог и социальное страхование	6 123.40
8	Накладные расходы	84 699.22
9	Специальные расходы	8 824.90
10	Непредвиденные расходы (потери от брака)	342.19
11	Итого производственная себестоимость	180 100.00
12	Общедминистративные расходы	19 900.00
13	Полная себестоимость	200 000.00

Расчет экономической эффективности (прибыли) рассчитываем по следующей формуле [141]:

$$P = [S_{ст.} - (S_{нов.} + E \cdot K_d)] \cdot A \quad (4.4)$$

где

$S_{ст.}$ – стоимость по действующему технологическому процессу;

$S_{нов.}$ – стоимость по разработанному технологическому процессу;

$E=0,15$, коэффициент нормирования;

K_d – удельный капитальный ремонт (стоимость оснастки на деталь);

Коэффициент нормирования за семь лет равен: $E=1,05$;

A - годовая программа продукции;

Расчет: $P = [300000 - (200000 + 1,05 \cdot 15000)] \cdot 200 = 16850000$ тг.

Прибыль (экономии) за один год по изготовлению детали составил: 16850000 тенге.

Выводы по разделу 4

1. Повышение ресурса работы гидравлических цилиндров и снижение утечки рабочей жидкости при высоких давлениях обеспечивается созданием в материале корпуса сжимающих термических напряжений горячей насадкой обсадных колец, нагретых до температуры 250 °С;

2. Разработана конструкторская документация и технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с применением обсадных колец и отделочно–упрочняющего метода обработки внутренней поверхности;

3. По результатам диссертационных исследований, разработана новая конструкция гидравлического цилиндра, на которую получен инновационный патент РК «Силовой гидроцилиндр» №30469 бюл. №10 от 15.10.2015 г.

4. Ожидаемая экономическая эффективность внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра составит до 97400 белорусских рублей (16850000 тенге) в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткие выводы по результатам диссертационных исследований

Основные научные и практические выводы диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Установлена аналитическая зависимость контактного давления, возникающее в теле гидравлического цилиндра при термической посадке обсадных колец и образования регулируемого натяга, от их геометрических размеров и отношения длины посадочной поверхности к ее диаметру, причем шаг запрессованных обсадных колец и их ширина зависит от внутреннего давления гидравлической системы и находятся в пропорциях 1:2; 1:4; 1:8 и так далее к последнему.

2. Оценка напряженно-деформированного состояния гидравлического цилиндра с обсадными кольцами проведена с использованием программного комплекса Solid Works, установлено снижение напряжений в теле цилиндра в 1,5 раза.

3. Применение новой технологии изготовления гидравлического цилиндра с термической насадкой обсадными кольцами и последующей обработкой методом пластического деформирования увеличивает ресурс работы гидравлического цилиндра.

4. Повышение ресурса работы гидравлических цилиндров и снижение утечки рабочей жидкости при высоких давлениях обеспечивается созданием в материале корпуса сжимающих термических напряжений горячей насадкой обсадных колец, нагретых до температуры 250 °С.

5. Разработана конструкторская документация и технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с применением обсадных колец и отделочно–упрочняющего метода обработки внутренней поверхности.

6. Ожидаемая экономическая эффективность внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра составит до 97400 белорусских рублей (16850000 тенге) в год.

7. По результатам диссертационных исследований, разработана новая конструкция гидравлического цилиндра, на которую получен инновационный патент РК «Силовой гидроцилиндр» №30469 бюл. №10 от 15.10.2015 г. (приложение М).

8. Получены акты внедрения в производство на УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) и на АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) при изготовлении и проектировании гидравлических цилиндров.

Оценка полноты решений поставленных задач

В результате выполнения диссертационных исследований все поставленные задачи решены в полном объеме:

– выполнен анализ конструктивных особенностей гидравлических цилиндров, применяемых в горной промышленности;

- рассчитана НДС гидравлического цилиндра под действием обсадных колец, установлено их влияние;
- разработана компьютерную модель гидравлического цилиндра с учетом конструктивных параметров и определить его деформации для условий предварительно-напряженного состояния (обсадными кольцами);
- разработана конструкторская документация и технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с применением термической насадки обсадных колец и применением отделочно–упрочняющего метода обработки (ППД).

Рекомендации и исходные данные по конкретному использованию результатов

Данная технология изготовления гидравлических цилиндров прошла промышленное внедрение, что обуславливается полученными актами внедрения в производство:

- УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) при изготовлении гидравлических цилиндров для механизированных крепей;
- АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) при проектировании гидравлических изделий и разработке технологических процессов при изготовлении тонкостенных обечаек.

Также технология может быть внедрена в условиях действующего предприятия по изготовлению гидравлических цилиндров.

Результаты диссертационной работы были внедрены в учебный процесс КазНИТУ имени К.И. Сатпаева для подготовки обучающихся по специальности «Машиностроение».

Оценка технико-экономической эффективности внедрения

Полученные в диссертационной работе результаты могут принести существенный технико-экономической эффект при изготовлении гидравлических цилиндров по разработанному технологическому процессу изготовления. Выполненный технико-экономической расчет экономической эффективности внедрения технологического процесса на позициях изготовления гидравлического цилиндра для механизированных крепей на УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) показал возможность получения прибыли до 97400 белорусских рублей (16850000 тенге) в год.

Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области

Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области проведена на основании патентно-информационного поиска по теме «Изготовление гидравлических цилиндров». Выполненный в работе анализ научных и патентных источников, теоретические и практические разработки позволяют сделать вывод о соответствии работы современному научно-техническому уровню.

Большинство способов изготовления приводит к увеличению веса и металлоемкости гидравлических цилиндров. А также недостатком большинства

изобретении является большая утечка масла в поршневой полости при высоком давлении.

Технической задачей нашего изобретения является повышение надежности, устранение механических повреждений в виде остаточных деформаций, снижение металлоемкости и утечки масла в поршневой полости.

Указанная техническая задача достигается разработкой конструкции гидроцилиндра, снабженного обсадными энергетическими кольцами, создающими в материале корпуса сжимающие напряжения, расположенными на некотором расстоянии друг от друга по длине цилиндра и обеспечивающие минимальные перемещения корпуса цилиндра в поперечном направлении, позволяющей снизить металлоемкость гидроцилиндра, толщина стенки которого будет значительно отличаться от проектной. Развитие сжимающих напряжений в теле корпуса гидроцилиндра обеспечивается обсадными кольцами, установленными по горячей посадке.

Гильза гидравлического цилиндра изготавливается с припуском под раскатку. После использования термического способа сборки, в частности, с нагревом охватывающей и низкотемпературным охлаждением охватываемой деталей, производится раскатка внутренней поверхности в один – два прохода. Данный вид доводки основан на использовании пластических свойств металла и его способности под воздействием внешних сил, получать остаточную деформацию без разрушения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019 годы.
2. Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 – 2014 годы. – Алматы, 2010. – 144 с.
3. Жетесова Г.С., Муравьев О.П., Жаркевич О.М. Влияние остаточных напряжений обработки на прочность элементов механизированных крепей. // Научно-технический сборник «Новости науки Казахстана», Изд-во НЦ НТИ, 2008. – С. 82 – 87.
4. Жетесова Г.С. Анализ разрушений и деформаций элементов конструкций механизированных крепей. // Тр. КарГТУ, 2002. – С. 9 – 11.
5. Пивень Г.Г., Жетесова Г.С. Влияние износа деталей в соединениях гидростоек на ресурс времени работы секций механизированных крепей. // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ. – С. 42 – 44.
6. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М., Жунусова А.Ш., Плешакова Е.А., Теленкова Е.А. Расчет прочности параметров гидростоек механизированных крепей. // Фундаментальные исследования, №6, 2012. – С. 423 – 428.
7. Жаркевич О.М. Оценка усталостной прочности цилиндров гидростоек механизированных крепей. // Вестник КазНТУ, 2011. – 7 с.
8. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М., Бузауова Т.М., Плешакова Е.А. Повреждение гидростоек механизированных крепей и способы их устранения. // Вестник КазНТУ, №1 (95), Алматы, 2013. – С. 84 – 89.
9. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М. Определение технико-экономических показателей механизированной крепи «Глиник». // Труды университета. Выпуск №3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2005. – С. 33 – 35.
10. Жетесов С.С., Жетесова Г.С. Исследование трудоемкости восстановления элементов секций механизированных крепей при их эксплуатации. // Труды международного экономического конгресса «Актуальные проблемы экономики и финансов Республики Казахстан». – Караганда: «Тэффи», 2003. – С. 251 – 252.
11. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М. Анализ способов восстановления втулок гидростоек механизированных крепей. // Materialy IV miedzynarodowej naukowe-praktycznej konferencji «Naukowy potencjal smiata – 2008», Prezemysl: Nauka i studia, 2008. – С. 8 – 10.
12. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М. Выбор рационального способа восстановления элементов гидростоек механизированных крепей. // Materialy V mezinarodoni vedeko-praktika conference «Veda a technologie – Krok do Budoucnosti – 2009», Praha: Publishing House «Education and Science», 2009. – С. 24 – 27.
13. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М., Куликов В.Ю. Способы восстановления гидростоек механизированных крепей. // Материалы 11 международной конференции «Ресурсосберегающие технологии ремонта,

восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня». – Санкт-Петербург: Изд-во РУДН, 2009. – С. 425 – 429. (86-96)

14. Балабышко А.М. Гидропривод механизированных крепей: учебное пособие/ А.М. Балабышко, К.М. Первов, В.П. Ружицкий. – Москва: Московский государственный горный университет, 2002. – 137 с.

15. Гидравлика и гидропневмопривод. Гидравлические машины и гидропневмопривод: учебник / Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 446 с.

16. Subramanya K. Hydraulic Machines. – New Delhi: Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2013. – 599 p.

17. Rajput R.K. A Textbook of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines. – New Delhi: S. Chand & Company, 2016. – 1588 p.

18. Сафохин М. С. Горные машины и оборудование: учеб. для вузов / М. С. Сафохин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – М.: Недра, 1995. – 463 с.

19. Стратегия "Казахстан-2050": новый политический курс состоявшегося государства. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана.

20. Промышленный каталог статей ТОО «Метизно-фланцевый завод» // <https://www.12821-80.ru/articles/a3608>

21. Никитин О.Ф. Гидравлика и гидропневмопривод. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 414 с.

22. Набатников Ю.Ф., Белянкина О.В. Определение параметров контактного взаимодействия рабочих поверхностей гидростойки механизированной крепи// Горное оборудование и электромеханика, №10, 2008. – С. 43 – 46.

23. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.

24. Леонов А.Е. Насосы гидравлических систем станков и машин. – Киев: Машгиз, 1960. – 229 с.

25. Решетников В. Ф. Гидравлика, гидропривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования. – КГТУ, 1993 – 44 с.

26. Каталог фирмы Завод гидравлического оборудования «Гидроласт» <http://www.gidrolast.ru/stati-po-gidravlicheskim-i-pnevmaticheskim-privodam/primenenie-gidravlicheskogo-i-pnevmaticheskogo-privoda/primenenie-gidravlicheskih-privodov-v-promy-shlenny-h-robotah/>

27. Васечкин, Ю.С. Гидравлические приводы летательных аппаратов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.Г. Оболенский, Ю.С. Васечкин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 44 с.

28. Интернет-ресурс – Гидравлическая система самолета // <http://avia.pro/blog/gidravlicheskaya-sistema-samoleta>

29. Вакина В.В., Денисенко И.Д., Столяров А.Л. Машиностроительная гидравлика. – К.:Вища шк., 1986. – 208 с.

30. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.
31. Кондаков Л.А., Никитин Г.А., Прокофьев В.Н., Скрицкий В.Я., Сосонкин В.Л. Машиностроительный гидропривод. – М.: Машиностроение, 1978. – 495 с.
32. Каталог фирмы АО «Михневский РМЗ» // <http://www.mrmz.ru/article/v66/article1.htm>
33. Гидравлические машины и средства гидропневмоавтоматики // <http://h-mash.ru/gidroprivod-zenitnyih-artilleriyskih-ustanovok>
34. Иванов М.Н., Комаров М.С. Детали машин и подъемно-транспортные машины. – Львов: Издательство Львовского университета, 1960. – 588 с.
35. Зайков В.И., Берляковский Г.П. Эксплуатация горных машин и оборудования. – М.: Издательство Московского горного университета, 2006. – 257 с.
36. Ковалевский В.Ф., Железняков Н.Т., Бейлин Ю.Е. Справочник по гидроприводам горных машин. – М.: Недра, 1973. – 504 с.
37. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
38. Свешников В.К. Развитие гидроприводов: итоги 2011 г. // Деловой электронный журнал «Neftegaz.Ru», 2012 // <http://neftegaz.ru/analysis/view/7771-Razvitie-gidroprivodov-itogi-2011-g>
39. Марутов В.А., Погорелый А.Н. Эксплуатация и ремонт гидроприводов горнорудных машин. – М.: Недра, 1976. – 192 с.
40. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1966. – 170 с.
41. ГОСТ 17752-81. Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения. – М.: Госстандарт Россия: Издательство стандартов: 1988. – 72 с.
42. Хорин В.Н. Объемный гидропривод забойного оборудования. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Недра, 1980. – 415 с.
43. Набатников Ю. Ф. Повышение точности изготовления силовых гидроцилиндров механизированных крепей путем совершенствования технологического процесса сборки. Автореферат. – М.: 2012. – 37 с.
44. Захаров Ю. А., Булатов Р. Р. Восстановление рабочей поверхности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей // Молодой ученый, №5, 2015. – С. 145–148.
45. Мышляев Б.К., Титов И.В. Техничко-экономический анализ современных механизированных крепей. // Горное оборудование и электромеханика, №12, 2008. – С. 6 – 10.
46. Соболев Н.И., Титуин Б.А. Пластинирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 1987. – С. 141-144.
47. Инновационный патент №30469 РК. Силовой гидроцилиндр // Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Аймұханбет Б.А., Ахметбеков О.С.; опубл. 15.10.2015, Бюл. №10. – 3 с.

48. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1982. – 350 с.
49. Кузнецов С.Т. Эксплуатация механизированных крепей. – М.: Недра, 1976. – 188 с.
50. Аймуханбет Б.А., Поветкин В.В. Расчет гидравлических цилиндров механизированных крепей на прочность. – Алматы: Вестник КазНТУ, 2014. – С. 109–113.
51. Жетесов С.С., Нургожин М.Р., Жетесова Г.С. Развитие теории расчета механизированных крепей. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2003. – 160 с.
52. Альтшуль А.Д., Калицун В.И., Майрановский Ф.Г., Пальгунов П.П. Примеры расчетов по гидравлике. – М.: Стройиздат, 1977. – 255 с.
53. Балабышко А.М., Ружицкий В.П., Первов К.М. Гидропривод механизированных крепей. – М.: Горная книга, 2002. – 138 с.
54. Коган Б.И., Егоров А.В. Гидроцилиндры горных машин. Технологии восстановления. // Технология машиностроения. – С. 73 – 79.
55. Орлов А.А., Баранов С.Г., Мышляев Б.К. Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных забоях. – М.: Недра, 1993. – 284 с.
56. Хорин В.Н., Мамонтов С.В., Каштанова В.Я. Гидравлические системы механизированных крепей. – М.: Недра, 1971. – 288 с.
57. Гудилин Н.С., Кривенко Е.М., Маховиков Б.С., Пастоев И.Л. Гидравлика и гидропривод: учебное пособие для вузов / Под общей ред. Пастоева И.Л. – М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2007 – 519 с.
58. Жетесова Г.С. Анализ работоспособности гидростоек механизированных крепей. // Труды университета. Выпуск №1. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2001. – С. 37 – 38.
59. Дубоделова О.С. Повышение эксплуатационных свойств деталей машин с использованием отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластическим деформированием // Тезисы докладов на XIII Всеукраинской студенческой научно-технической конференции по технологии машиностроения в г. Краматорске. – Донецк: ДонНТУ, 2006.
60. Суслов А.Г., Браун Э.Д., Виткевич Н.А. и др. Качество машин. Справочник в 2-х т.Т.1. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
61. Суслов А.Г., Гуляев Ю.В., Дальский А.М. и др. Качество машин. Справочник в 2-х т.Т.2. – М.: Машиностроение, 1995. – 430 с.
62. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. 8-е изд., переработка и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
63. Пустовой А.А., Ивченко Т.Г. Исследование возможностей методов механообработки в обеспечении эксплуатационных свойств деталей машин. // Наука и студент в 21 веке. Студенческая научно-технической конференции по технологии машиностроения в г. Краматорске. – Донецк: ДонНТУ, 2008.
64. Дубоделова О.С., Рудина И.А., Ивченко Т.Г. Повышение эксплуатационных свойств деталей машин за счет выбора рациональных

методов обработки. ИНЖЕНЕР: студенческий научно-технический журнал / Донецк: ДонНТУ, 2005, № 6. - С.135-139.

65. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. - М.: Машиностроение, 2000. - 320с.

66. Пустовой А.А., Ивченко Т.Г. Закономерности формирования технологических остаточных напряжений и их влияние на износостойкость деталей машин. // МАШИНОСТРОЕНИЕ: Региональная научно-техническая конференция. – Донецк: ДонНТУ, 2008.

67. Пономаренко Ю.Ф., Баландин А.А. Инженерная методика проектного расчета параметров гидросистемы механизированных крепей. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. – 22 с.

68. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей / Ю.Ф. Пономаренко, А.А. Баландин, И.Т. Богатырев и др. // Под общ. ред. Ю.Ф. Пономаренко. – М.: Машиностроение, 1961. – 327 с.

69. Тесленко А.И. Основы гидравлических расчетов механизированных крепей. – М.: Недра, 1974. – 216 с.

70. РД 42.027-84 Крепи механизированные. Расчет устойчивости. – М.: Гипроуглемаш, 1964. – 56 с.

71. Бурков П.В., Буркова С.П. Компьютерное моделирование технологий в нефтегазовом деле: учебное пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 143 с.

72. Мисько В.Д. Обоснование и выбор параметров гидростойки повышенной несущей способности для механизированных крепей. Автореферат. – М.: 2004. – 18 с.

73. Буялич Г.Д., Воеводин В.В., Буялич К.Г. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, – С. 203 – 206.

74. Буялич Г.Д. Конечные элементы для исследования горных машин: Учебное пособие. / Г.Д. Буялич, В.В. Воеводин // Государственное учреждение КузГТУ. – Кемерово, 2002 – 50 с.

75. Воеводин В.В. Оценка параметров гидростоек механизированных крепей методом конечных элементов. Автореферат. – Кемерово, 2005. – 19 с.

76. Воеводин В. В. К вопросу определения упругой устойчивости силовых гидроцилиндров методом конечных элементов// Вестник КузГТУ, №6.1, 2004. – С. 22–23.

77. Островский М.С., Набатников Ю.Ф., Белянкина О.В. Обоснование конструктивных параметров гидростойки механизированной крепи с учетом контактного взаимодействия поверхностей// Трение и смазка в машинах и механизмах, №10, 2009. – С. 32 – 34.

78. Набатникова Т.Ю., Набатников Ю.Ф. Влияние деформации цилиндра от давления рабочей жидкости на положение плунжера в заделке гидростойки. // Горный информационно-аналитический бюллетень, №2, 2003. – С. 225 – 230.

79. ОСТ 12.44.245 – 83. Крепи механизированные. Стойки и домкраты. Расчет на прочность. Методика проверочного расчета на статическую прочность и устойчивость. – М.: Гипроуглемаш, 1984. – 76 с.
80. Алямовский А.А. Solid Works/COSMOS Works. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
81. Белянкина О.В. Оценка напряженного состояния стойки методом конечных элементов// Неделя горняка – 2008, №19 семинар. – С. 218 – 224.
82. Справочник машиностроителя: В 6 т. Т.3 / Под ред. Серенсена С.В. – Москва: Машгиз, 1956. – 566 с.
83. Докукин А.В., Коровкин Ю.А., Яковлев Н.И. Механизированные крепы и их развитие. – М.: Недра, 1984. – 288 с.
84. Балабышко А.М., Мисько Д.В. Гидравлические стойки повышенной несущей способности. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003, №7. – С. 161 – 162.
85. Мисько Д.В. Гидравлические стойки повышенной несущей способности плунжерного типа для механизированных крепей. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003, №7. – С. 155 – 156.
86. Мамонтов С.В., Караваев Б.А., Каштанова В.Я. Вопросы совершенствования элементов гидропривода механизированных крепей. – М.: Наука, 1966. – 123 с.
87. Розенбаум М.А., Баранов С.Г., Логинов М.А. Обобщенные схемы взаимодействия механизированной крепи с кровлей. // Записки горного института, 2012. – С. 108 – 113.
88. Бежелукова Е.Ф. Расчет и выбор посадок с натягом из системы ИСО. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1975. – 172 с.
89. Справочник технолога машиностроителя: В 2-х т. Т.1/ Под ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
90. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 2001. – 591 с.
91. Аскарлов Е.С. Технология машиностроения. – Алматы: Экономика, 2015. – 312 с.
92. Оборский И.Л. Технологические основы сборки соединений с натягом термическими способами с использованием регулярного микрорельефа в зоне контакта.//Modulowe Technologie I Konstrukcje w Budowie Maszyn – МТК 09. – Regietow, 2009. – С. 229 – 234.
93. Оборский И.Л., Андреев А.Г., Щепкин А.В., Арпентьев Б.М. Исследование технологических параметров сборки соединений с натягом, осуществляемых с термовоздействием. // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Динамика и мощность машин №36, 2008. – С. 147 – 153.
94. Бауман Н.Я., Яковлев М.И., Свечков И.Н. Технология производства паровых и газовых турбин. – М.: «Машиностроение», 1973. – 464 с.
95. Научные основы автоматизации сборки машин. // Под ред. М. П. Новикова. – М.: Машиностроение, 1976. – 472 с.

96. Технология сборки в машиностроении. Т. III-5// Гусев А.А., Павлов В.В., Андреев А.Г. и др./ Под общ. ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Машиностроение, 2001. – 640 с.
97. Справочник технолога машиностроителя: В 2-х т. Т. 2 / Под ред. Дальского А.М., Сулова А.Г., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 944 с.
98. Справочник машиностроителя: В 6 т. Т.5 / Под ред. Сатель С.В. – Москва: Машгиз, 1955. – 799 с.
99. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
100. Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Варламова Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 112 с.
101. Анухин В.И. Допуски и посадки. 3-е издание. – Санкт-Петербург: Питер Принт, 2004. – 208 с.
102. Патент №2147518. РФ. Способ изготовления гильзы гидроцилиндра. / Сальников В.Г., Ватулин Я.С.; опубл. 1998.
103. Lawrence F. Yuda, United States Patent, №5245911, Cylinder assembly and method. September 21, 1993.
104. Carl H. Owens, United States Patent, №5487326, Hydraulic cylinder with end closure assembly. January 21, 1996.
105. Jeffrey R. King, United States Patent, №6112640, Cylinder. September 5, 2000.
106. Gary L. Miller, United States Patent, №6439103, Hydraulic and pneumatic cylinder construction. August 27, 2002.
107. Pitta Fanaletti Franco, Italy, №EP 1772632A2, Cylinder for pressurised fluids. 2006.
108. Патент №2037680. РФ. Силовой гидроцилиндр / Лебедев А.В.; опубл. 19.06.1995, Бюл. №24.
109. Патент №2211967. РФ. Комбинированный гидроцилиндр двухстороннего действия / Богданов А.С.; опубл. 10.09.2003.
110. Патент №2161253. РФ. Силовой гидроцилиндр / Палевин Ю.В.; опубл. 2000.
111. Патент №2422685. РФ. Гидроцилиндр / Новоселов Б.В., Лукьянов Л.Е.; опубл. 2011.
112. Патент №2195587. РФ. Гидроцилиндр с двухсторонним штоком / Кулаковский В.Н., Базлов В.Н.; опубл. 2002.
113. ISO hydraulic cylinders // Hydraul. and Pneum. (USA), 1999, №9, p. 19.
114. Патент 109787 ПНР. Гидравлическая стойка для шахтной крепи. Опубл. 30.04.81.
115. Патент 2300894 Франция. Dispositif pour la protection des etancons assurant le serrage au toit d'un soutènement marchant de mines. / Benes Marrel. Public B.O.P.I. - "Listes" n.37 du 10- 9- 1976.

116. Патент 78238 ПНР. Hydrauliczny stojak kopalnianny / Zaklady Konstrukcyjno.
117. Segal V.M. Metal processing by severe plastic deformation. Russian Metallurgy (Metally), №5, 2006. – 474 – 483 pp.
118. Блюменштейн В. Ю. Исследование параметров качества поверхностного слоя деталей машин при обработке методами пластического деформирования. Методические указания. – Кемерово, 2009. – С. 3 – 6.
119. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностно-пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
120. Мастеров В.А., Берковский В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. – М.: Металлургия, 1976. – 352 с.
121. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка поверхностным пластическим деформированием. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
122. Гречищев Е.С., Ильяшенко А.А. Соединения с натягом: Расчеты, проектирование, изготовление. – Москва: Машиностроение, 1981. – 247 с.
123. Гузенков П.Г. Краткий справочник к расчетам деталей машин. – Москва: Высшая школа, 1964. – 325 с.
124. Зенкин А.С., Арпентьев Б.М. Сборка неподвижных соединений термическими методами. – Москва: Машиностроение, 1987. – 128 с.
125. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
126. Аймуханбет Б.А., Поветкин В.В. Расчет гидравлических цилиндров механизированных крепей на прочность. // Материалы III Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» Том 3, – North Charleston, USA, 2014. – С. 169 – 175.
127. Хорин В.Н. Расчет и конструкция механизированных крепей. – М.: Недра, 1988. – 25 с.
128. Алексеев П. Г. Технология упрочнения деталей машин поверхностной пластической деформацией. Учебное пособие. Тульский политехнический институт, – Тула, 1978. – 80 с.
129. Браславский В. М. Технология обкатки крупных деталей роликами. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1975. – 159 с.
130. ГОСТ 18296–72. Обработка поверхностным пластическим деформированием: Термины и определения. Москва, 1972. – 13 с.
131. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – Москва: Машиностроение, 2002. – 299 с.
132. Kyoungsoo Lee, Maanwon Kim, Sungho Lee. Three-dimensional finite element analysis for estimation of the weld residual stress in the dissimilar butt weld piping. // Journal of Mechanical Science and Technology, 2012, 57 – 62 p.
133. Burnley P.C., Getting I.C. Creating a high temperature environment at high pressure in a gas piston cylinder apparatus. // Review of Scientific Instruments, 2012, 1-9 p.
134. Аймуханбет Б.А., Поветкин В.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя при упрочнении

поверхностей методом поверхностного пластического деформирования // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», Казахстанско-Британский Технический университет, – Алматы, 2013. – С. 259 – 262.

135. Отений Я.Н., Смольников Н.Я., Ольштынский Н.В. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: Монография / ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 136 с.

136. Отений Я.Н. Обоснование оптимальной формы деформирующих роликов при обработке методом поверхностно-пластическим деформированием. // Сборник материалов «Современные технологии в машиностроении», Часть II, – Пенза, 2000. – С. 5 – 8.

137. Смольников Н.Я. Исследования контактной зоны на экспериментальном стенде при поверхностном пластическом деформировании роликом. // Прогрессивные технологии в обучении и производстве: Материалы Всероссийской конференции, Камышинский технологический институт (филиал), – ВолгГТУ, Камышин, 2002. – 35 с.

138. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением. Справочник. – Санкт-Петербург: Политехник, 1998. – 414 с.

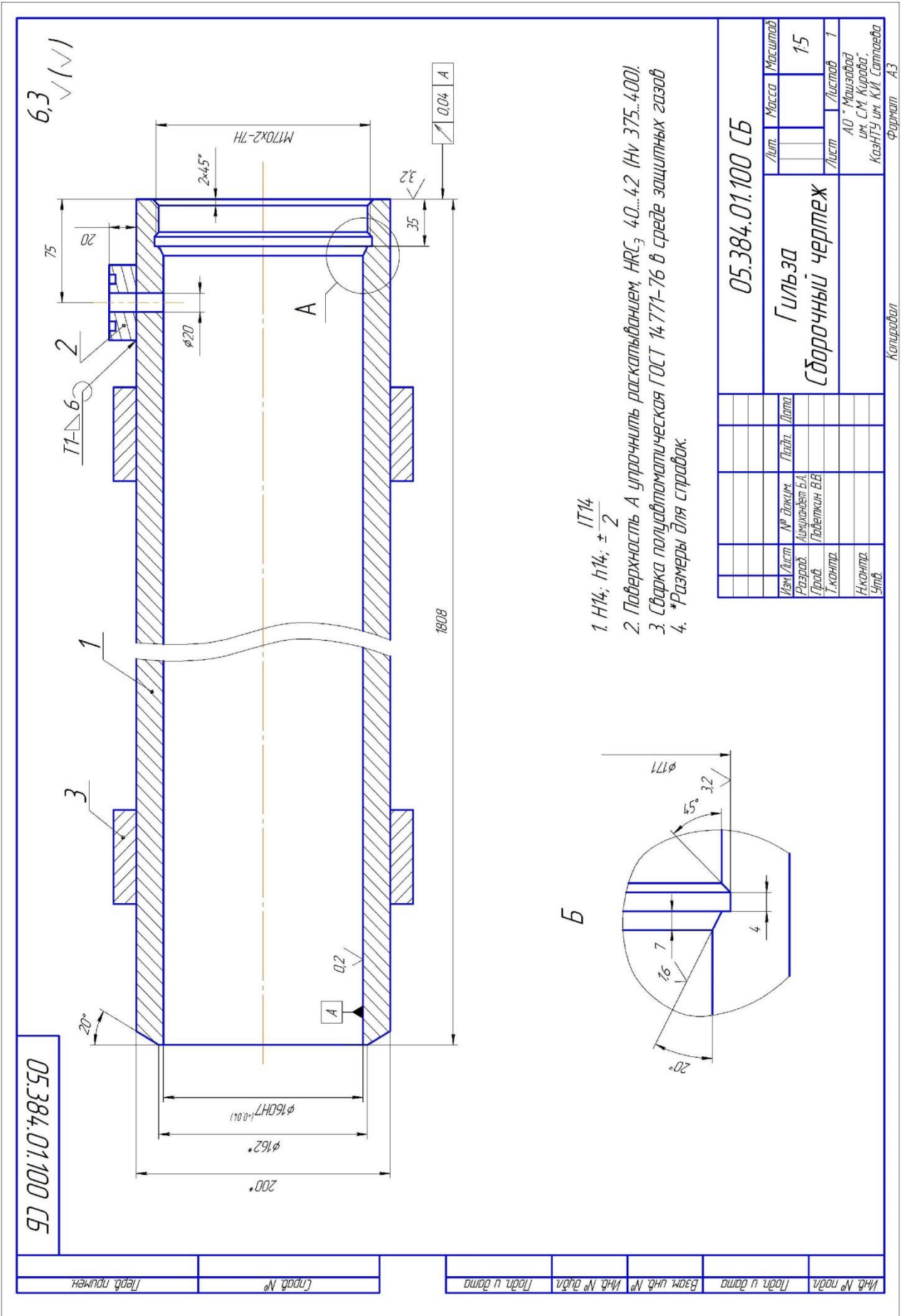
139. Аймуханбет Б.А. Чистовая обработка металлов пластическим деформированием. // Труды I международной научно-технической конференции «Новое в станкостроении, в материаловедении и автоматизированном проектировании машиностроительного производства». – Алматы, 2010. – С. 39 – 45.

140. Каталог оборудования ООО «ГЕО-НДТ» // <https://www.geo-ndt.ru/pribor-562-profilometr-surfest-sj-210-seriya-178.htm>

141. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 208 с.

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
							Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
				Документация									
A3			05.384.01.000 СБ	Сборочный чертёж									
				Сборочные единицы									
A3	1		05.384.01.100	Гильза	1								
				Детали									
A3	3		05.384.01.001	Проушина корпуса	1								
A3	4		05.384.01.002	Плита	1								
A3	5		05.384.01.003	Бобышка поршневая	1								
A4	6		05.384.01.004	Трубка	1								
A3	7		05.384.01.005	Бобышка	1								
				05.384.01.000									
				Корпус									
				Копировал									

АО "Машзавод
 им. С.М. Кирова",
 КазНТУ им. К.И. Сатпаева
 Формат А4



1. Н14; h14; ± 2
IT14

2. Поверхность А упрочнить раскатыванием НРС₃ 40...42 (Нв 375...400);
3. Сварка полуавтоматическая ГОСТ 14-771-76 в среде защитных газов
4. *Размеры для справок.

Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	05.384.01.100 СБ	
Разраб.	Проаб.	Т. контро.	Н. контро.	Утв.	Масса	Масштаб	Гильза
						1:5	Сборочный чертёж
					Лист	Листов	1
					АО "Машиностроительный завод им. С.М. Кирова" КазНТУ им. К.И. Сатпаева		
					Формат А3		

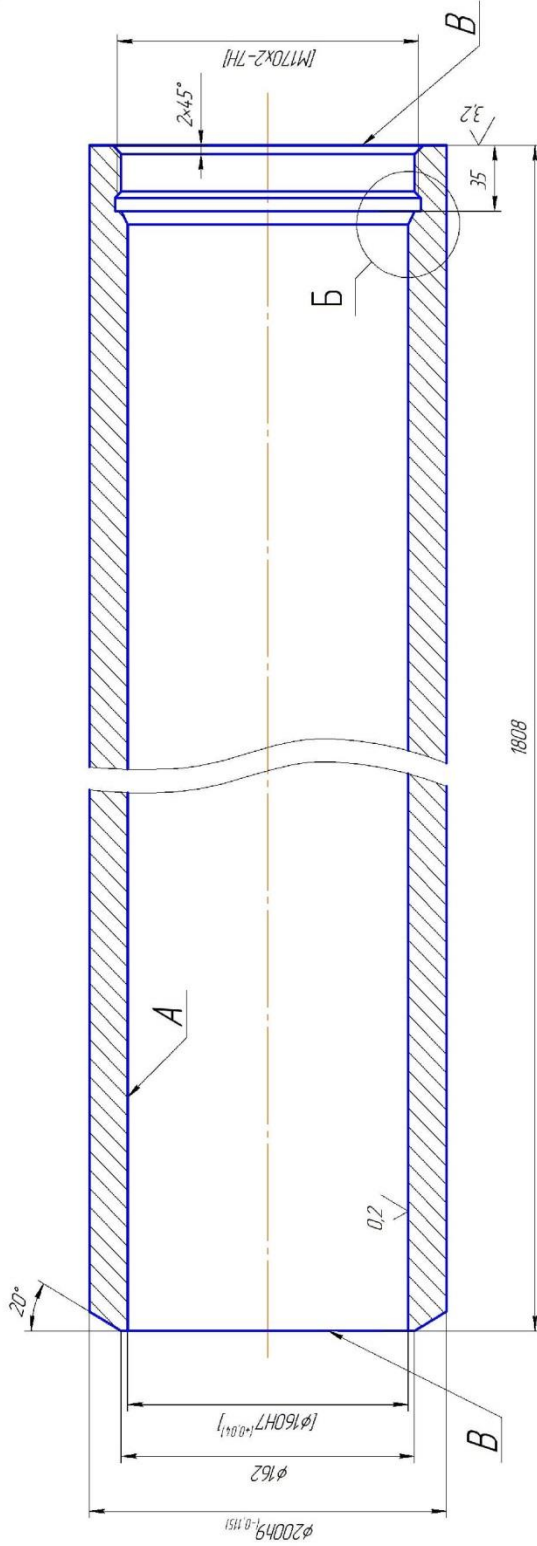
05.384.01.100 СБ

6.3

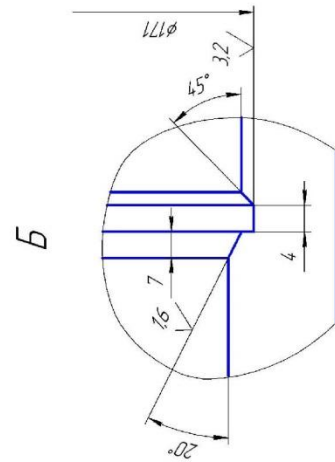
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № дубл.	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Спроб. №	Треб. пункт.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	--------------

05.384.01.101

Лист 1 из 1



1. H14; h14; ± 2
2. Поверхность А упрочнить раскатыванием, HRC₃ 4.0...4.2 (HB 375...400) в сборе по 05.384.01.100 СБ.
3. Допуск торцевого диаметра поверхности А 0,04мм.
4. Обработку по размерам в квадратных скобках производить в сборе по 05.384.01.100 СБ.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	05.384.01.101	Гильза	Масса	15
Разработ.	А.И.Курбанов	Б.А.						
Проект.	Подвезкин	В.В.						
Т.контр.								
Н.контр.								
Умб.					Лист	Листов	1	
Труба 208x28 ГОСТ 8732-78					АО "Машинобуд им. С.М. Кирова" КазНТУ им. К.И. Сатпаева			
					Формат А3			

05.384.01.102

6,3
√(√)

Перв. примен.

Справ. №

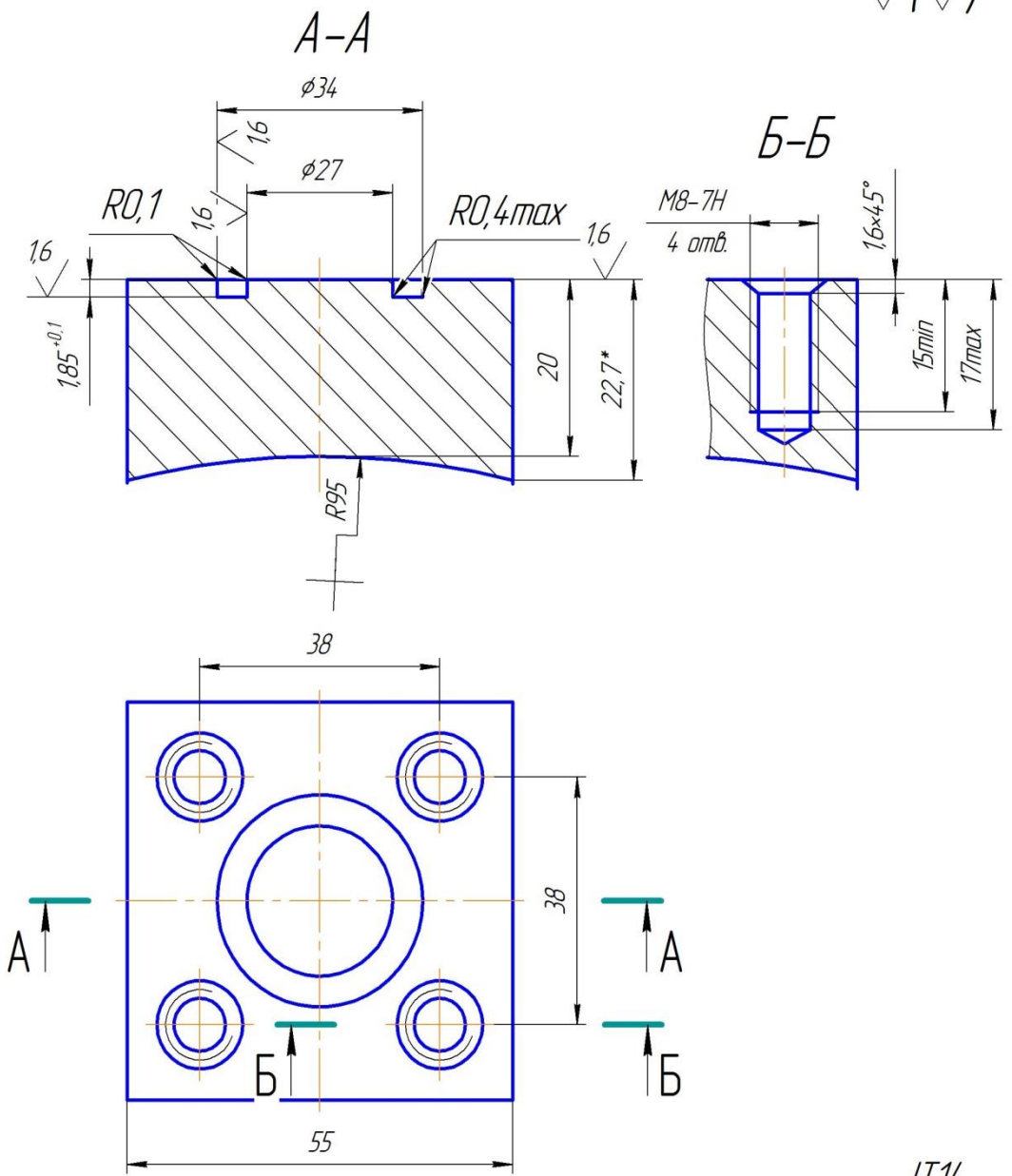
Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Аймуханбет Б.А.		
Пров.		Побеткин В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

05.384.01.102		
Бобышка штоковая		
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1
Сталь 35 ГОСТ 1050-88		
АО "Машзавод им. С.М. Кирова", КазНТУ им. К.И. Сатпаева		

Копировал

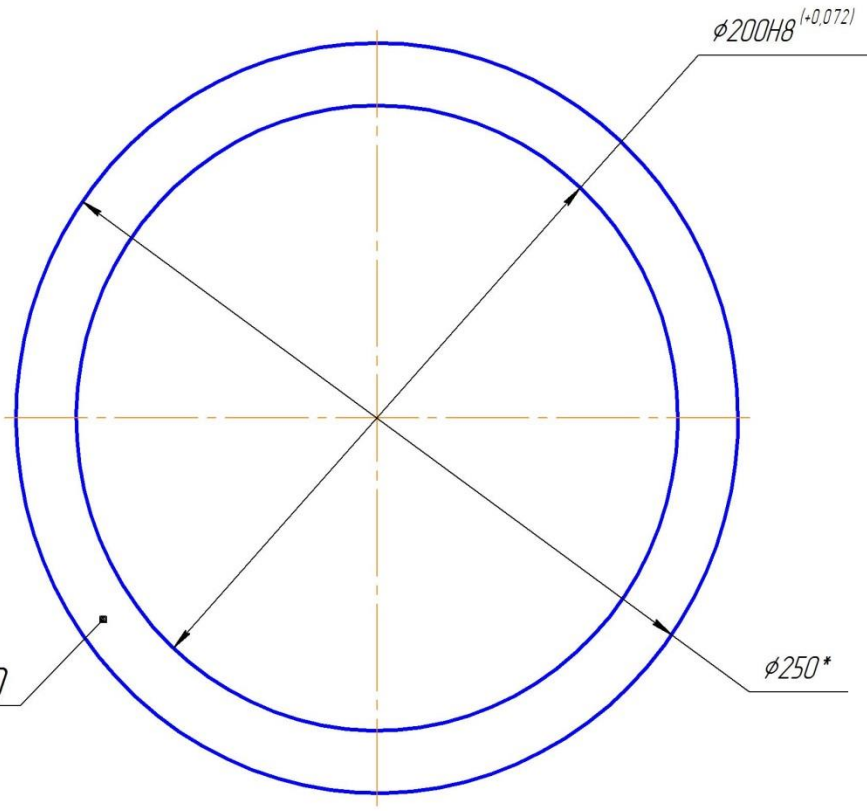
Формат А4

05.384.01.103

6,3
√(√)

Перв. примен.

Справ. №



1. H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.
2. *Размер для справок.

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Аимухандет Б.А.		
Пров.		Паветкин В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

05.384.01.103

Усилительное
кольцо

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

АО "Машзавод
им. С.М. Кирова",
КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Механо-сборочный технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра

ГОСТ 1118-82 Форма 1	
Дирл.	
Взам.	
Подл.	
05.384.01.100 СБ	
Гильза	
Согласовано:	Утверждено
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ	
на технологический процесс	
обработки резанием	
Согласовано:	
Цех №	
БТК цеха №	
Цех №	
Цех №	
Акт №	от
Количество листов:	

Зам. гл. технолога
Начальник бюро
Технолог Александр Б.А.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

Утверждено

Согласовано:

на технологический процесс

обработки резанием

Согласовано:

Цех №
БТК цеха №
Цех №
Цех №

Акт № от

Количество листов:

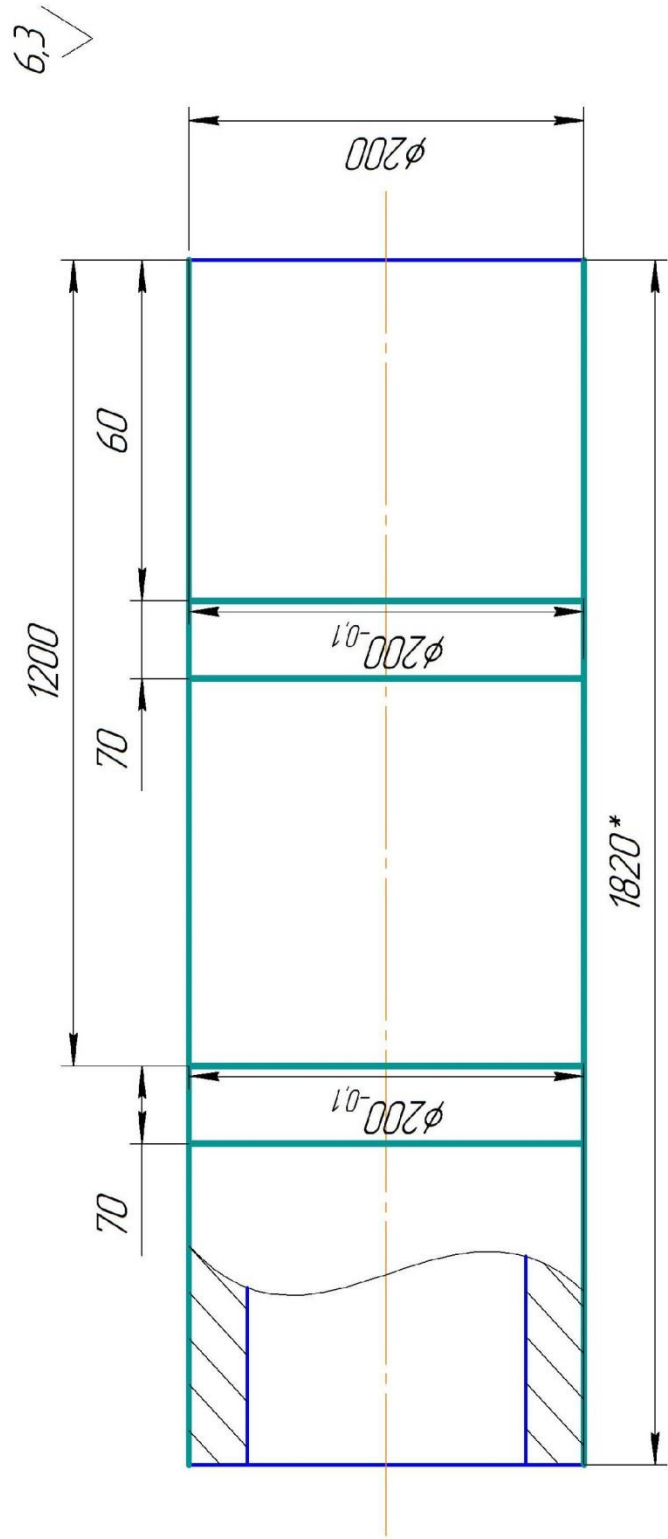
Детл.	Взам.	Подл.	ИОТ №123										1	1
			Комплектовочная											
Разраб.			Аимухондет Б.А.						05.384.01.100 СБ					
Проведил			Побеткин В.В.						Гильза					
Н. контр.														
М 01														
М 02			Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код	Код
			Уч	РМ	Опер	Цех	Уч	РМ	Опер	Цех	Уч	РМ	Опер	Цех
			Код, наименование операции			Код, наименование оборудования			Обозначение документа					
А														
Б			005			Комплектовочная			СМ					
А 03						Верстак								
Б 04						Комплектовать под сборку детали:								
05						1. 05.384.01.101 - 1 шт.								
06						2. 05.384.01.102 - 1 шт.								
07						3. 05.384.01.103 - 3 шт.								
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
МК			Маршрутная карта											

Цепл.									
Взам.									
Подл.									
ИОТ №130									1
Разраб.	Аимихандет Б.А.				05.384.01.100 СБ				
Проверил	Побежкин В.В.				Гильза				010
И. контр.									МР
Наименование операций									
Контроль									
Наименование одобрения				То	Тв			обозначение ИОТ	
Стол БТК								ИОТ №130	
P	Контролируемые параметры		Код средств ТО		Наименование средств ТО				
01	1. Проверить по сопроводительной документации								
02	соответствие марки материала,								
03	обозначение чертежа, размеры деталей, клеймо ОТК.								
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
OK									

Цикл.	Взам.	Подл.	Пескоструйная										1	1				
ИОТ №1,3,14			05.384.01.100 СБ										Гильза					
Разраб.			Амихандет Б.А.															
Проверил			Павелкин В.В.															
Н. контр.																		
М 01			Труба 208х28 ГОСТ 8732-78															
М 02			ВЗОРУССА ГОСТ 8731-87															
			Код	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ											
							прокат				1							
А			Обозначение документа															
Б			Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операций	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИТ	ЕН	ОП	Кшт	Лиз.	Тшт.
А07							025	Код, наименование оборудования										
Б04								Пескоструйная										
05								ИОТ № 1,3,14.										
06								Камера пескоструйная										
07								Произвести обработку заготовки										
08								Контроль исполнителем 100 %										
09																		
10																		
11								Корунд ГОСТ 3647-80										
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
МК			Маршрутная карта															

Детл.	Взам.	Подл.	ИОТ №1,3,14		05.384.01.100 СБ		Гильза		01	1	1	030
Разраб.			Аймиханбет Б.А.			Проверил			Лобеткин В.В.			КОИД
Н. контр.												
Наименование операции			Материал			Твердость			EB			МД
Токарная												
Оборудование			Обозначение программы			То			Тв			Тлз
1М65												СОЖ
Р	ПИ			D или B			L	f	i	s	п	v
A 01	Установить деталь, закрепить.											
T 02	Патрон 4 ^x кул, крестовина.											
03												
0 04	1. Точить пов. φ200											
05	2. Точить пов. φ200 ₀₁ под люнет											
06												
T 07	Центр вращающийся грибковый											
08	Резец проходной отогнутый											
09	Кран консольный г.п. 5 т. строп скп 0,5											
10	Снять заусенцы											
11	Шт. циркуль ШЦ-III-250-0,05											
12	Контроль исполнителем 100 %											
13												
OK												

Дubl.																						
Взам.																						
Подл.																						
ИОТ №1,3,14		Токарная																				
Разраб.	Алиханбет Б.А.																					
Подвершил	Побеткин В.В.																					
Н. контр.																						
		05.384.01.100 СБ																				
		Гильза																		030		
																					1	1



1М65
патрон 4^x кул.
крестовина

* Размер для справок

КАРТА ЭСКИЗОВ

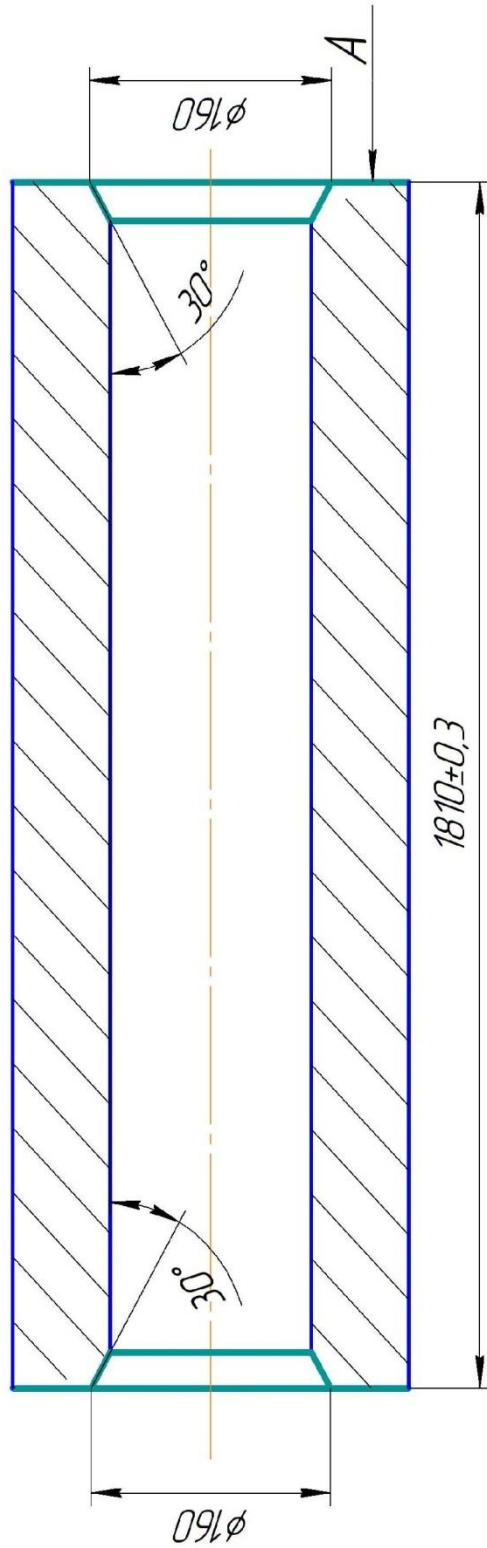
КЭ

Цифл.	Взам.	Подл.	ИОТ №13,14		05.384.01.100 СБ		01		035		МЗ	КОИД
											1	1
Разраб.			Амиханбет Б.А.									
Проверил			Паветкин В.В.									
Н. контр.												
Наименование операций			Токарная		Материал		Гильза		Профиль и размеры			
Оборудование					Обозначение программы				СОЖ			
1М65												
P												
A 01	Установить деталь, закрепить.											
T 02	Патрон 4 ^x кул, люнет											
O 03	1. Подрезать торец А до чистоты											
04	2. Расточить фаску $\phi 160 \angle 30^\circ$											
A 05	Переустановить деталь, закрепить.											
O 06	1. Подрезать торец в размер $1810 \pm 0,3$											
07	2. Расточить фаску $\phi 160 \angle 30^\circ$											
T 08	Кран консольный з.п. 5 т. строп скп 0,5											
09	Резец подрезной Т15К6 ГОСТ 18880-73											
10	Резец расточной Т15К6 ГОСТ 18882-73											
11	Линейка мет. 2000 ГОСТ 427-75											
12	Шт. циркуль ЩЦ-III-250-0,05											
13	Угломер 0..180° ГОСТ 427-75											
OK												

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Добл.											
Взам.											
Подл.											
ИОТ №1,3,14		Токарная			1	1	1				
Разработ.	Алиханов Б.А.		05.384.01.100 СБ								
Проверил	Побеткин В.В.		Гильза								
Н. контр.											035

6,3 ∇



1М65
 патрон 4^x кул.
 ЛЮНЕМ

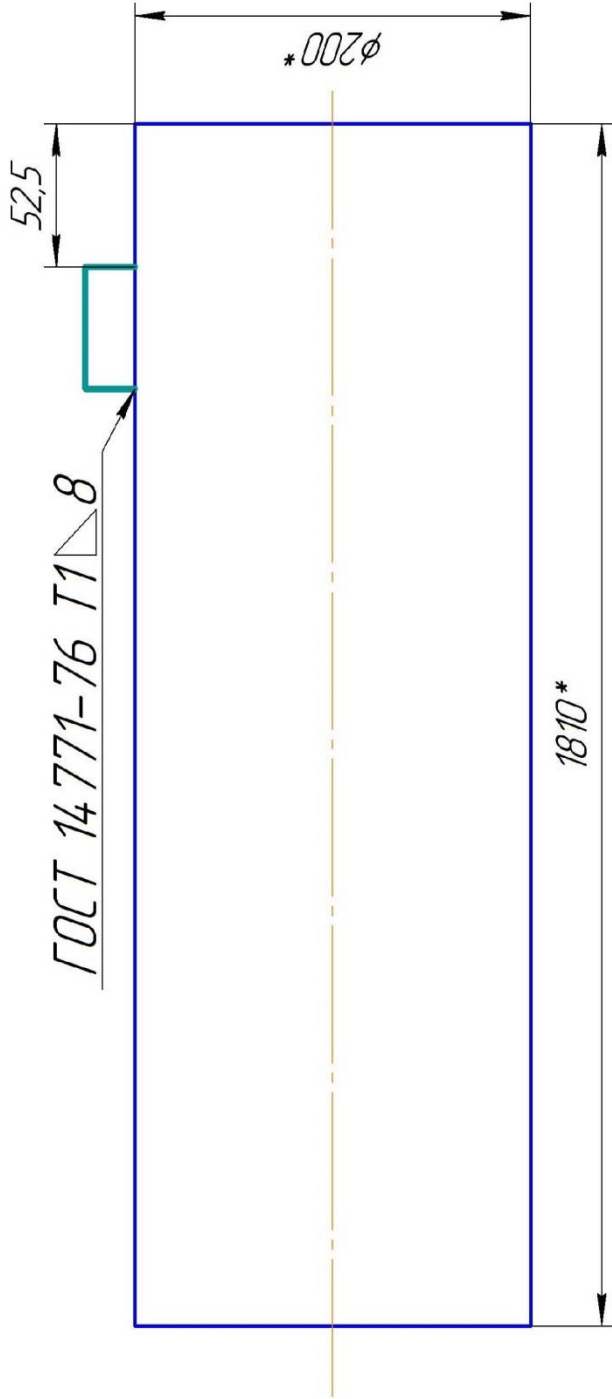
* Размер для справок

КАРТА ЭСКИЗОВ

КЭ

Дол.	Взам.	Подл.	ИОТ №1,2,14		05.384.01.100 СБ		Гильза		01	040
Наименование операций	Материал	Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД	
Сварочная	Обозначение программы	T ₀	T ₀	T ₀₃	T _{шт}	СОЖ				
Сварочный полуавтомат										
ПЛГ-525 ВЛУ-505										
P	ПИ	D или B	L	f	i	s	p	v		
01	Предохранить поверхности под люнет									
02	от сварочных брызг									
03										
A 04	Установить додышку штоковую,									
05	приварить на поперх. φ200									
06	выдержав размер 52,5									
07	зачистить брызги от сварки									
08	T1A8 lcb = 0,2 м									
09										
T 10	Проволока сварочная СВ08Г2С φ1,6 ГОСТ 2246-70									
11	Углекислый газ, шлифмашинка									
12	Кран консольный г.п. 5 т. строп скп 0,5									
13	Контроль исполнителем 100 %									
OK										

Добыл.										
Взам.										
Подл.										
ИОТ №1,2,14		Сварочная			1	1				
Разраб.	Алиханбет Б.А.	05.384.01.100 СБ								
Проверил	Подеткин В.В.	Гильза								
Н. контр.										040



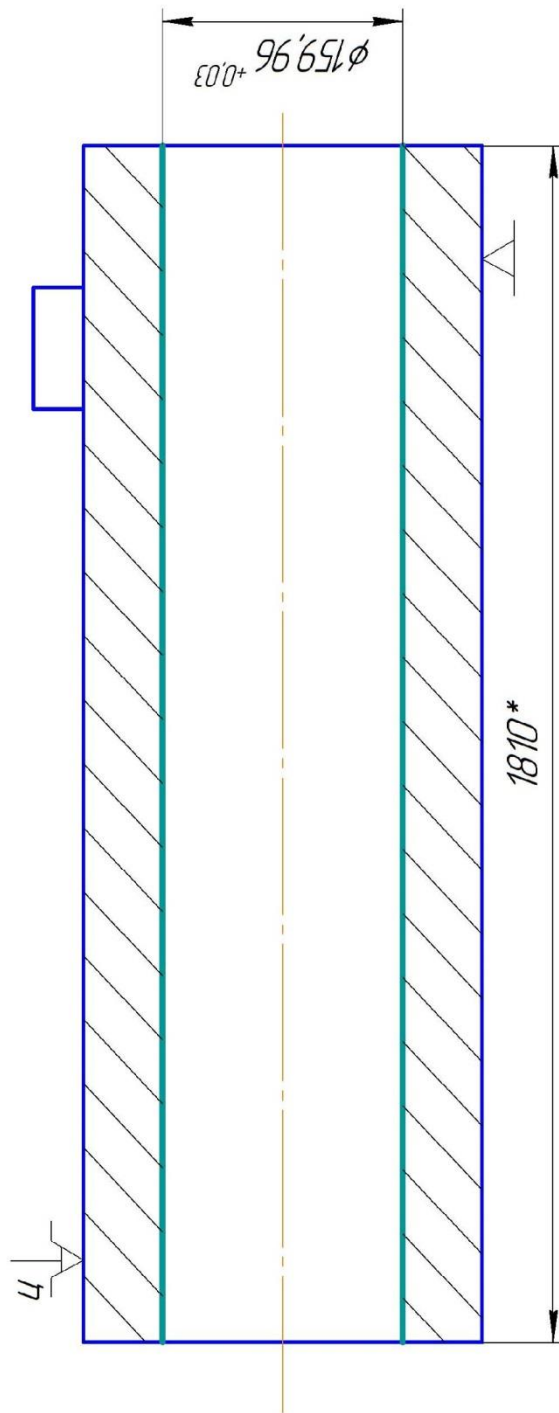
* Размеры для справок

Цифл.																						
Взам.																						
Подл.																						
ИОТ №13,14																					1	1
Разраб.	Амичаидит Б.А.																					
Проверил	Лобеткин В.В.																					
Н. контр.																						
Наименование операции		Материал			Твердость		EB		MD		Профиль и размеры			M3		KOИД						
Расточная																						
Обработка					Обозначение программы		T _o		T _ф		T _{шт}		COЖ									
РТ29313Ф1-РМЦ-12М																						
Р		ПМ			D или B		L		f		i		s		n		v					
A 01	Установить, выставить, закрепить в люнет																					
O 02	Расточить отв. φ159,96 ^{+0,03} под раскатку																					
03																						
T 04	Люнет неподвижный																					
05	Патрон цанговый, кольцо φ200																					
06	Головка расточная φ160																					
07	Резец расточной Т15К6 ГОСТ 18882-73																					
08	Шт. циркуль ШЦ-И-250-0,05																					
09	Нутромер НИ 100..160-0,01 ГОСТ 868-82																					
10	Микрометр МК 150..175-0,01 ГОСТ 6507-78																					
11	Образцы шероховатости по верх ГОСТ 868-82																					
12	Кран консольный 2.2. 5 т. строп скп 0,5																					
13	Контроль исполнителем 100 %																					
OK																						

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Дибл.													
Взам.													
Подл.													
ИОТ №1,3,14		Расточная											
Разработ.	Алимухамед Б.А.	05.384.01.100 СБ											
Проверил	Побежкин В.В.	Гильза											
Н. контр.													045

1,6



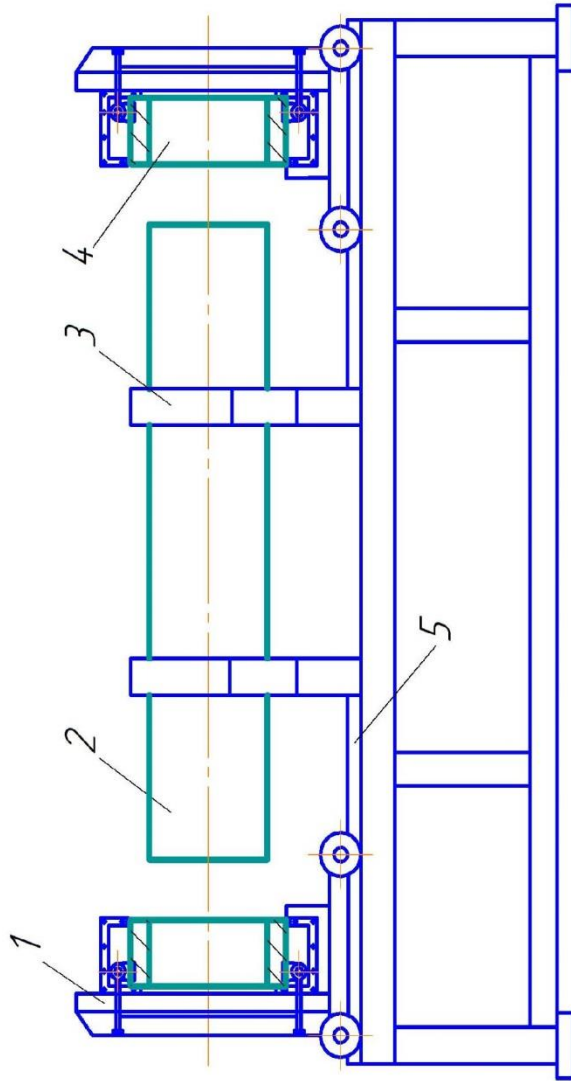
* Размер для справок

КЭ

КАРТА ЭСКИЗОВ

Цифл.	Взам.	Подл.	ИОТ №1,3,14		05.384.01.100 СБ		01		050	
Разраб.	Проверил	Н. контр.	Наименование операций	Твердость	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД		
Термопосадочная	Оборудование	Материал	Обозначение программы	T _в	T _{пз}	T _{шт}	СОЖ			
Стенд для сборки			ПИ	D или B	L	f	i	s	n	v
01	Стенд для сборки - 05.385.000									
02	1. 05.384.01.103-Усилительное кольцо-3 шт.									
03										
04										
A 05	1. Установить на стенд гильзу гидрацилиндра									
06	2. Установить на стенд цилиндрические кольца									
07	(в каретки с термонагревом)									
08										
O 09	Выполнить термопосадку на гильзу									
10	3-х усиленных колец									
11										
T 12	Кран консольный г.п. 5 т. строп скп 0,5									
13										
OK										

Дил.										
Взам										
Подл.										
ИОТ №1,3,14			Термопосадочная							
Разраб.	Аймиханбет Б.А.		05.384.01.100 СБ							
Проверил	Подветкин В.В.		Гильза							
Н. контр.										050



Поз.	Наименование
1	Каретки
2	Гидравлический цилиндр
3	Призмы
4	Усиленные кольца
5	Направляющие

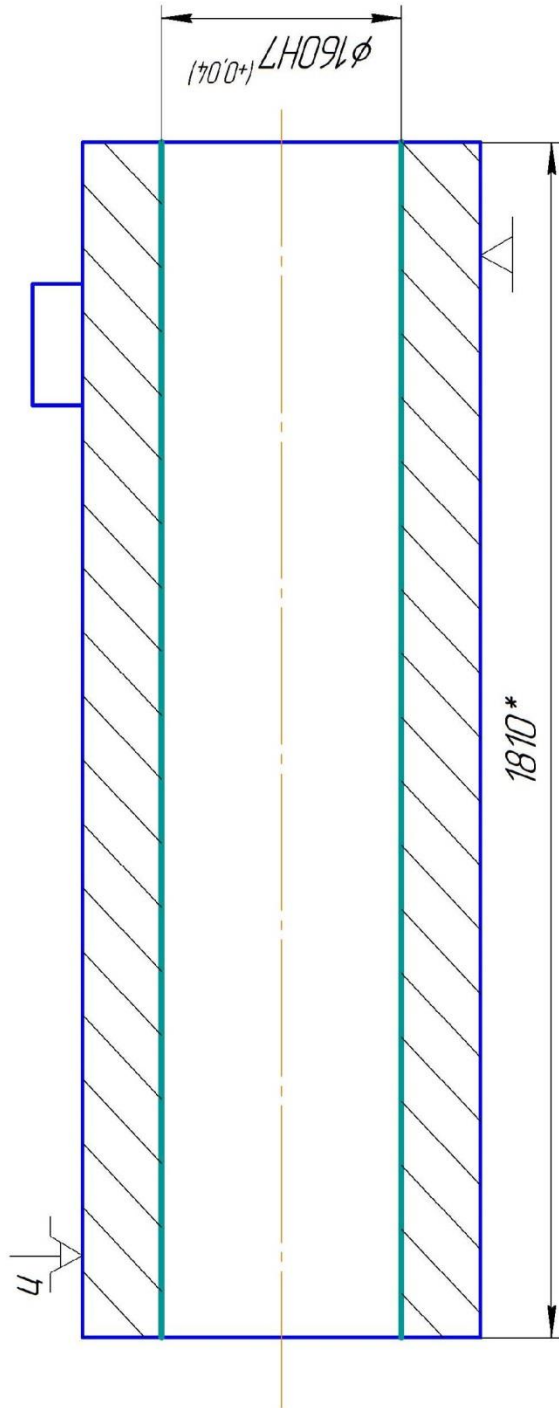
КАРТА ЭСКИЗОВ

КЭ

Дцкл.	Взам.	Подл.	ИОТ №1,3,14		05.384.01.100 СБ		Гильза		01	1	1
Разраб.			Алиханбет Б.А.			Профиль и размеры			МЗ КОИД		
Проберил			Лобеткин В.В.			Твердость			МД		
Н. контр.						ЕВ			МД		
Наименование операции			Материал			Т _с			Т _{н.з}		
Рассточная						Т _{н.з}			СОЖ		
Оборудование						Т _{шт}					
РТ29313Ф1-РМЦ-12М											
Р	ПМ		D или B		L	t	i	s	n	v	
A 01	Установить, выставить, закрепить в люнет										
O 02	Раскатать отв. ф160Н7 ^{+0,04} в размер										
03											
T 04	Люнет неподвижный										
05	Патрон цанговый, кольцо ф200										
06	Головка расточная комбинированная ф160										
07	Резец расточной Т15К6 ГОСТ 18882-73										
08	Шт. циркуль ШЦ-II-250-0,05										
09	Нутромер НИ 160...250-0,01 ГОСТ 868-82										
10	Микрометр МК 150...175-0,01 ГОСТ 6507-78										
11	Образцы шероховатости паверх. ГОСТ 868-82										
12	Кран консольный 2.2. 5 т. строп скп 0,5										
13	Контроль исполнителем 100 %										
OK											

Дирл.									
Взам.									
Подл.									
ИОТ №1,3,14				Расточная					
Разраб.	Алимуханбет Б.А.			05.384.01.100 СБ					
Подверил	Побелкин В.В.			Гильза					
Н. контр.								055	1 1

0,4



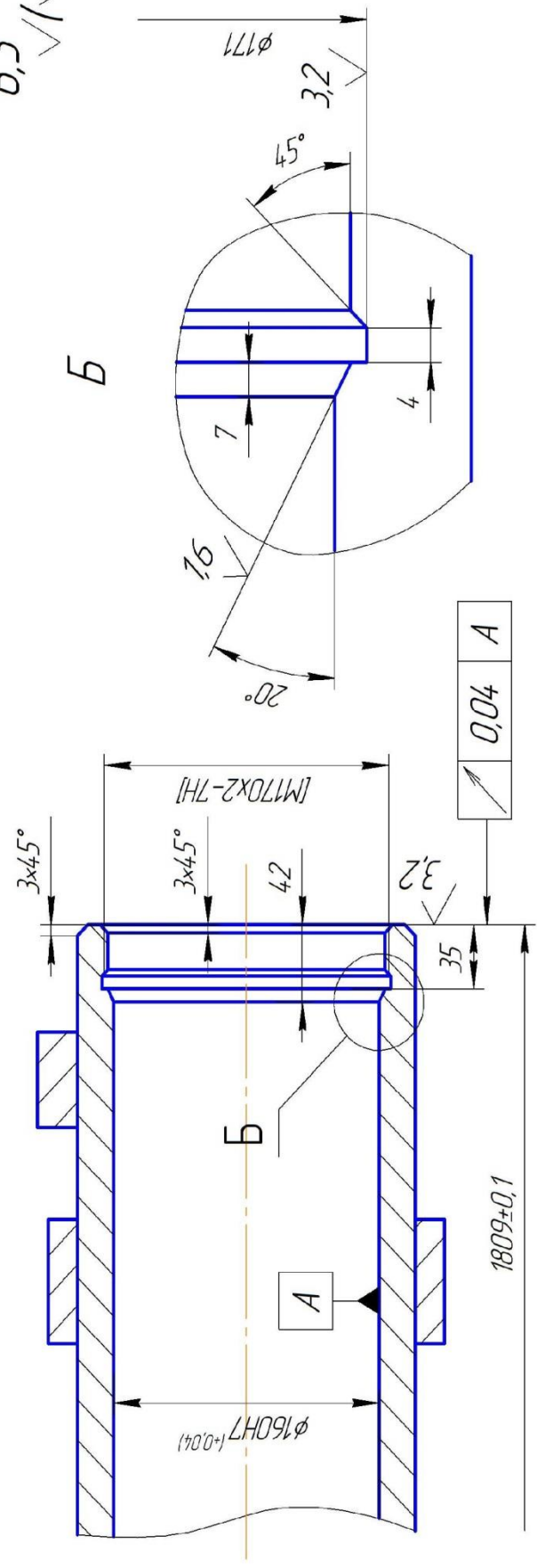
* Размер для справок

ИОТ №1,3,14															
Идент.															
Взам.															
Подл.															
Разработ.		Алмұханбет Б.А.		05.384.01.100 СБ								1		1	
Проектиров.															
Н. контр.				Гильза		01								060	
Наименование операций		Материал		Твердость		EB		MD		Профиль и размеры		M3		КОИД	
Токарная															
Обработка				Обозначение программы		То		Тлз		Тшт		СОЖ			
1M65															
P	ЛМ	В или В	L	f	i	s	n	v							
T 01	Кран консольный 2.п. 5 т. строп скп 0,5														
02	Резец подрезной Т15К6 ГОСТ 18880-73														
03	Резец расточной Т15К6 ГОСТ 18882-73														
04	Линейка мет. 2000 ГОСТ 427-75														
05	Шт. циркуль ШЦ-III-250-0,05														
06	Угломер 0...180° ГОСТ 427-75														
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
OK															

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Добл.															
Взам.															
Подл.															
ИОТ №1,3,14			Токарная			1						1			1
Разработ		Алимухаммет Б.А.													
Проверил															
Н. контр.															060
											05.384.01.100 СБ				
											Гильза				

6,3
√(√)

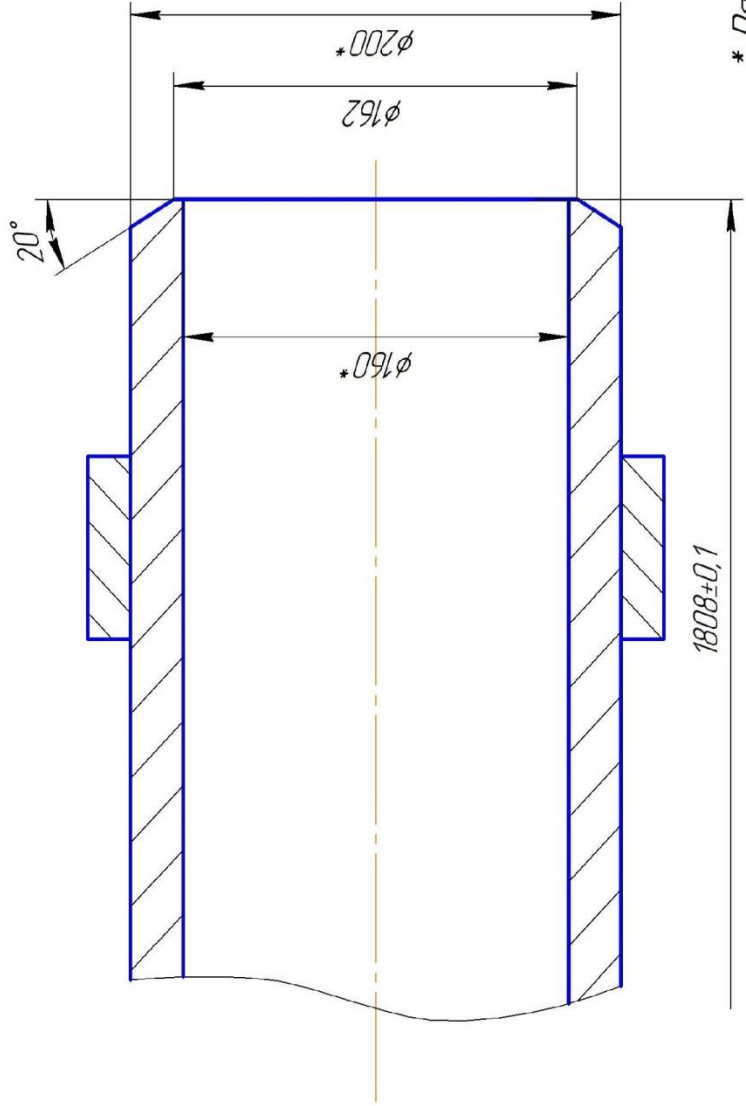


1М65
патрон 4^х кул.
люнетт

ГОСТ 3.1105-84. Форма 7

Дubl.																				
Взам.																				
Подл.																				
ИДТ №1,3,14			Токарная			05.384.01.100 СБ			1			1			1					
Разработ.			Алиханбет Б.А.																	
Проверил																				
Н. контр.																				
			Гильза																	
																		065		

6,3 √



* Размеры для справок

1М65
патрон 4^х кул.
люнет

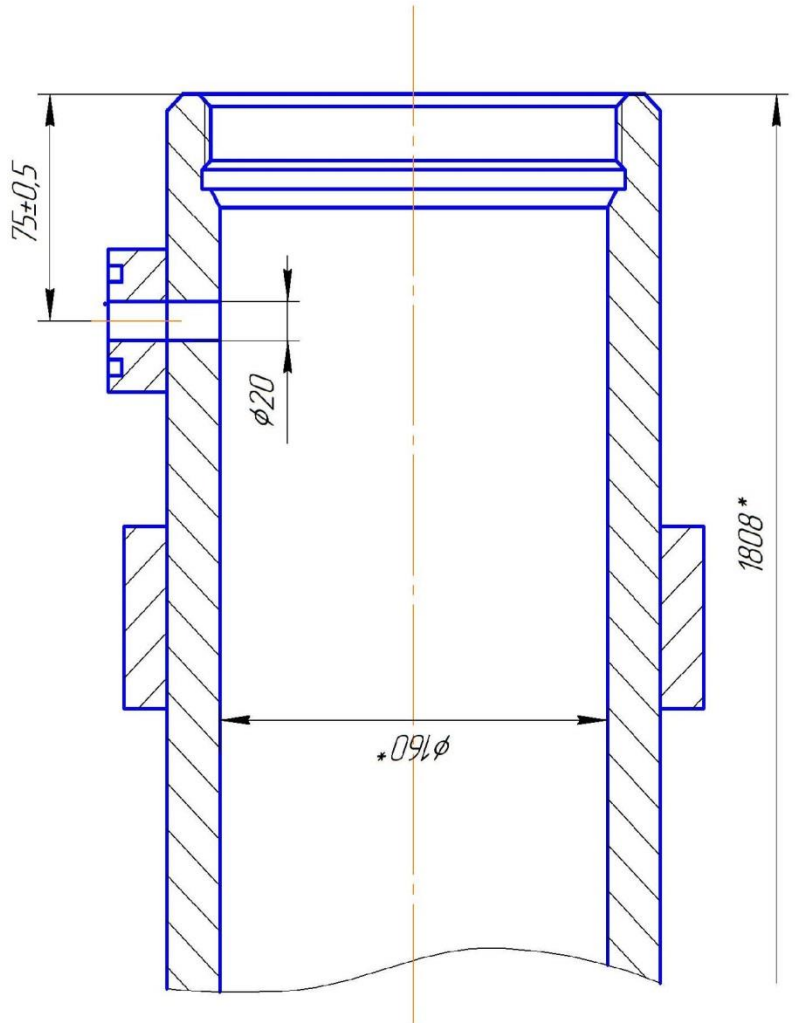
КАРТА ЭСКИЗОВ

КЭ

Шдл.													
Взам.													
Подл.													
									1				
Разраб. Проверил		Алиханбет Б.А.				05.384.01.100 СБ							
Н. контр.						Гильза				01			
Наименование операции		Материал				Твёрдость				Профиль и размеры			
Сверлильная													
Оборудование						Т ₀ Т _б Т _{п.з} Т _{шт}				СОЖ			
2Н55						D или B				L t i s n v			
P						ПМ							
0 01		А. Установить, выставить, закрепить.											
0 02		1. Разметить, накернить											
03		2. Сверлить отв. φ12 выдер. p-p 75±0,5											
04		3. Рассверлить отв. φ20											
05		4. Острые кромки притупить, зачистить											
06		5. Контроль исполнителем 100 %											
07													
T 08		Кернер ГОСТ 7213-72											
09		Малотак 0,4кг ГОСТ 2310-77											
10		Сверло φ12, Сверло φ20 ГОСТ 10903-77											
11		Шт. циркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-80											
12		Шлифмашинка угловая, борфреза											
13		Кран консольный з.п. 5, строп скп 0,5											
OK													

Добл.										
Взам.										
Подл.										
ИОТ №1,3,14		Сверлильная		1	1	1				
Разработ.	Аймиханбет Б.А.			05.384.01.100 СБ						
Проверил				Гильза						070
Н. контр.										

6,3 \checkmark



2H55

* Размеры для справок

Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИТ	ЕН	ОП	Кшт	Тиз.	Тшт.
Обозначение документа															
А															
Б															
А ⁰³	Моечная														
Б ⁰⁴	Ванна моечная														
05															
06	Тщательно промыть отверстия														
07	в добышках и внутреннюю полость														
08	гильзы от остатков стружки и грязи														
09	Контроль исполнителем 100 %														
10															
Т ¹¹	Шопол, веташь														
12	Кран консольный з.п. 5, строп скп 0,5														
13															
14															
15															
16															
17															
МК	Маршрутная карта														

ИОТ №															
Разраб.	Аймуханбет Б.А.														
Проверил	05.384.01.100 СБ														
Н. контр.	Гильза														
М ⁰¹															
М ⁰²															

<i>Цикл.</i>											
<i>Взам.</i>											
<i>Подл.</i>											
<i>ИОТ №130</i>									1	1	
<i>Разраб. Проверил</i>	<i>Алиханбет Б.А.</i>						05.384.01.100 СБ				
<i>Н. контр.</i>	<i>Гильза</i>									085	
<i>Наименование операции</i>			<i>Наименование Марка материала</i>							<i>МР</i>	
<i>КОНТРОЛЬ</i>											
<i>Наименование оборудования</i>					<i>Ta</i>	<i>Tb</i>					
<i>Стол ОТК</i>			<i>Код средств ТО</i>		<i>Наименование средств ТО</i>						
<i>P</i>	<i>Контролируемые параметры</i>				<i>Код средств ТО</i>		<i>Наименование средств ТО</i>				
01	<i>1. Проверить по сопроводительной документации</i>										
02	<i>соответствие марки материала,</i>										
03	<i>обозначение чертежа, размеры деталей, клеймо ОТК.</i>										
04											
05	<i>2. Проверить внешним осмотром наличие фасок,</i>										
06	<i>отсутствия заусенцев, стружки, шероховатость</i>										
07	<i>поверхностей – 100 %, контроль размеров – 50 %.</i>										
08											
09											
10											
11											
12											
13											
<i>ОК</i>										<i>ИОТ №130</i>	
										<i>Объем и ПК</i>	
										<i>Ta/Tb</i>	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт внедрения в производство

 УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
АО «Машиностроительный завод
имени С.М. Кирова»
Сундюков В.В.
« 05 » 2017 г.

АКТ

о внедрении результатов НИР Аймұханбет Б.А. по теме докторской диссертационной работы (PhD) «Влияние напряженно-деформированного состояния поверхности на ее качественные показатели при обработке цилиндрических деталей методами пластического деформирования»

Мы представители Казахского Национального Исследовательского Технического университета имени К.И. Сатпаева, профессор кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» Поветкин В.В., докторант Аймұханбет Б.А., с одной стороны и представитель АО «Машиностроительный завод имени С.М. Кирова», главный инженер Сундюков В.В. с другой стороны, рассмотрели материалы диссертационной работы и составили настоящий акт о том, что результаты НИР, использованы в виде рекомендаций конструкторско-технологическому бюро АО «Машиностроительный завод имени С.М. Кирова» при разработке технической и технологической документации по изготовлению гидравлических цилиндров.

Использование представленных в диссертационной работе рекомендаций позволят улучшить технологический процесс изготовления, разработать конструкторско-технологическое обеспечение повышения надежности, эффективности работы и эксплуатационных свойств гидравлических цилиндров.

Представители АО «Машиностроительный завод имени С.М. Кирова»:

Главный инженер Сундюков В.В.



Представители КазНТУ имени К.И. Сатпаева:

д.т.н., профессор Поветкин В.В.




докторант Аймұханбет Б.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт внедрения в производство

УНИТАРНАЕ ВЫТВОРЧАЕ
ПРАДПРЫЕМСТВА «НИВА»
РАМАНОВІЧА С.Г.
САЛІГОРСКІ РАЕН
РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ,
223710, МЯЦЯВІЦКАЯ ШАША, №5/2
САЛІГОРСКІ РАЕН, МІНСКАЯ ВОбл.
ТЭЛ.: +375 (174) 22-63-15, 21-20-72
ФАКС: +375 (174) 22-63-15, 22-89-89
E-MAIL: INFO@NIVA.BY



WWW.NIVA.BY

УНИТАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «НИВА»
РОМАНОВИЧА С.Г.
СОЛИГОРСКИЙ РАЙОН
РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ,
223710, МЯЦЯВІЦКАЯ ШАША, №5/2
СОЛИГОРСКИЙ РАЙОН, МИНСКАЯ ОБЛ.
ТЕЛ.: +375 (174) 22-63-15, 21-20-72
ФАКС: +375 (174) 22-63-15, 22-89-89
E-MAIL: INFO@NIVA.BY

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
генерального директора
УПП «Нива»

Голицын А.А.

« 28 » 08 2014 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы PhD докторанта

Аймұханбет Бауыржана Аймұханбетұлы

Комиссия в составе:

председатель Голицын А.А. – первый заместитель генерального директора УПП «Нива»;

члены комиссии: Муравьев С.С. – директор филиала «Завод гидравлических цилиндров» УПП «Нива»;

Сугаков Д.Е. – ведущий инженер по сбыту УПП «Нива»;

Сипливый А.В. – главный технолог филиала «Завод гидравлических цилиндров» УПП «Нива»;

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Влияние напряженно-деформированного состояния поверхности на ее качественные показатели при обработки цилиндрических деталей методами пластического деформирования» представленной на соискание ученой степени доктора философии PhD технических наук, использованы в виде рекомендаций конструкторско-технологическому бюро УПП «Нива» при разработке технической и технологической документации по изготовлению гидравлических цилиндров механизированных крепей.

Использование представленных в диссертационной работе рекомендаций позволит улучшить технологический процесс изготовления, разработать конструкторско-технологическое обеспечение повышения надежности, эффективности работы и эксплуатационных свойств гидравлических цилиндров.

Председатель комиссии: _____ (А.А. Голицын)

Члены комиссии: _____ (С.С. Муравьев)

_____ (Д.Е. Сугаков)

_____ (А.В. Сипливый)



УНП 600320994; ОКПО06086592
Р/С 3012005040016, в Ф-ЛЕ ААТ «АСБ БЕЛАРУСБАНК»,
Г. САЛІГОРСКА, КОД 969



УНП 600320994; ОКПО06086592
Р/С 3012005040016, в Ф-ЛЕ ОАД «АСБ БЕЛАРУСБАНК»,
Г. СОЛІГОРСКА, КОД 969

Солигорск, Тип., 3. 2062.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Акт внедрения в учебный процесс

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института промышленной
инженерии им. А. Буркитбаева
Ж.Ж. Байгунчиков
« 12 » 03 2017 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ результатов НИР в учебный процесс

Мы нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой А.Т. Альписов и научный руководитель PhD докторанта В.В. Поветкин составили настоящий АКТ ВНЕДРЕНИЯ по результатам диссертационной работы Б.А. Аймуханбет на тему «Влияние напряженно-деформированного состояния поверхности на ее качественные показатели при обработки цилиндрических деталей методами пластического деформирования» в учебный процесс для подготовки обучающихся бакалавров и магистрантов по специальности «Машиностроение» в виде:

– лекционного курса:

1. Методы выбора рациональных параметров изготовления цилиндра гидравлических стоек.
2. Методика расчета и разработка математической модели гидроцилиндра в среде Autodesk Inventor.

– практических занятий:

1. Разработка математической модели гидравлического цилиндра со схемой его нагружения с учетом конструктивных параметров.
2. Разработка технологии изготовления цилиндра гидравлических стоек с учетом деформации под давлением рабочей жидкости.

Эффективность внедрения результатов диссертационной работы:

- 1) Обучение бакалавров и магистрантов по разработанным технологическим процессам изготовления гидравлических цилиндров.
- 2) Обучение студентов бакалавриата, магистратуры, докторантуры патентно-информационной работе, определению современного технического уровня научных исследований в области «Разработки способов изготовления гидроцилиндров».
- 3) Результаты научного проекта предлагаются использовать при проведении практических занятий.

Заведующий кафедрой
«Стандартизация, сертификация
и технология машиностроения»
к.т.н., доцент

 А.Т. Альписов

Научный консультант
PhD докторанта,
д.т.н., профессор

 В.В. Поветкин

PhD докторант

 Б.А. Аймуханбет

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

научно-издательский центр
"Академический"

ДИПЛОМ

За активное участие в работе
III Международной научно-
практической конференции
"Фундаментальные и прикладные
науки сегодня" 22-23.05.14 г
North Charleston, USA

награждаются

Поветкин
Виталий Васильевич
Аймуханбет
Бауыржан Аймуханбетулы

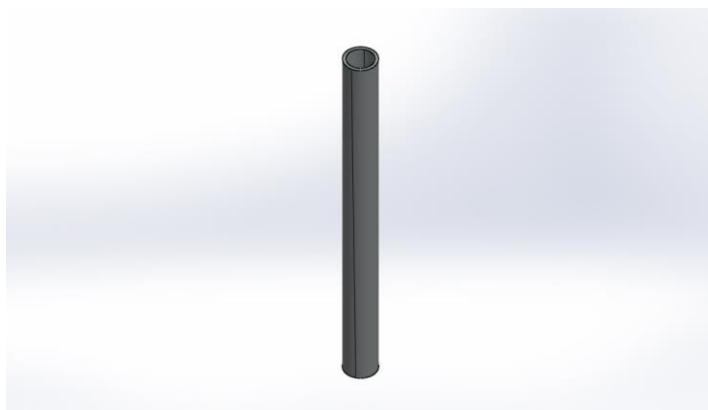
23 мая 2014 г.



Председатель ООИП
И.И.Ц. "Академический"
к.ф.-м.н., доц. Моисеев Е.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Программа расчета НДС цилиндра МКЭ



Description

No Data

Simulation of CILINDER

Date: 28 апреля 2017 г.

Designer: Solidworks

Study name: SimulationXpress
Study

Analysis type: Static

Table of Contents

Description.....	145
Assumptions.....	146
Model Information.....	146
Material Properties.....	147
Loads and Fixtures.....	147
Mesh Information.....	148
Study Results.....	149
Assembly Visualization.....	150
Mass Properties.....	151


Assumptions

Model Information




Model name: CILINDER
Current Configuration: По умолчанию


Solid Bodies




Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cut-Extrude1 	Solid Body	Mass:159.494 kg Volume:0.020448 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:1563.04 N	C:\Users\Нурпай\Desktop\SOLID WORKS-РАСЧЕТЫ\CILINDER.SLDPRT Apr 28 12:55:32 2017

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: Chrome Stainless Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 172.339 N/mm² Tensile strength: 413.613 N/mm²	SolidBody 1(Cut-Extrude1)(CILINDER)

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-8		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry

Load name	Load Image	Load Details
Force-11		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 1 N
Pressure-2		Entities: 1 face(s) Type: Normal to selected face Value: 4e+007 Units: N/m²
Force-12		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 1 N

Mesh Information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	28.757 mm
Tolerance	1.43785 mm
Mesh Quality	High

Mesh Information - Details

Total Nodes	14881
Total Elements	7420
Maximum Aspect Ratio	4.8745
% of elements with Aspect Ratio < 3	98.2
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:02
Computer name:	NURAI

Model name: CILINDER
 Study name: SimulationXpress Study
 Mesh type: Solid mesh



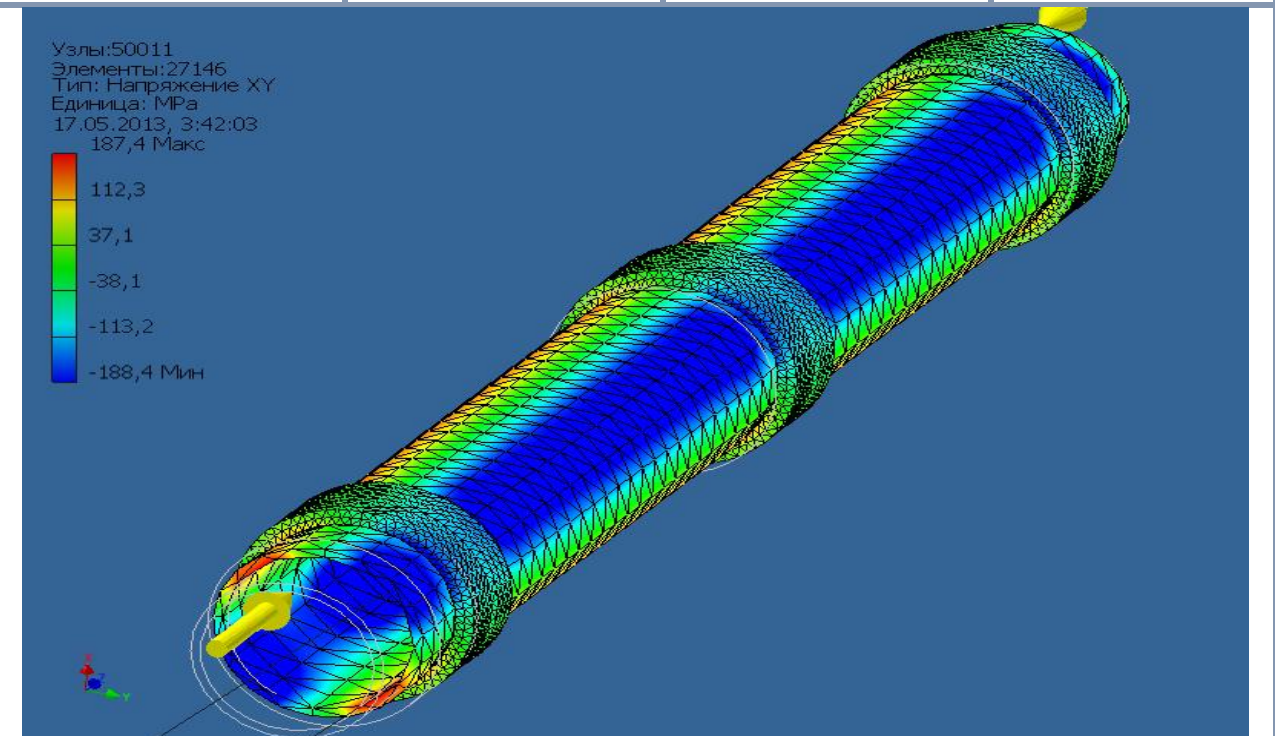
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	83.4 N/mm ² (MPa) Node: 8409	266.9 N/mm ² (MPa) Node: 512





CILINDER-SimulationXpress Study-Stress-Stress

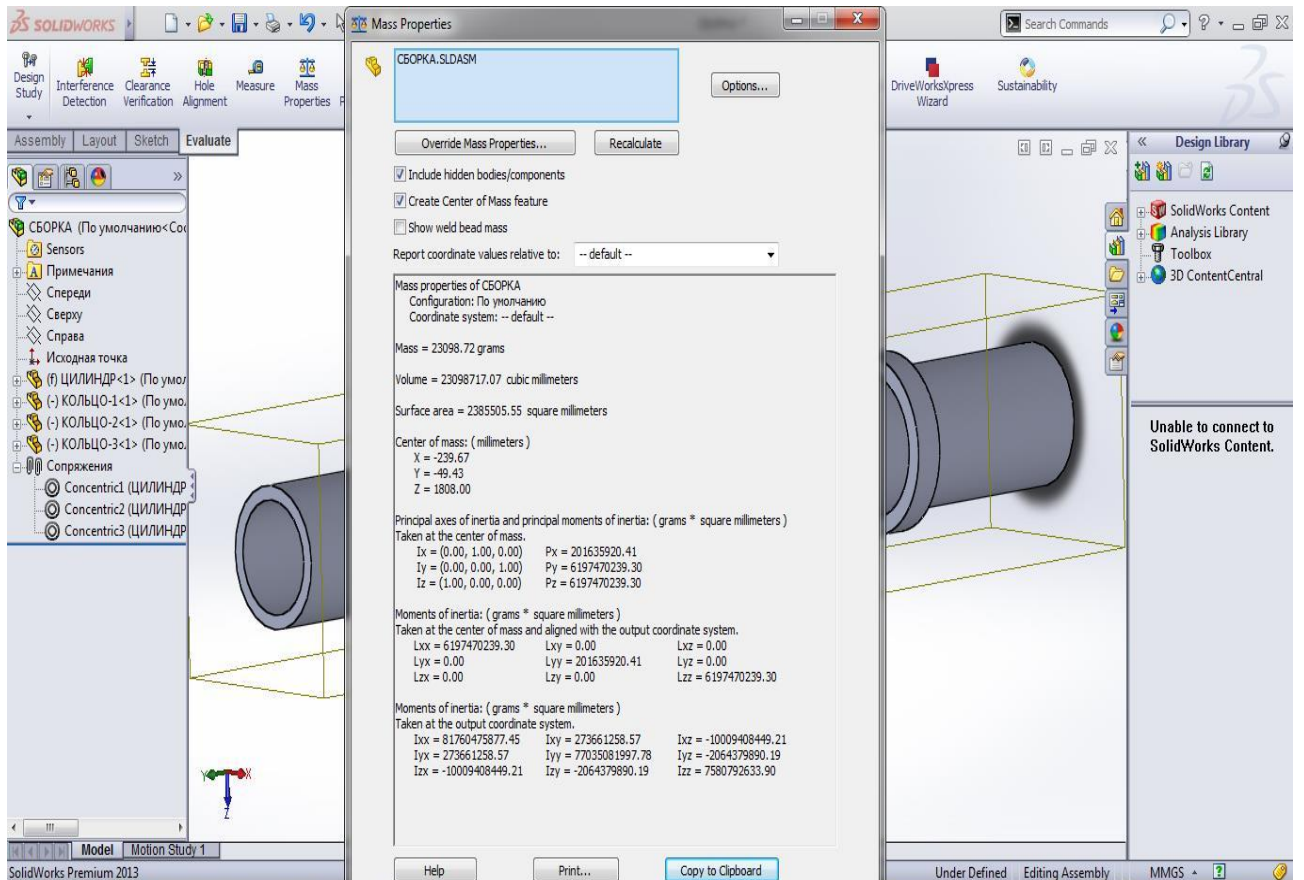
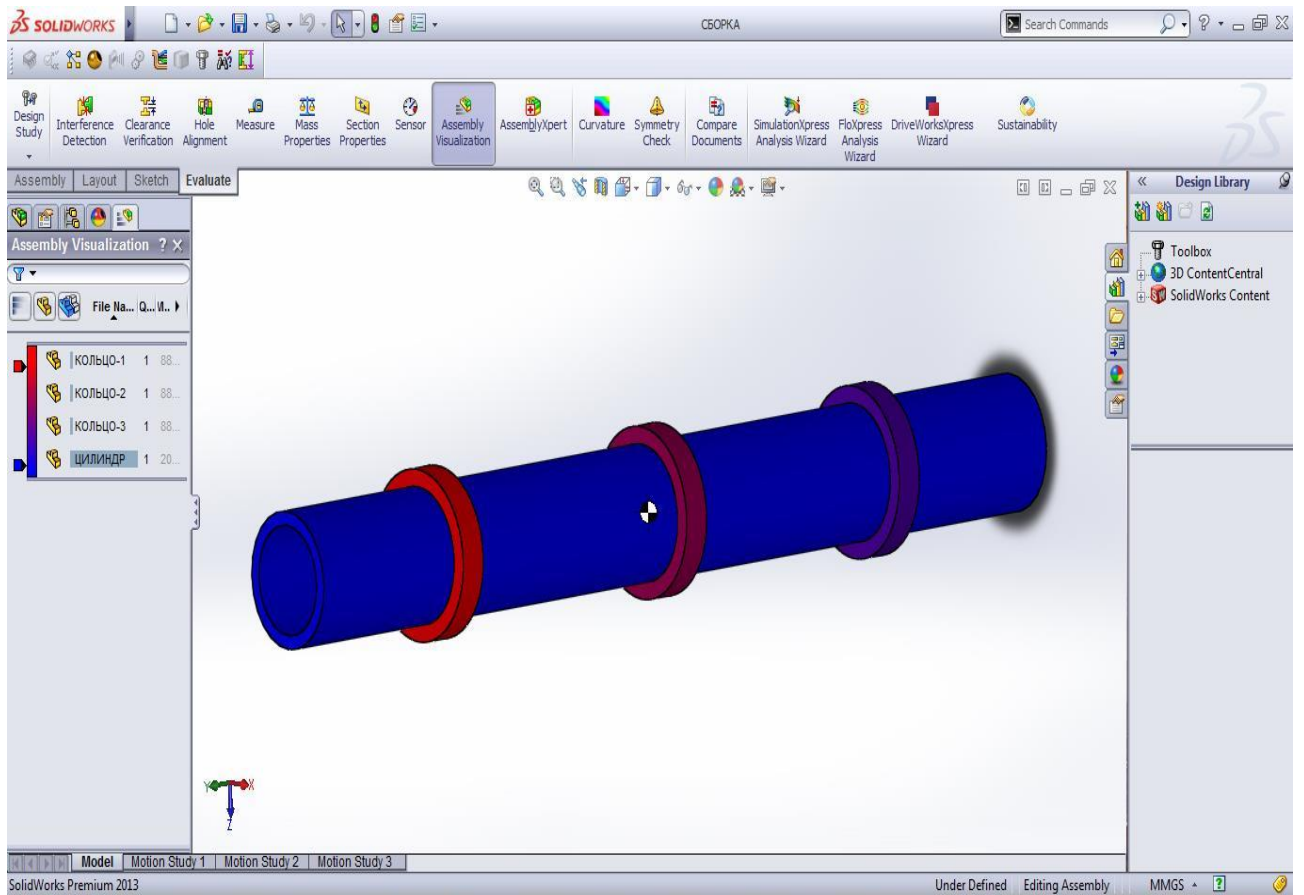
Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	-188.4 N/mm ² (MPa) Node: 823	187.4 N/mm ² (MPa) Node: 10924



CILINDER-SimulationXpress Study-Displacement-Displacement

Name	Type
Deformation	Deformed Shape
<p>Model name: CILINDER Study name: SimulationXpress Study Plot type: Deformed Shape Deformation Deformation scale: 47577.3</p>  <p style="text-align: center;">CILINDER-SimulationXpress Study-Displacement-Deformation</p>	

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety	Max von Mises Stress	3.9512 Node: 512	9.06427 Node: 8409
<p>Model name: CILINDER Study name: SimulationXpress Study Plot type: Factor of Safety Factor of Safety Criterion: Max von Mises Stress Red < FOS = 1 < Blue</p>  <p style="text-align: center;">CILINDER-SimulationXpress Study-Factor of Safety-Factor of Safety</p>			





ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица классов шероховатости поверхности

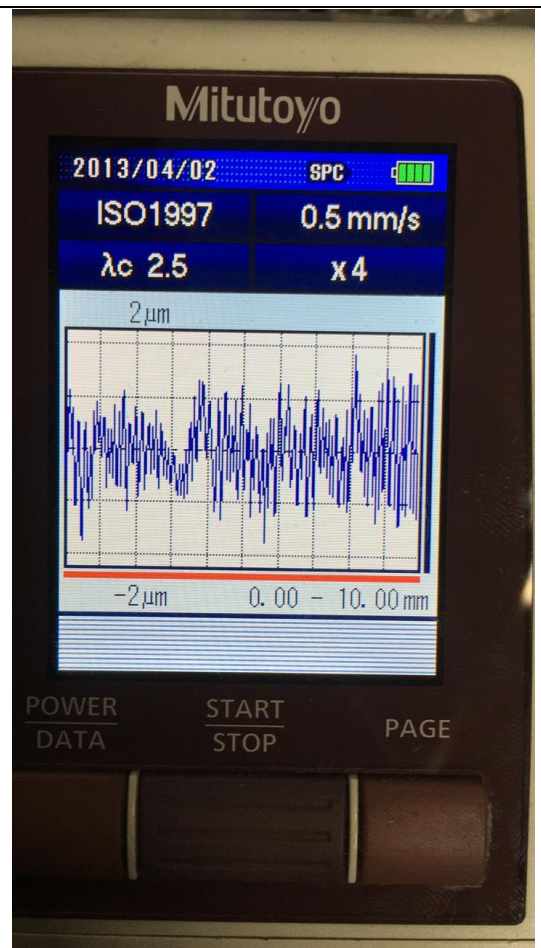
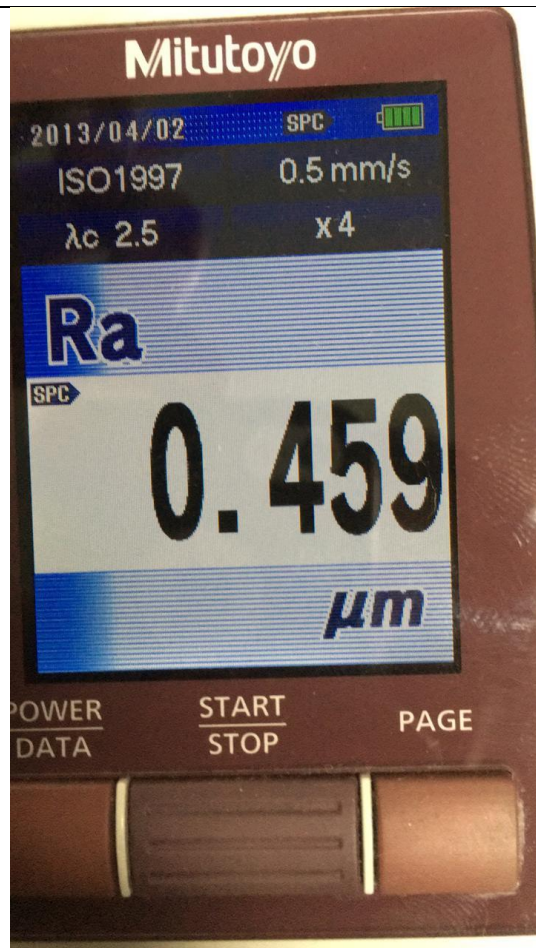
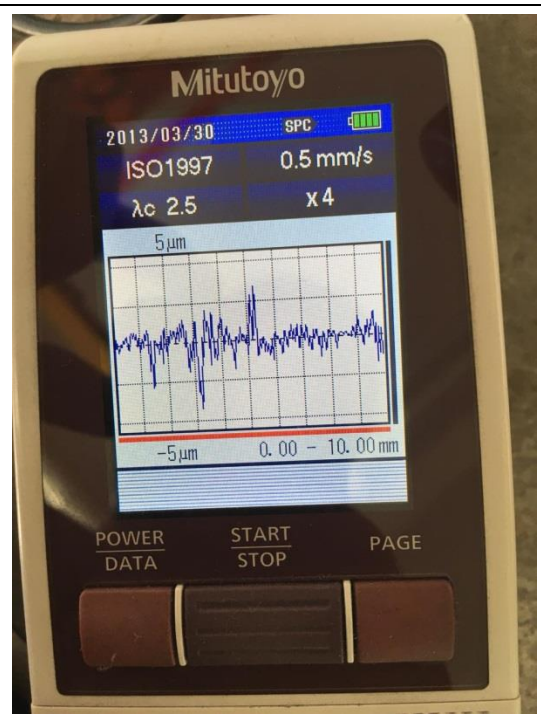
Сравнительная таблица классов шероховатости		таблица классов шероховатости поверхности														
Современное обозначение шероховатости 1973г	Ra - среднее арифметическое отклонение профиля	Rz - Высота неровности профиля по 10 точкам	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
√	Ra	Rz	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
			320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			№ п/п													

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Данные измерений шероховатости профилометром Surftest SJ-210


№ образца	Результаты измерения (фото)
1	 <p>The top row contains two photographs of the Mitutoyo Surftest SJ-210 surface roughness meter. The left photograph shows the main display screen with the following information: Date: 2013/03/30, SPC mode, ISO1997 standard, 0.5 mm/s speed, λc 2.5, x4 magnification, and a large Ra value of 0.419 μm. The right photograph shows the same device displaying a surface profile graph with a vertical scale of 5 μm and a horizontal scale of 0.00 to 10.00 mm.</p>
	 <p>The bottom row contains two more photographs of the Mitutoyo Surftest SJ-210 surface roughness meter. The left photograph shows the main display screen with the following information: Date: 2013/03/30, SPC mode, ISO1997 standard, 0.5 mm/s speed, λc 2.5, x4 magnification, and a large Ra value of 0.454 μm. The right photograph shows the same device displaying a surface profile graph with a vertical scale of 5 μm and a horizontal scale of 0.00 to 10.00 mm.</p>

2



ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Данные измерений твердости твердомером «Константа ТД»

№ образца	Результаты измерения (фото)
1	
2	

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Инновационный патент



МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА

№ 89999

*Настоящим удостоверяется, что Аймұханбет Бауыржан Аймұханбет ұлы
и Поветкин Виталий Васильевич; Керимжанова Маншук Фазыловна;
Ахметбеков Ондасын Серикболович*

является(ются) автором(ами) изобретения

(11) 30469

(54) СИЛОВОЙ ГИДРОЦИЛИНДР

(73) *Патентообладатель:* Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(21) 2014/0534.1

(22) 18.04.2014

Заместитель министра юстиции
Республики Казахстан

Э. Азимова



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) A4 (11) 30469

(51) F15B 15/22 (2006.01)

F15B 15/14 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2014/0534.1

(22) 18.04.2014

(45) 15.10.2015, бюл. №10

(72) Поветкин Виталий Васильевич; Керимжанова Маншук Фазыловна; Аймұханбет Бауыржан Аймұханбет ұлы; Ахметбеков Ондасын Серикболович

(73) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(56) А.с. СССР №1201563, 1985

(54) СИЛОВОЙ ГИДРОЦИЛИНДР

(57) Изобретение относится к области машиностроения, в частности к гидроприводу, и может быть использовано для привода рабочих органов.

Повышение надежности, снижение металлоемкости и утечки масла в поршневой полости силового гидроцилиндра достигается разработкой конструкции гидроцилиндра,

снабженного обсадными энергетическими кольцами, создающими в материале корпуса сжимающие напряжения, расположенными на расстоянии $a=2d$ и $b=3d$ (d - внутренний диаметр корпуса) по длине цилиндра и обеспечивающими при работе гидроцилиндра минимальные перемещения корпуса в поперечном направлении, позволяющей снизить металлоемкость гидроцилиндра. Развитие сжимающих напряжений в теле корпуса гидроцилиндра обеспечивается обсадными кольцами, установленными по горячей посадке. Для обеспечения сжимающих напряжений диаметр и ширина кольца выбираются из расчета обеспечения их прочности, а также выбранной посадки.

Техническим результатом изобретения является повышение надежности, снижение металлоемкости корпуса и утечки масла в поршневой полости силового гидроцилиндра за счет усовершенствования конструкции корпуса, снабженного обсадными энергетическими кольцами.

(19) KZ (13) A4 (11) 30469

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к гидроприводу, и может быть использовано для привода рабочих органов.

Известен гидроцилиндр [А.с. СССР №1525351 А1, опубл. 30.11.89, бюл. № 44, F15B 15/22] содержащий корпус с крышкой и установленные в нем поршень со штоком, амортизатор в виде подпружиненного ползуна и снабженное регулируемым напорным клапаном устройство для демпфирования в виде подпружиненного золотника, установленного с возможностью взаимодействия с крышкой с образованием дросселя переменного проходного сечения между поршневой полостью и сливной магистралью, отличающийся тем, что с целью улучшения динамических характеристик торможения и расширения функциональных возможностей, золотник снабжен двумя закрепленными в крышке мембранами разного диаметра, полость между которыми сообщена со сливной магистралью через обратный клапан и последовательно включенные регулируемый напорный клапан и регулируемый дроссель.

Недостатком изобретения является утечка масла в поршневой полости при высоком давлении и большая металлоемкость гидроцилиндра.

Наиболее близким к решению заявленных изобретений является силовой гидроцилиндр [А.с. СССР №1201563 А, опубл. 30.12.85, бюл. №48, F15B 15/22, F15B 15/14], содержащий корпус, в котором размещены поршень и кинематически связанный с рабочим органом шток с образованием поршневой и штоковой рабочих полостей, подводную магистраль и мультипликатор, плунжерная полость которого сообщена с поршневой рабочей полостью, а поршневая - с подводной магистралью через два клапана, один из которых выполнен в виде открытого в сторону подводной магистрали обратного клапана.

Недостатком изобретения является большая утечка масла в поршневой полости при высоком давлении.

Технической задачей изобретения является повышение надежности, снижение металлоемкости и утечки масла в поршневой полости.

Указанная техническая задача достигается разработкой конструкции гидроцилиндра, снабженного обсадными энергетическими кольцами, создающими в материале корпуса сжимающие напряжения, расположенными на некотором расстоянии друг от друга по длине цилиндра и обеспечивающие минимальные перемещения корпуса цилиндра в поперечном направлении, позволяющей снизить металлоемкость гидроцилиндра, толщина стенки которого будет значительно отличаться от проектной. Развитие сжимающих напряжений в теле корпуса гидроцилиндра обеспечивается обсадными кольцами, установленными по горячей посадке. Для обеспечения сжимающих напряжений диаметр и ширина кольца выбираются из расчета обеспечения их прочности, а также от выбранной посадки.

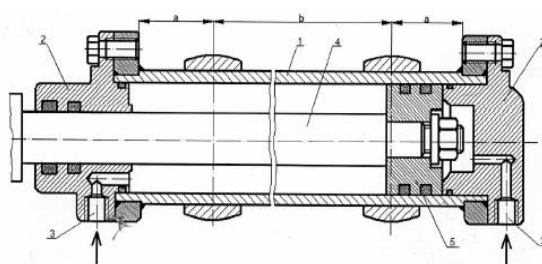
На фиг.1 показано устройство силового гидроцилиндра, состоящее из корпуса - 1, боковых крышек - 2, каналов подачи масла - 3, штока - 4, поршня - 5, a - минимальное расстояние от края крышки, b - минимальное расстояние между обсадными кольцами.

Устройство силового цилиндра работает следующим образом: в предварительно оборудованном гидроцилиндре, т.е. снабженном обсадными энергетическими кольцами для создания сжимающих напряжений в теле корпуса гидроцилиндра, подается масло в поршневую полость и происходит перемещение поршня со штоком в рабочем направлении. Для ограничения или уменьшения утечек гидроцилиндра и снижения металлоемкости за счет уменьшения толщины стенки от расчетной, обсадные энергетические кольца, установленные по горячей посадке, обеспечивают минимальные перемещения тела корпуса гидроцилиндра в поперечном направлении от действия внутренних сил давления жидкости на стенки гидроцилиндра. В данном случае при работе гидроцилиндра возникающие перемещения корпуса должны преодолеть сжимающие напряжения от обсадных энергетических колец гидроцилиндра, что можно использовать для значительного снижения толщины стенки гидроцилиндра, особенно при высоких давлениях, а минимальные перемещения тела корпуса гидроцилиндра в поперечном направлении обеспечиваются минимальными расчетными показателями перемещений, определяющимися расстоянием между обсадными кольцами, между центрами колец, шириной и толщиной обсадных колец, выбранных из прочностных характеристик колец и выбранной посадки их на корпус гидроцилиндра. Расстояния $a=2d$ и $b=3d$, следует выбирать в зависимости от внутреннего диаметра d корпуса гидроцилиндра.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Силовой гидроцилиндр содержащий корпус, в котором размещены поршень и кинематически связанный с рабочим органом шток с образованием поршневой и штоковой рабочих полостей, подводную магистраль и мультипликатор, плунжерная полость которого сообщена с поршневой рабочей полостью, а поршневая - с подводной магистралью через два клапана, один из которых выполнен в виде открытого в сторону подводной магистрали обратного клапана, один из которых выполнен в виде открытого в сторону подводной магистрали обратного клапана, отличающийся тем, что корпус гидроцилиндра снабжен обсадными энергетическими кольцами, установленными на корпус по горячей посадке, расположенными на расстоянии $a=2d$ и $b=3d$ по длине гидроцилиндра, создающими в корпусе гидроцилиндра сжимающие напряжения, которые обеспечивают при работе гидроцилиндра минимальные перемещения корпуса в поперечном направлении, что позволяет значительно снизить

утечки масла и металлоемкость корпуса гидроцилиндра.



Фиг.1

Верстка Н. Киселева
Корректор Д. Жапабаева