

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

Реєстраційний № _____

**КОМПЛЕКСНА КВАЛІФІКАЦІЙНА
БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

Тема роботи:

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних
гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

**Частина І: «Аналіз конструкції напірних гідроциліндрів верстату
СБШ-250МНА»**

Виконав: студент групи ГМБ-22-1ск	_____ В.А.Тараненко
Керівник випускної роботи: доцент	_____ В.А.Громадський
Нормоконтролер: доцент	_____ В.А.Громадський

**Частина ІІ: «Удосконалення конструкції напірних гідроциліндрів
верстату СБШ-250МНА»**

Виконав: студент групи ГМБ-22-1ск1	_____ Я.К.Шевцов
Керівник випускної роботи: доцент	_____ В.А.Громадський
Нормоконтролер: доцент	_____ В.А.Громадський

**Частина ІІІ: «Розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів
верстату СБШ-250МНА»**

Виконав: студент групи ГМБ-22-1ск	_____ Д.С.Малий
Керівник випускної роботи: доцент	_____ В.А.Громадський
Нормоконтролер: доцент	_____ В.А.Громадський

Завідувач кафедри ГМО _____ А.О.Хруцький

«__» _____ 2025р

Кривий Ріг
2025 р

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: механічної інженерії та транспорту Кафедра: гірничих машин і обладнання

Спеціальність: 133- Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою гірничих
машин і обладнання

_____ А.О.Хруцький
" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до комплексної кваліфікаційної (бакалаврської) роботи студенту

Володимир Андрійович Тараненко

1. Тема проекту (роботи)

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

Частина І: «Аналіз конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

затверджена наказом по університету від 23.01.2025р. № 82с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) " ____ " _____ 2025р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Вступ; 1 Обґрунтування вибору бурового верстату; 2 Опис конструкції напірних гідроциліндрів верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА; 3 Аналіз конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА; Висновки до частини І; Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лист 1 Верстат шарошкового буріння СБШ-250МНА

Лист 2 Гідроциліндр напірний

Лист 3 Аналіз циліндру

Лист 4 Аналіз штоку

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: механічної інженерії та транспорту **Кафедра:** гірничих машин і обладнання

Спеціальність: 133- Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою гірничих
машин і обладнання

_____ А.О.Хруцький
" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до комплексної кваліфікаційної (бакалаврської) роботи студенту

Ярослав Костянтинович Шевцов

1. Тема проекту (роботи)

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

Частина II: «Удосконалення конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

затверджена наказом по університету від 23.01.2025р. № 82с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) " ____ " _____ 2025р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Вступ; 4 Розробка удосконаленої конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА; 5 Організація ремонтів; Висновки до частини II; Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лист 1 Втулка. Базовий варіант

Лист 2 Втулка. Пропонований варіант

Лист 3, 4 Аналіз міцності пропонованої втулки

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: механічної інженерії та транспорту **Кафедра:** гірничих машин і обладнання

Спеціальність: 133- Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою гірничих
машин і обладнання

_____ А.О.Хруцький
" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до комплексної кваліфікаційної (бакалаврської) роботи студенту

Денис Сергійович Малий

1. Тема проекту (роботи)

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

Частина III: «Розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

затверджена наказом по університету від 23.01.2025р. № 82с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) " ____ " _____ 2025р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Вступ; 6. Організація ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА; 7 Технологічний процес ремонту деталей напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА; Висновки до частини III; Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лист 1 Складання гідроциліндру напірного

Лист 2 Шток. Циліндр (робочі креслення)

Лист 3 Шток. Циліндр (ремонтні креслення)

Лист 4 Схема наплавлення

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ	17
1.1 Короткий опис та характеристика технологічного процесу	17
1.2. Умови експлуатації верстатів шарошкового буріння	18
1.3. Аналіз обладнання, що може бути використано у таких умовах	21
2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНИХ ГІДРОЦИЛІНДРІВ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250МНА.....	27
2.1 Призначення та область застосування напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА	27
2.2. Технічна характеристика напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА	28
2.3. Опис конструкції та принципу дії напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА	29
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250 МНА.....	37
3.1. Аналіз навантажень, що діють на гідроциліндр	37
3.2. Розрахунок на міцність циліндру від тиску робочої рідини	38
3.3. Розрахунок на міцність і стійкість штоку гідроциліндру	49
Висновки до частини I	57
4 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250МНА.....	62
4.1 Аналіз основних недоліків базової конструкції напірного гідроциліндру	62
4.2. Аналіз відомих шляхів удосконалення конструкції гідроциліндрів	62
4.3. Опис пропонованої конструкції ущільнень	85
4.4. Розрахунок щодо удосконалення системи ущільнень гідроциліндру	88
4.4.1. Визначення міцності удосконаленої втулки	88
4.4.2. Визначення напруження між кільцем і штоком.....	92
5. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТІВ.....	96
5.1. Річний графік ремонтів	96

5.2. Розрахунок ремонтних майстерень	98
5.3. Розрахунок потрібної кількості запасних частин	102
Висновки до частини II	104
6. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ СБШ-250 МНА	109
6.1. Технічна діагностика напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА	109
6.2. Розробка технологічної схеми ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА	112
6.3. Розбирання напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА.....	113
6.4. Миття напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА.....	115
6.5. Дефектація деталей напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА.....	118
6.6. Комплектування і збирання напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА	123
7 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ СБШ-250 МНА	128
7.1. Аналіз методів відновлення поверхонь гідроциліндра	128
7.2. Запропонований спосіб відновлення гідроциліндрів верстату	131
7.3. Розрахунок припусків на технологічні операції відновлення	135
7.4. Розрахунок процесу відновлення високошвидкісним напиленням HVOF	137
Висновки до частини III.....	141
ВИСНОВКИ	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	147

ВСТУП

Гірничі машини відкритих робіт відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного видобутку корисних копалин, зокрема залізної руди. Ефективність цього процесу значною мірою залежить від якості та продуктивності обладнання, яке використовується для підготовки масиву гірських порід до вибуху. Одним із найважливіших етапів є буріння вибухових свердловин, яке в кар'єрах зазвичай здійснюється за допомогою спеціальних бурових верстатів. Серед різноманітного бурового обладнання особливе місце займають верстати шарошкового буріння, які використовуються для створення вибухових свердловин у кар'єрах. Однією з найбільш поширених і ефективних машин для цих завдань є буровий верстат СБШ-250МНА.

Цей верстат зарекомендував себе як надійний і універсальний інструмент, що забезпечує високопродуктивне буріння глибоких свердловин великого діаметра, що необхідні для проведення вибухових робіт та подальшого видобутку залізорудних корисних копалин. Його конструкція та технічні можливості дозволяють ефективно справлятися з бурінням свердловин великого діаметра, що є важливим для підготовки масиву порід до вибухових робіт. Завдяки своїй надійності, продуктивності та адаптації до складних умов експлуатації, СБШ-250МНА став основним буровим обладнанням у більшості кар'єрів України та світу.

Однак для підвищення ефективності його використання необхідно постійно проводити аналіз конструкції та шукати можливості для удосконалення. Враховуючи значний рівень навантажень та інтенсивну експлуатацію цих верстатів, важливими науково-технічними завданнями є аналіз їхньої конструкції з метою удосконалення, підвищення надійності та оптимізації технологічного процесу буріння.

Крім того, важливим аспектом є організація технічного обслуговування та ремонтів, які забезпечують тривалу та безперебійну роботу верстата. Впровадження сучасних технологій діагностики та автоматизації, а також

використання нових матеріалів, може значно підвищити продуктивність обладнання та знизити витрати на його експлуатацію. Усе це робить аналіз та удосконалення верстата СБШ-250МНА актуальним завданням для сучасного гірничодобувного виробництва.

Одним із ключових компонентів верстата шарошкового буріння СБШ-250МНА є його гідравлічна система, яка відповідає за забезпечення стабільної та ефективної роботи обладнання. Гідросистема відіграє важливу роль у формуванні та контролі зусиль, необхідних для процесу буріння. Особливої уваги заслуговують напірні гідроциліндри, які є одними з найбільш навантажених елементів системи.

Напірні гідроциліндри відповідають за створення основного напірного зусилля, яке передається на буровий інструмент під час роботи. Саме завдяки цим механізмам верстат здатний долати значний опір гірських порід, забезпечуючи ефективне буріння свердловин великого діаметра. У процесі експлуатації гідроциліндри працюють в умовах високих навантажень, що ставить особливі вимоги до їх надійності та довговічності.

Важливість напірних гідроциліндрів полягає також у тому, що вони безпосередньо впливають на продуктивність верстата. Будь-які збої або несправності в їх роботі можуть призвести до зниження ефективності буріння або навіть зупинки процесу. Тому аналіз їх конструкції та пошук можливостей для удосконалення є одним із пріоритетних завдань при модернізації верстата.

Удосконалення гідросистеми, зокрема напірних гідроциліндрів, може включати впровадження нових матеріалів, покращення герметичності та зносостійкості деталей, а також оптимізацію режимів роботи для зниження навантажень. Такі заходи дозволять не лише підвищити надійність обладнання, але й зменшити витрати на його технічне обслуговування та ремонт.

Таким чином, гідросистема верстата СБШ-250МНА, а особливо її напірні гідроциліндри, є критично важливим елементом, який визначає ефективність та продуктивність бурових робіт. Постійний аналіз їх роботи та пошук шляхів вдосконалення є необхідною умовою для забезпечення стабільної роботи верстата в умовах високих навантажень.

Метою роботи є аналіз конструкції верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА, зокрема напірних гідроциліндрів, удосконалення їх конструкції та розробка технології ремонту цих гідроциліндрів.

Об'єкт роботи – процес створення зусилля напірними гідроциліндрами верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА.

Предмет роботи – параметри конструкції напірних гідроциліндрів верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної кваліфікаційної бакалаврської
роботи

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

Тема роботи:

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних
гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»

Частина І: «Аналіз конструкції напірних гідроциліндрів верстату
СБШ-250МНА»

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата										
					КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ									
					Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата					
					Разраб.		Тараненко				Аналіз конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ- 250МНА			
					Пров.		Громадський							
					Т. контр.		Громадський							
					Н. контр.									
					Утв.		Хруцький							
					Лит	Лист	Листов							
							14		149					
					ГМО									
					ГМБ-22-1ск									

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 41 с., 25 рис., 2 табл., 25 літературних джерел.

Метою роботи є аналіз конструкції верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА, зокрема напірних гідроциліндрів. Об'єкт роботи – процес створення зусилля напірними гідроциліндрами верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА. Предмет роботи – параметри конструкції напірних гідроциліндрів верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА.

Проведено аналіз конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА. Визначено призначення та область застосування, наведено технічну характеристику. Визначено місце напірного гідроциліндру у напірному механізмі та у гідравлічній мережі.

Проведено розрахунок на міцність циліндру від тиску робочої рідини. Встановлено, що підвищене напруження концентрується по поверхні циліндра і по канавці стопорного кільця, а максимальне напруження концентрується у зоні зварного шва, що поєднує трубу та нижню кришку циліндра з мінімальним запасом міцності 3,5. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна. Проведено розрахунок на втому циліндра. Встановлено, що строк служби циліндру у 3,66 рази більший за строк служби верстата.

Проведено розрахунок на стійкість штоку. Встановлено коефіцієнт критичного поздовжнього навантаження (BLF) для штоку, що становить 2,2, отже втрата стійкості не прогнозується. Проведено дослідження стійкості штока від радіального навантаження для найбільш небезпечного випадку, коли шток максимально висунуто і навантаження прикладено до провусини перпендикулярно осі штока. Встановлено, що критичним радіальним навантаженням на провусину штоку є навантаження у 8000 Н при якому максимальне напруження у матеріалі штоку від радіального навантаження становить 76,5 МПа, запас міцності становить 2,8 а вигин штока становить 8,22 мм.

Ключові слова: ВЕРСТАТ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ, ГІДРОЦИЛІНДР,

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл.	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
											15
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат							

СТРОК СЛУЖБИ, ШТОК, СТІЙКІСТЬ, АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ

1.1 Короткий опис та характеристика технологічного процесу

У Криворізькому залізорудному басейні, де корисні копалини знаходяться в умовах надзвичайно міцних гірських порід, основним методом видобутку є буропідрильний спосіб. Цей підхід широко застосовується як при відкритій, так і при підземній розробці родовищ. Ефективність цього методу полягає в тому, що він дозволяє ефективно подолати високу міцність порід, забезпечуючи оптимальне руйнування масиву для подальшого транспортування та переробки.

На відкритих гірничих роботах технологічний процес організований у вигляді ланцюга послідовних операцій, що включають буріння, навантаження та транспортування гірської маси. Першим етапом є буріння вибухових свердловин за допомогою шарошкових бурових верстатів. Після проведення вибухових робіт підірвану породу завантажують кар'єрні екскаватори у транспортні засоби, які доставляють її до рудопідготовчих фабрик для первинної переробки. Успішність цього ланцюга значною мірою залежить від якості розпушення гірської маси. Важливо, щоб у масі було мінімальне число негабаритних шматків, оскільки це безпосередньо впливає на продуктивність навантажувально-транспортного обладнання. Для досягнення цієї мети необхідна правильно розрахована щільна сітка вибухових свердловин, які пробурюються шарошковими верстатами. Припустимий розмір шматків гірської маси після вибуху визначається технічними характеристиками екскаваторів і транспортних засобів, що використовуються у кар'єрі [8, 10-15].

Сучасним і найпоширенішим методом буріння вибухових свердловин у міцних породах є шарошкове буріння. Ця технологія базується на принципі руйнування породи за допомогою шарошок, які перекачуються по забою. Шарошки, що є основним породоруйнуючим інструментом, отримують рух завдяки обертанню бурової штанги при значних осьових навантаженнях (200–300 кН). Такий механізм дозволяє ефективно долати опір міцних порід і забезпечувати стабільний процес буріння [8].

Підп. і дата						
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Підп. і дата						
Инв. № подл.						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
						17

Шарошкове буріння має ряд важливих переваг, які роблять його одним із найбільш затребуваних методів у гірничій промисловості. По-перше, цей спосіб придатний для руйнування порід з різними фізико-механічними характеристиками, включаючи дуже тверді кварцити та залізні руди. По-друге, воно забезпечує достатньо високу швидкість буріння навіть у складних умовах. По-третє, технологія дозволяє проводити свердловини у будь-якому напрямку, що особливо важливо для кар'єрів із складним рельєфом. Нарешті, шарошкове буріння характеризується можливістю досягати значних глибин і формувати свердловини великих діаметрів, що є ключовим фактором для ефективності вибухових робіт [14, 15].

Проте, як і будь-яка технологія, шарошкове буріння має свої недоліки. Одним із головних обмежень є необхідність застосування значних осьових зусиль, що збільшує навантаження на обладнання та може привести до його передчасного зносу. Крім того, продуктивність буріння суттєво знижується у випадку роботи з обводненими породами, оскільки волога впливає на якість взаємодії шарошок із забоєм. Ще одна проблема пов'язана зі швидкістю спрацювання шарошкових доліт у надзвичайно міцних породах, що призводить до зростання витрат на ремонт та заміну обладнання [10].

Таким чином, шарошкове буріння залишається ключовим методом у технологічному ланцюгу відкритих гірничих робіт, але його ефективність значною мірою залежить від правильного вибору режимів роботи та урахування специфіки гірничо-геологічних умов. Подальше вдосконалення цієї технології, зокрема через впровадження нових матеріалів і конструкцій доліт, може допомогти знизити витрати та підвищити продуктивність видобутку корисних копалин.

1.2. Умови експлуатації верстатів шарошкового буріння

При розробці родовищ, які складаються з твердих гірських порід, буровибухові роботи займають ключове місце серед основних виробничих процесів. Вартість проведення бурових робіт на кар'єрах становить 16–36 % загальних

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
										18

витрат на видобуток однієї тони гірської маси. Якість підготовки масиву до вибуху безпосередньо впливає на продуктивність навантажувально-транспортного обладнання, його довговічність та ефективність експлуатації [9].

На кар'єрах ЦГЗК видобуваються породи з різними характеристиками міцності та буримості. До них належать кварцити, пісчаники, бурі залізняки, залізні кварцити і карбонатна руда. Наприклад, кварцити мають міцність до 18 одиниць за шкалою професора Протод'якова і відносяться до VII групи за буримістю. Бурі залізняки, залізні кварцити, мартити та гідрогематити мають міцність до 16 одиниць і належать до III–IV груп. М'які породи, такі як пісок, глина, сланець, тальк і вапняк, мають міцність не більше 8 одиниць.

Серед методів буріння найбільш поширеним є шарошковий спосіб. Він охоплює понад 82,5 % загального обсягу бурових робіт на відкритих гірничих розробках. Цей процес є не лише трудомістким, але й затратним. Витрати на буріння прямо залежать від міцності порід: чим твердіша порода, тим вища трудомісткість і, відповідно, вище витрати [11].

Економічна ефективність бурових робіт, тобто їхня вартість та швидкість виконання, значною мірою залежить від правильного вибору способу буріння та типу обладнання. Технологія буріння складається з декількох операцій, які можуть виконуватися послідовно або одночасно. Режим буріння визначається частотою обертання бурового інструменту, осьовим зусиллям на забій та кількістю стисненого повітря, що подається для очищення свердловини.

Буріння шарошковими долотами здійснюється за рахунок ударів зубців шарошки по забою. Шарошка перекочується всередині свердловини завдяки обертанню штанги з великим моментом, який зростає при зменшенні міцності породи. При цьому застосовується постійне осьове зусилля, необхідне для заглиблення зубців у породу. Хоча процес зовні нагадує обертальне буріння, ударний контакт зубців із забоем відбувається короткочасно, що відрізняє його від ріжучих методів [10].

Буріння — це технологічний процес, спрямований на створення отворів у породі (шпурів або свердловин). Головна мета — руйнування породи на забої та видалення продуктів руйнування (бурового шламу) на поверхню. Глибина

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
										19

свердловини завжди перевищує висоту уступу на 15–20 % для забезпечення перебуру. Бурова машина — це спеціальне обладнання, призначене для механічного або іншого способу створення штучних поглиблень у гірській породі [8].

Гідроциліндри бурового верстата СБШ-250 виконують функцію подачі бурового інструменту та регулювання осьового навантаження на буровий долот. Для ефективного руйнування породи осьове навантаження повинно становити [16, 17]:

- для м'яких та середніх порід – 80–120 кН;
- для твердих порід – 150–250 кН.

Ці зусилля забезпечуються роботою напірних гідроциліндрів, які передають навантаження через систему подачі бурової колони. Недостатнє зусилля може призвести до низької ефективності буріння, тоді як надмірне — до підвищеного зношування шарошок та інших компонентів бурового інструменту [16, 17].

Швидкість ходу штока гідроциліндрів безпосередньо впливає на швидкість буріння, яка залежить від властивостей породи та оптимального режиму роботи бурового верстата.

Рекомендовані параметри швидкості ходу штока [16, 17]:

- при бурінні у середніх породах – 0,3–0,7 м/хв;
- при бурінні у твердих породах – 0,1–0,3 м/хв.

Для забезпечення стабільності роботи швидкість подачі повинна бути плавно регульованою, що досягається використанням гідравлічних регуляторів та системи керування подачею [16, 17].

Напірні гідроциліндри встановлюються в умовах підвищеної запиленості, що обумовлено процесами руйнування гірських порід та відведення бурового шламу. Запиленість призводить до таких негативних факторів [16, 17]:

- підвищений знос ущільнювачів гідроциліндрів
- можливість забруднення робочої рідини
- підвищене зношування штока та направляючих поверхонь

Для зменшення впливу запиленості необхідно використовувати захисні манжети, системи герметизації та регулярну заміну фільтрів гідравлічної системи

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
										20
					Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

[16, 17].

Оскільки буровий верстат використовує два гідроциліндрів для подачі бурового інструменту, важливим аспектом є їхня синхронізована робота. Несинхронна подача може призвести до [16, 17]:

- деформації бурової колони;
- неоднорідного навантаження на інструмент;
- відхилень свердловини від вертикалі.

Синхронізація досягається використанням системи рівномірного розподілу гідравлічної рідини між циліндрами та контролем тиску в їхніх камерах.

1.3. Аналіз обладнання, що може бути використано у таких умовах

На сучасному етапі розвитку гірничодобувної промисловості існує велика кількість моделей і модифікацій шарошкових бурових верстатів, які виробляються як зарубіжними, так і вітчизняними компаніями. Кожен з цих верстатів має свої технічні характеристики, переваги та специфічні умови застосування, що робить їх придатними для різних гірничо-геологічних умов [14, 15].

Для кар'єрів Південного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК) важливо враховувати особливості порід, що розробляються, а також технологічні вимоги до буріння свердловин. Основні моделі шарошкових верстатів, які можуть бути застосовані на цьому підприємстві, представлені у таблицях 1.1 та 1.2. Ці таблиці містять детальну інформацію про технічні параметри обладнання, включаючи діаметр свердловин, глибину буріння, потужність двигунів та інші ключові характеристики.

Серед зарубіжних виробників виділяються такі компанії, як Sandvik, Atlas Copco, Epiroc та Caterpillar, які пропонують високотехнологічні моделі з широкими можливостями автоматизації та моніторингу. Вітчизняні виробники, зокрема заводи НКМЗ та ІЗ-КАРТЭКС, також активно розробляють конкурентоспроможні моделі, які добре адаптовані до умов українських кар'єрів. До найпоширеніших вітчизняних верстатів належать моделі серії СБШ, які вже

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	застосування, що робить їх придатними для різних гірничо-геологічних умов [14, 15].	
					Для кар'єрів Південного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК) важливо враховувати особливості порід, що розробляються, а також технологічні вимоги до буріння свердловин. Основні моделі шарошкових верстатів, які можуть бути застосовані на цьому підприємстві, представлені у таблицях 1.1 та 1.2. Ці таблиці містять детальну інформацію про технічні параметри обладнання, включаючи діаметр свердловин, глибину буріння, потужність двигунів та інші ключові характеристики.	
					Серед зарубіжних виробників виділяються такі компанії, як Sandvik, Atlas Copco, Epiroc та Caterpillar, які пропонують високотехнологічні моделі з широкими можливостями автоматизації та моніторингу. Вітчизняні виробники, зокрема заводи НКМЗ та ІЗ-КАРТЭКС, також активно розробляють конкурентоспроможні моделі, які добре адаптовані до умов українських кар'єрів. До найпоширеніших вітчизняних верстатів належать моделі серії СБШ, які вже	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		21

	DML	Pit Viper PV-235	Pit Viper PV-271	Pit Viper PV-275	DM-M3	Pit Viper PV-351
Метод буріння	Обертальний з ППУ багатозахідний	Обертальний з ППУ багатозахідний	Обертальний з ППУ багатозахідний	Обертальний з ППУ багатозахідний	Обертальний багатозахідний	Обертальний багатозахідний
Діаметр свердловини, мм	149-270	152-251	171-270	171-270	251-311	270-406
Зусилля подачі, кН	267	267	311	311	400	534
Навантаження на долото, кг	27200	29500	34000	34000	40800	56700
Зусилля підйому, кН	98	120	156	156	185	267
Глибина однозахідного буріння, м	8,5 або 10	12,2 10,7 9,1	16,8	11,3	11,3	19,8
Макс. глибина свердловини	53,3 або 62,5	73,2, 64,0, 54,9	32	59,4	61-73,2	41,1
Швидкість подачі, м/хв	0,7	0,7 – 1,0	0,6	0,6	0,7	0,6-0,8
Крутний момент на наскрізному обертачі кНм	9,76	7,0 -10,6	11,8	11,8	13,8	25,7
Орієнтовна маса, т	39,5-50	58	84	84	108	175-188
Довжина, м	9,7	10,4	12,6	12,6	12,3	16,4
Висота, м	13,3	16	26,5	20,4	20,4	31,6
Ширина, м	5	4,4	5,6	5,6	5,8	8,1
Довжина, м	13,3	16,2	25,5	19,4	20,3	29,9
Висота, м	5,4	5,7	6,7	6,7	7,2	8,5
Низький тиск, обертальний буріння, м³/хв	53,8 при 7,6 бар	53,8 при 7,6 бар	73,6 при 7,6 бар	73,6 при 7,6 бар	73,6 при 7,6 бар	107,6 при 7,6 бар
Високий тиск, буріння з ППУ, м³/хв	41 при 24 бар	41,0 при 24 бар	41,1 при 24 бар	41,1 при 24 бар	-	
Caterpillar C15, к.с.	540 при 1800 об/хв LP1200)	540 при 1800 об/хв LP1200)	800 при 1800 об/хв LP1900)	800 при 1800 об/хв LP1900)	950 при 1800 об/хв LP2600)	1650 при 1800 об/хв
Cummins QSX15, к.с.	530 при 1800 об/хв LP1200)	530 при 1800 об/хв LP1200)	755 при 1800 об/хв LP1900)	755 при 1800 об/хв LP1900)	950 при 1800 об/хв LP2600)	1500 при 1800 об/хв
Діаметр штанги, мм	114, 127, 140, 159, 178, 194	114, 127, 140, 159, 178, 194, 203	159, 178, 194, 203, 219	159, 178, 194, 203, 219	194, 219, 235, 273	219, 235, 273, 324, 340

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл.

КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ

Лист

24

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика верстатів шарошкового буріння типу СБШ [8, 10-15]

Модель верстату	Міцність порід, f	Діаметр/глибина буріння, м	Діаметр долит, мм	Зусилля подачі на забій, кН	Обертальний момент, кНм	Кількість обертів ставу, об/с	Сумарна потужність двигунів, кВт	Маса, т
ЗСБШ-200-60	6-14	200/60	215,9; 244,5	300	4,42...6	До 2,5	386	62
ЗСБШ-200 / 250-55	6-14	200/55	190; 215,9; 244,5	300	4,42...6	До 2,5	386	70,6
6СБШ-200-32	6-14	200/32	190; 215,9; 244,5	300	4,42...6	До 2,5	377	54
СБШ-270 ІЗ	8-20	250/32	244,5; 250,8; 269,9	450	8..13	0..2	315	136
СБШ-270-34	6-14	270/34	269,9	350				141
СБШ-Г-250	16-18	250/32	244,5; 250,8	300			500	90
СБШ250МНА-32	6-20	250/32	244,5; 250,8; 269,9	294	4,2	0,25..2,5	409	85
СБШ-250МНА-32 КП	6-20	250/32	244,5; 250,8; 269,9	320			550	100
СБШ-190 / 250-60	6-20	190/61,5	190; 215,9; 244,5	320				80
СБШ-160 / 200-40	4-18	160/40	161; 171,4; 215,9	235				50
УСБШ-250 А	8-20	250/32	244,5; 250,8	300				75
СБШ-250 МНА-32	8-18	250/32	244,5; 250,8	300			392	70
СБШС-250 Н	6-20	250/32	244,5; 250,8	350				70

Важливо відзначити, що вибір конкретного верстата залежить не лише від його технічних характеристик, але й від таких факторів, як економічна ефективність, доступність запасних частин, простота обслуговування та ремонтпридатність. Наприклад, для кар'єрів з високою абразивністю порід

Лист	Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	25

перевага може надаватися верстатам із посиленою конструкцією та покращеною зносостійкістю шарошок.

У той же час, для умов з меншою міцністю порід можуть бути використані більш легкі та маневрені моделі, які забезпечують високу продуктивність при нижчих експлуатаційних витратах.

Окрім того, сучасні тенденції розвитку бурового обладнання спрямовані на впровадження інноваційних технологій, таких як системи дистанційного керування, автоматичного контролю параметрів буріння та аналізу стану обладнання в реальному часі. Ці технології дозволяють не лише підвищити ефективність роботи, але й знизити вплив людського фактору, що особливо важливо для безпеки на виробництві.

Таким чином, аналіз різних моделей шарошкових верстатів демонструє широкий спектр можливостей для оптимізації процесу буріння на кар'єрах ПівніГЗК. Правильний вибір обладнання, враховуючи як технічні, так і економічні аспекти, є ключовим фактором для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності підприємства.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Инов. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
										26

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНИХ ГІДРОЦИЛІНДРІВ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250МНА

2.1 Призначення та область застосування напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА

Верстат шарошкового буріння СБШ-250МНА є одним із ключових видів обладнання, яке широко застосовується у відкритих гірничих роботах для буріння вибухових свердловин у міцних породах. Його надійність, продуктивність та здатність працювати в складних геологічних умовах значною мірою залежать від ефективності роботи окремих вузлів та механізмів. Серед них особливе місце займають напірні гідроциліндри, які є важливим компонентом гідравлічної системи верстата [16, 17].

Напірні гідроциліндри верстата СБШ-250МНА призначені для створення основного осьового зусилля, необхідного для процесу буріння. Вони забезпечують передачу великих навантажень на буровий інструмент (шарошки), що дозволяє ефективно долати опір гірських порід під час формування свердловин. Осьове зусилля, що розвивається циліндрами, є одним із ключових параметрів, який визначає продуктивність та якість буріння [16, 17].

Гідроциліндри також беруть участь у регулюванні режиму буріння, забезпечуючи можливість плавної зміни навантаження на буровий інструмент. Це дозволяє адаптуватися до зміни характеристик порід, таких як міцність та абразивність, і забезпечує стабільність процесу навіть у найскладніших умовах.

Напірні гідроциліндри знаходять своє застосування в усіх етапах буріння, де потрібна висока точність та контроль зусиль. Основні сфери їх використання включають [16, 17].

Напірні гідроциліндри відповідають за прикладення зусилля до бурового інструменту, що забезпечує заглиблення шарошок у породу. У залежності від міцності порід, циліндри можуть генерувати зусилля на штоці (теоретичне) штовхаюче - 905 кН, тягнуче - 450 кН, що є достатньо для руйнування навіть найтвердіших кварцитів та залізистих руд [16, 17].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	що дозволяє ефективно долати опір гірських порід під час формування свердловин. Осьове зусилля, що розвивається циліндрами, є одним із ключових параметрів, який визначає продуктивність та якість буріння [16, 17].					
					Гідроциліндри також беруть участь у регулюванні режиму буріння, забезпечуючи можливість плавної зміни навантаження на буровий інструмент. Це дозволяє адаптуватися до зміни характеристик порід, таких як міцність та абразивність, і забезпечує стабільність процесу навіть у найскладніших умовах.					
					Напірні гідроциліндри знаходять своє застосування в усіх етапах буріння, де потрібна висока точність та контроль зусиль. Основні сфери їх використання включають [16, 17].					
					Напірні гідроциліндри відповідають за прикладення зусилля до бурового інструменту, що забезпечує заглиблення шарошок у породу. У залежності від міцності порід, циліндри можуть генерувати зусилля на штоці (теоретичне) штовхаюче - 905 кН, тягнуче - 450 кН, що є достатньо для руйнування навіть найтвердіших кварцитів та залізистих руд [16, 17].					
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						27

Гідроциліндри дозволяють точно регулювати осьове зусилля та швидкість подачі бурового інструменту. Це важливо для запобігання перевантаження обладнання та зменшення зносу шарошок у разі зміни міцності порід.

У процесі буріння можуть виникати непередбачені ситуації, наприклад, раптові зміни міцності порід або попадання у водонасичені шари. Напірні гідроциліндри дозволяють оперативно реагувати на такі зміни, забезпечуючи безперервність роботи.

У сучасних моделях верстатів, таких як СБШ-250МНА, напірні гідроциліндри інтегровані з системами автоматичного керування. Це дозволяє оптимізувати параметри буріння, зменшуючи вплив людського фактору та підвищуючи ефективність роботи [16, 17].

2.2. Технічна характеристика напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА

Технічна характеристика [16, 17]

1. Діаметр поршня, мм.	240
2. Діаметр штока, мм.	170
3. Хід поршня, мм.	2350
4. Максимальний робочий тиск, МПа	25
5. Зусилля на штоці (теоретичне), кН	
- штовхаюче	905
- тягнуче.	
	450
6. Кількість гідроциліндрів	2
7. Гідросинхронізація.	
	немає
8. Гідрозамки.	€

Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	1. Діаметр поршня, мм.					
				240					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	2. Діаметр штока, мм.					
				170					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	3. Хід поршня, мм.					
				2350					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	4. Максимальний робочий тиск, МПа 25					
				5. Зусилля на штоці (теоретичне), кН					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	- штовхаюче 905					
				- тягнуче.					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	450					
				6. Кількість гідроциліндрів 2					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	7. Гідросинхронізація.					
				немає					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	8. Гідрозамки. €					
Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					Лист
									28

9. Робоча рідина:

тип рідини гідравлічна олива марки МГЕ-46В або аналоги

рекомендована в'язкість робочої рідини мм²/с при 40 °С 20–40

температурний діапазон роботи рідини -20 °С до +80 °С

10. Тип ущільнень кільця круглого перерізу (O-ring) та манжети

11. Матеріал корпусу циліндра сталь 35

12. Матеріал корпусу штока. сталь 40Х

13. Покриття внутрішньої поверхні

циліндра і зовнішньої поверхні штока. хромування

14. Частота циклів. до 10–15 циклів за хвилину

15. Тривалість безперервної роботи. до 8 годин

2.3. Опис конструкції та принципу дії напірних гідроциліндрів верстатів шарошкового буріння СБШ-250МНА

Напірні гідроциліндри верстату є основним робочим об'єктом та входять у механізм подачі, який призначений для повідомлення голівці бурового снаряда зворотно-поступального руху по напрямних щогли і передачі осьового зусилля на забій (рис 2.1). Штоки гідроциліндрів поєднані з канатно-поліспаотною системою, яка призначена для збільшення ходу бурового снаряду з буровим ставом та головкою бурового снаряда. Осьове зусилля на забій створюється, механізмом подачі через подвійну чотирикратну поліспаотну систему [16, 17].

Гідроциліндри забезпечують поступальне переміщення бурового інструменту та створення необхідного осьового навантаження для ефективного руйнування породи [16, 17].

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 29
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					

Напірні гідроциліндри виконують дві основні функції:

- подача бурового інструменту – поступове занурення шарошкового долота у гірську породу.
- забезпечення необхідного осьового навантаження – тиск на породоруйнівний інструмент для ефективного руйнування гірської породи.

Швидкість руху гідроциліндрів визначає швидкість заглиблення бурового інструменту та ефективність буріння. Оптимальні значення залежать від типу породи [16, 17]:

- середні породи – 0,3–0,7 м/хв
- тверді породи – 0,1–0,3 м/хв

Недостатня швидкість призводить до зниження продуктивності, тоді як надмірна – до прискореного зношення бурового долота та збільшення вібраційних навантажень.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист	
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	30

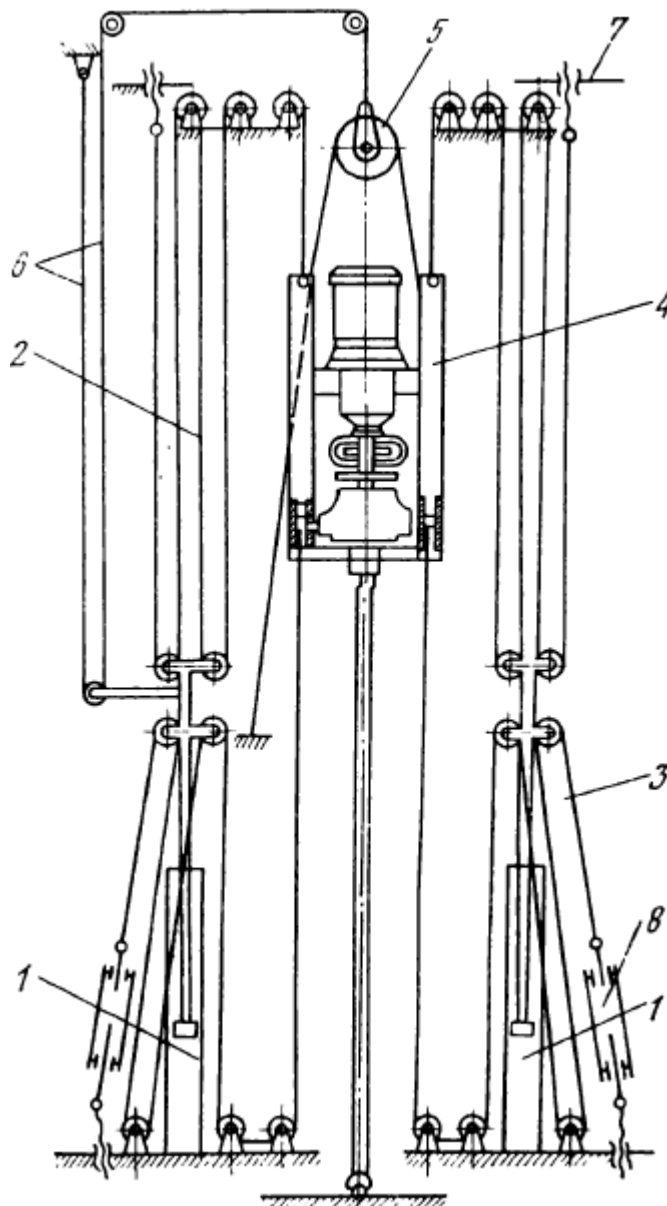


Рис 2.1 – Кінематична схема робочого обладнання бурового шарошкового верстату типу СБШ-250 [5, 10, 19]: 1 – напірний гідроциліндр; 2 – верхні напірні канати; 3 – нижні напірні канати; 4 – рухома каретка обертача; 5 – блок кабелю живлення; 6 – кабель живлення; 7 – болти регулювальні верхніх напірних канатів; 8 – талрепи нижніх напірних канатів

Гідроциліндри напору входять у гідромережу верстату СБШ-250МНА, як виконавчі органи.

Гідравлічна схема бурового верстата СБШ-250МН зображена на рисунку 2.2.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Подп. и дата										
Инв. № дубл.	Подп. и дата				Инв. № инв.	Подп. и дата										
Ли									КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ							
Изм.									Лист							
№ докум.									31							
Подп.																
Дат																

The diagram illustrates the kinematic scheme of a drilling rig. It shows a central vertical shaft with a ball-and-socket joint at the bottom. This shaft is connected to a rotating carriage (4) which supports a cable block (5). The cable block is connected to upper cables (2) and lower cables (3). The lower cables are connected to a hydraulic cylinder (1) and a cable (6). The cable (6) is connected to a cable (7) which is connected to a cable (8). The cable (8) is connected to a cable (9) which is connected to a cable (10). The cable (10) is connected to a cable (11) which is connected to a cable (12). The cable (12) is connected to a cable (13) which is connected to a cable (14). The cable (14) is connected to a cable (15) which is connected to a cable (16). The cable (16) is connected to a cable (17) which is connected to a cable (18). The cable (18) is connected to a cable (19) which is connected to a cable (20). The cable (20) is connected to a cable (21) which is connected to a cable (22). The cable (22) is connected to a cable (23) which is connected to a cable (24). The cable (24) is connected to a cable (25) which is connected to a cable (26). The cable (26) is connected to a cable (27) which is connected to a cable (28). The cable (28) is connected to a cable (29) which is connected to a cable (30). The cable (30) is connected to a cable (31) which is connected to a cable (32). The cable (32) is connected to a cable (33) which is connected to a cable (34). The cable (34) is connected to a cable (35) which is connected to a cable (36). The cable (36) is connected to a cable (37) which is connected to a cable (38). The cable (38) is connected to a cable (39) which is connected to a cable (40). The cable (40) is connected to a cable (41) which is connected to a cable (42). The cable (42) is connected to a cable (43) which is connected to a cable (44). The cable (44) is connected to a cable (45) which is connected to a cable (46). The cable (46) is connected to a cable (47) which is connected to a cable (48). The cable (48) is connected to a cable (49) which is connected to a cable (50). The cable (50) is connected to a cable (51) which is connected to a cable (52). The cable (52) is connected to a cable (53) which is connected to a cable (54). The cable (54) is connected to a cable (55) which is connected to a cable (56). The cable (56) is connected to a cable (57) which is connected to a cable (58). The cable (58) is connected to a cable (59) which is connected to a cable (60). The cable (60) is connected to a cable (61) which is connected to a cable (62). The cable (62) is connected to a cable (63) which is connected to a cable (64). The cable (64) is connected to a cable (65) which is connected to a cable (66). The cable (66) is connected to a cable (67) which is connected to a cable (68). The cable (68) is connected to a cable (69) which is connected to a cable (70). The cable (70) is connected to a cable (71) which is connected to a cable (72). The cable (72) is connected to a cable (73) which is connected to a cable (74). The cable (74) is connected to a cable (75) which is connected to a cable (76). The cable (76) is connected to a cable (77) which is connected to a cable (78). The cable (78) is connected to a cable (79) which is connected to a cable (80). The cable (80) is connected to a cable (81) which is connected to a cable (82). The cable (82) is connected to a cable (83) which is connected to a cable (84). The cable (84) is connected to a cable (85) which is connected to a cable (86). The cable (86) is connected to a cable (87) which is connected to a cable (88). The cable (88) is connected to a cable (89) which is connected to a cable (90). The cable (90) is connected to a cable (91) which is connected to a cable (92). The cable (92) is connected to a cable (93) which is connected to a cable (94). The cable (94) is connected to a cable (95) which is connected to a cable (96). The cable (96) is connected to a cable (97) which is connected to a cable (98). The cable (98) is connected to a cable (99) which is connected to a cable (100). The cable (100) is connected to a cable (101) which is connected to a cable (102). The cable (102) is connected to a cable (103) which is connected to a cable (104). The cable (104) is connected to a cable (105) which is connected to a cable (106). The cable (106) is connected to a cable (107) which is connected to a cable (108). The cable (108) is connected to a cable (109) which is connected to a cable (110). The cable (110) is connected to a cable (111) which is connected to a cable (112). The cable (112) is connected to a cable (113) which is connected to a cable (114). The cable (114) is connected to a cable (115) which is connected to a cable (116). The cable (116) is connected to a cable (117) which is connected to a cable (118). The cable (118) is connected to a cable (119) which is connected to a cable (120). The cable (120) is connected to a cable (121) which is connected to a cable (122). The cable (122) is connected to a cable (123) which is connected to a cable (124). The cable (124) is connected to a cable (125) which is connected to a cable (126). The cable (126) is connected to a cable (127) which is connected to a cable (128). The cable (128) is connected to a cable (129) which is connected to a cable (130). The cable (130) is connected to a cable (131) which is connected to a cable (132). The cable (132) is connected to a cable (133) which is connected to a cable (134). The cable (134) is connected to a cable (135) which is connected to a cable (136). The cable (136) is connected to a cable (137) which is connected to a cable (138). The cable (138) is connected to a cable (139) which is connected to a cable (140). The cable (140) is connected to a cable (141) which is connected to a cable (142). The cable (142) is connected to a cable (143) which is connected to a cable (144). The cable (144) is connected to a cable (145) which is connected to a cable (146). The cable (146) is connected to a cable (147) which is connected to a cable (148). The cable (148) is connected to a cable (149) which is connected to a cable (150). The cable (150) is connected to a cable (151) which is connected to a cable (152). The cable (152) is connected to a cable (153) which is connected to a cable (154). The cable (154) is connected to a cable (155) which is connected to a cable (156). The cable (156) is connected to a cable (157) which is connected to a cable (158). The cable (158) is connected to a cable (159) which is connected to a cable (160). The cable (160) is connected to a cable (161) which is connected to a cable (162). The cable (162) is connected to a cable (163) which is connected to a cable (164). The cable (164) is connected to a cable (165) which is connected to a cable (166). The cable (166) is connected to a cable (167) which is connected to a cable (168). The cable (168) is connected to a cable (169) which is connected to a cable (170). The cable (170) is connected to a cable (171) which is connected to a cable (172). The cable (172) is connected to a cable (173) which is connected to a cable (174). The cable (174) is connected to a cable (175) which is connected to a cable (176). The cable (176) is connected to a cable (177) which is connected to a cable (178). The cable (178) is connected to a cable (179) which is connected to a cable (180). The cable (180) is connected to a cable (181) which is connected to a cable (182). The cable (182) is connected to a cable (183) which is connected to a cable (184). The cable (184) is connected to a cable (185) which is connected to a cable (186). The cable (186) is connected to a cable (187) which is connected to a cable (188). The cable (188) is connected to a cable (189) which is connected to a cable (190). The cable (190) is connected to a cable (191) which is connected to a cable (192). The cable (192) is connected to a cable (193) which is connected to a cable (194). The cable (194) is connected to a cable (195) which is connected to a cable (196). The cable (196) is connected to a cable (197) which is connected to a cable (198). The cable (198) is connected to a cable (199) which is connected to a cable (200). The cable (200) is connected to a cable (201) which is connected to a cable (202). The cable (202) is connected to a cable (203) which is connected to a cable (204). The cable (204) is connected to a cable (205) which is connected to a cable (206). The cable (206) is connected to a cable (207) which is connected to a cable (208). The cable (208) is connected to a cable (209) which is connected to a cable (210). The cable (210) is connected to a cable (211) which is connected to a cable (212). The cable (212) is connected to a cable (213) which is connected to a cable (214). The cable (214) is connected to a cable (215) which is connected to a cable (216). The cable (216) is connected to a cable (217) which is connected to a cable (218). The cable (218) is connected to a cable (219) which is connected to a cable (220). The cable (220) is connected to a cable (221) which is connected to a cable (222). The cable (222) is connected to a cable (223) which is connected to a cable (224). The cable (224) is connected to a cable (225) which is connected to a cable (226). The cable (226) is connected to a cable (227) which is connected to a cable (228). The cable (228) is connected to a cable (229) which is connected to a cable (230). The cable (230) is connected to a cable (231) which is connected to a cable (232). The cable (232) is connected to a cable (233) which is connected to a cable (234). The cable (234) is connected to a cable (235) which is connected to a cable (236). The cable (236) is connected to a cable (237) which is connected to a cable (238). The cable (238) is connected to a cable (239) which is connected to a cable (240). The cable (240) is connected to a cable (241) which is connected to a cable (242). The cable (242) is connected to a cable (243) which is connected to a cable (244). The cable (244) is connected to a cable (245) which is connected to a cable (246). The cable (246) is connected to a cable (247) which is connected to a cable (248). The cable (248) is connected to a cable (249) which is connected to a cable (250). The cable (250) is connected to a cable (251) which is connected to a cable (252). The cable (252) is connected to a cable (253) which is connected to a cable (254). The cable (254) is connected to a cable (255) which is connected to a cable (256). The cable (256) is connected to a cable (257) which is connected to a cable (258). The cable (258) is connected to a cable (259) which is connected to a cable (260). The cable (260) is connected to a cable (261) which is connected to a cable (262). The cable (262) is connected to a cable (263) which is connected to a cable (264). The cable (264) is connected to a cable (265) which is connected to a cable (266). The cable (266) is connected to a cable (267) which is connected to a cable (268). The cable (268) is connected to a cable (269) which is connected to a cable (270). The cable (270) is connected to a cable (271) which is connected to a cable (272). The cable (272) is connected to a cable (273) which is connected to a cable (274). The cable (274) is connected to a cable (275) which is connected to a cable (276). The cable (276) is connected to a cable (277) which is connected to a cable (278). The cable (278) is connected to a cable (279) which is connected to a cable (280). The cable (280) is connected to a cable (281) which is connected to a cable (282). The cable (282) is connected to a cable (283) which is connected to a cable (284). The cable (284) is connected to a cable (285) which is connected to a cable (286). The cable (286) is connected to a cable (287) which is connected to a cable (288). The cable (288) is connected to a cable (289) which is connected to a cable (290). The cable (290) is connected to a cable (291) which is connected to a cable (292). The cable (292) is connected to a cable (293) which is connected to a cable (294). The cable (294) is connected to a cable (295) which is connected to a cable (296). The cable (296) is connected to a cable (297) which is connected to a cable (298). The cable (298) is connected to a cable (299) which is connected to a cable (300). The cable (300) is connected to a cable (301) which is connected to a cable (302). The cable (302) is connected to a cable (303) which is connected to a cable (304). The cable (304) is connected to a cable (305) which is connected to a cable (306). The cable (306) is connected to a cable (307) which is connected to a cable (308). The cable (308) is connected to a cable (309) which is connected to a cable (310). The cable (310) is connected to a cable (311) which is connected to a cable (312). The cable (312) is connected to a cable (313) which is connected to a cable (314). The cable (314) is connected to a cable (315) which is connected to a cable (316). The cable (316) is connected to a cable (317) which is connected to a cable (318). The cable (318) is connected to a cable (319) which is connected to a cable (320). The cable (320) is connected to a cable (321) which is connected to a cable (322). The cable (322) is connected to a cable (323) which is connected to a cable (324). The cable (324) is connected to a cable (325) which is connected to a cable (326). The cable (326) is connected to a cable (327) which is connected to a cable (328). The cable (328) is connected to a cable (329) which is connected to a cable (330). The cable (330) is connected to a cable (331) which is connected to a cable (332). The cable (332) is connected to a cable (333) which is connected to a cable (334). The cable (334) is connected to a cable (335) which is connected to a cable (336). The cable (336) is connected to a cable (337) which is connected to a cable (338). The cable (338) is connected to a cable (339) which is connected to a cable (340). The cable (340) is connected to a cable (341) which is connected to a cable (342). The cable (342) is connected to a cable (343) which is connected to a cable (344). The cable (344) is connected to a cable (345) which is connected to a cable (346). The cable (346) is connected to a cable (347) which is connected to a cable (348). The cable (348) is connected to a cable (349) which is connected to a cable (350). The cable (350) is connected to a cable (351) which is connected to a cable (352). The cable (352) is connected to a cable (353) which is connected to a cable (354). The cable (354) is connected to a cable (355) which is connected to a cable (356). The cable (356) is connected to a cable (357) which is connected to a cable (358). The cable (358) is connected to a cable (359) which is connected to a cable (360). The cable (360) is connected to a cable (361) which is connected to a cable (362). The cable (362) is connected to a cable (363) which is connected to a cable (364). The cable (364) is connected to a cable (365) which is connected to a cable (366). The cable (366) is connected to a cable (367) which is connected to a cable (368). The cable (368) is connected to a cable (369) which is connected to a cable (370). The cable (370) is connected to a cable (371) which is connected to a cable (372). The cable (372) is connected to a cable (373) which is connected to a cable (374). The cable (374) is connected to a cable (375) which is connected to a cable (376). The cable (376) is connected to a cable (377) which is connected to a cable (378). The cable (378) is connected to a cable (379) which is connected to a cable (380). The cable (380) is connected to a cable (381) which is connected to a cable (382). The cable (382) is connected to a cable (383) which is connected to a cable (384). The cable (384) is connected to a cable (385) which is connected to a cable (386). The cable (386) is connected to a cable (387) which is connected to a cable (388). The cable (388) is connected to a cable (389) which is connected to a cable (390). The cable (390) is connected to a cable (391) which is connected to a cable (392). The cable (392) is connected to a cable (393) which is connected to a cable (394). The cable (394) is connected to a cable (395) which is connected to a cable (396). The cable (396) is connected to a cable (397) which is connected to a cable (398). The cable (398) is connected to a cable (399) which is connected to a cable (400). The cable (400) is connected to a cable (401) which is connected to a cable (402). The cable (402) is connected to a cable (403) which is connected to a cable (404). The cable (404) is connected to a cable (405) which is connected to a cable (406). The cable (406) is connected to a cable (407) which is connected to a cable (408). The cable (408) is connected to a cable (409) which is connected to a cable (410). The cable (410) is connected to a cable (411) which is connected to a cable (412). The cable (412) is connected to a cable (413) which is connected to a cable (414). The cable (414) is connected to a cable (415) which is connected to a cable (416). The cable (416) is connected to a cable (417) which is connected to a cable (418). The cable (418) is connected to a cable (419) which is connected to a cable (420). The cable (420) is connected to a cable (421) which is connected to a cable (422). The cable (422) is connected to a cable (423) which is connected to a cable (424). The cable (424) is connected to a cable (425) which is connected to a cable (426). The cable (426) is connected to a cable (427) which is connected to a cable (428). The cable (428) is connected to a cable (429) which is connected to a cable (430). The cable (430) is connected to a cable (431) which is connected to a cable (432). The cable (432) is connected to a cable (433) which is connected to a cable (434). The cable (434) is connected to a cable (435) which is connected to a cable (436). The cable (436) is connected to a cable (437) which is connected to a cable (438). The cable (438) is connected to a cable (439) which is connected to a cable (440). The cable (440) is connected to a cable (441) which is connected to a cable (442). The cable (442) is connected to a cable (443) which is connected to a cable (444). The cable (444) is connected to a cable (445) which is connected to a cable (446). The cable (446) is connected to a cable (447) which is connected to a cable (448). The cable (448) is connected to a cable (449) which is connected to a cable (450). The cable (450) is connected to a cable (451) which is connected to a cable (452). The cable (452) is connected to a cable (453) which is connected to a cable (454). The cable (454) is connected to a cable (455) which is connected to a cable (456). The cable (456) is connected to a cable (457) which is connected to a cable (458). The cable (458) is connected to a cable (459) which is connected to a cable (460). The cable (460) is connected to a cable (461) which is connected to a cable (462). The cable (462) is connected to a cable (463) which is connected to a cable (464). The cable (464) is connected to a cable (465) which is connected to a cable (466). The cable (466) is connected to a cable (467) which is connected to a cable (468). The cable (468) is connected to a cable (469) which is connected to a cable (470). The cable (470) is connected to a cable (471) which is connected to a cable (472). The cable (472) is connected to a cable (473) which is connected to a cable (474). The cable (474) is connected to a cable (475) which is connected to a cable (476). The cable (476) is connected to a cable (477) which is connected to a cable (478). The cable (478) is connected to a cable (479) which is connected to a cable (480). The cable (480) is connected to a cable (481) which is connected to a cable (482). The cable (482) is connected to a cable (483) which is connected to a cable (484). The cable (484) is connected to a cable (485) which is connected to a cable (486). The cable (486) is connected to a cable (487) which is connected to a cable (488). The cable (488) is connected to a cable (489) which is connected to a cable (490). The cable (490) is connected to a cable (491) which is connected to a cable (492). The cable (492) is connected to a cable (493) which is connected to a cable (494). The cable (494) is connected to a cable (495) which is connected to a cable (496). The cable (496) is connected to a cable (497) which is connected to a cable (498). The cable (498) is connected to a cable (499) which is connected to a cable (500). The cable (500) is connected to a cable (501) which is connected to a cable (502). The cable (502) is connected to a cable (503) which is connected to a cable (504). The cable (504) is connected to a cable (505) which is connected to a cable (506). The cable (506) is connected to a cable (507) which is connected to a cable (508). The cable (508) is connected to a cable (509) which is connected to a cable (510). The cable (510) is connected to a cable (511) which is connected to a cable (512). The cable (512) is connected to a cable (513) which is connected to a cable (514). The cable (514) is connected to a cable (515) which is connected to a cable (516). The cable (516) is connected to a cable (517) which is connected to a cable (518). The cable (518) is connected to a cable (519) which is connected to a cable (520). The cable (520) is connected to a cable (521) which is connected to a cable (522). The cable (522) is connected to a cable (523) which is connected to a cable (524). The cable (524) is connected to a cable (525) which is connected to a cable (526). The cable (526) is connected to a cable (527) which is connected to a cable (528). The cable (528) is connected to a cable (529) which is connected to a cable (530). The cable (530) is connected to a cable (531) which is connected to a cable (532). The cable (532) is connected to a cable (533) which is connected to a cable (534). The cable (534) is connected to a cable (535) which is connected to a cable (536). The cable (536) is connected to a cable (537) which is connected to a cable (538). The cable (538) is connected to a cable (539) which is connected to a cable (540). The cable (540) is connected to a cable (541) which is connected to a cable (542). The cable (542) is connected to a cable (543) which is connected to a cable (544). The cable (544) is connected to a cable (545) which is connected to a cable (546). The cable (546) is connected to a cable (547) which is connected to a cable (548). The cable (548) is connected to a cable (549) which is connected to a cable (550). The cable (550) is connected to a cable (551) which is connected to a cable (552). The cable (552) is connected to a cable (553) which is connected to a cable (554). The cable (554) is connected to a cable (555) which is connected to a cable (556). The cable (556) is connected to a cable (557) which is connected to a cable (558). The cable (558) is connected to a cable (559) which is connected to a cable (560). The cable (560) is connected to a cable (561) which is connected to a cable (562). The cable (562) is connected to a cable (563) which is connected to a cable (564). The cable (564) is connected to a cable (565) which is connected to a cable (566). The cable (566) is connected to a cable (567) which is connected to a cable (568). The cable (568) is connected to a cable (569) which is connected to a cable (570). The cable (570) is connected to a cable (571) which is connected to a cable (572). The cable (572) is connected to a cable (573) which is connected to a cable (574). The cable (574) is connected to a cable (575) which is connected to a cable (576). The cable (576) is connected to a cable (577) which is connected to a cable (578). The cable (578) is connected to a cable (579) which is connected to a cable (580). The cable (580) is connected to a cable (581) which is connected to a cable (582). The cable (582) is connected to a cable (583) which is connected to a cable (584). The cable (584) is connected to a cable (585) which is connected to a cable (586). The cable (586) is connected to a cable (587) which is connected to a cable (588). The cable (588) is connected to a cable (589) which is connected to a cable (590). The cable (590) is connected to a cable (591) which is connected to a cable (592). The cable (592) is connected to a cable (593) which is connected to a cable (594). The cable (594) is connected to a cable (595) which is connected to a cable (596). The cable (596) is connected to a cable (597) which is connected to a cable (598). The cable (598) is connected to a cable (599) which is connected to a cable (600). The cable (600) is connected to a cable (601) which is connected to a cable (602). The cable (602) is connected to a cable (603) which is connected to a cable (604). The cable (604) is connected to a cable (605) which is connected to a cable (606). The cable (606) is connected to a cable (607) which is connected to a cable (608). The cable (608) is connected to a cable (609) which is connected to a cable (610). The cable (610) is connected to a cable (611) which is connected to a cable (612). The cable (612) is connected to a cable (613) which is connected to a cable (614). The cable (614) is connected to a cable (615) which is connected to a cable (616). The cable (616) is connected to a cable (617) which is connected to a cable (618). The cable (618) is connected to a cable (619) which is connected to a cable (620). The cable (620) is connected to a cable (621) which is connected to a cable (622). The cable (622) is connected to a cable (623) which is connected to a cable (624). The cable (624) is connected to a cable (625) which is connected to a cable (626). The cable (626) is connected to a cable (627) which is connected to a cable (628). The cable (628) is connected to a cable (629) which is connected to a cable (630). The cable (630) is connected to a cable (631) which is connected to a cable (632). The cable (632) is connected to a cable (633) which is connected to a cable (634). The cable (634) is connected to a cable (635) which is connected to a cable (636). The cable (636) is connected to a cable (637) which is connected to a cable (638). The cable (638) is connected to a cable (639) which is connected to a cable (640). The cable (640) is connected to a cable (641) which is connected to a cable (642). The cable (642) is connected to a cable (643) which is connected to a cable (644). The cable (644) is connected to a cable (645) which is connected to a cable (646). The cable (646) is connected to a cable (647) which is connected to a cable (648). The cable (648) is connected to a cable (649) which is connected to a cable (650). The cable (650) is connected to a cable (651) which is connected to a cable (652). The cable (652) is connected to a cable (653) which is connected to a cable (654). The cable (654) is connected to a cable (655) which is connected to a cable (656). The cable (656) is connected to a cable (657) which is connected to a cable (658). The cable (658) is connected to a cable (659) which is connected to a cable (660). The cable (660) is connected to a cable (661) which is connected to a cable (662). The cable (662) is connected to a cable (663) which is connected to a cable (664). The cable (664) is connected to a cable (665) which is connected to a cable (666). The cable (666) is connected to a cable (667) which is connected to a cable (668). The cable (668) is connected to a cable (669) which is connected to a cable (670). The cable (670) is connected to a cable (671) which is connected to a cable (672). The cable (672) is connected to a cable (673) which is connected to a cable (674). The cable (674) is connected to a cable (675) which is connected to a cable (676). The cable (676) is connected to a cable (677) which is connected to a cable (678). The cable (678) is connected to a cable (679) which is connected to a cable (680). The cable (680) is connected to a cable (681) which is connected to a cable (682). The cable (682) is connected to a cable (683) which is connected to a cable (684). The cable (684) is connected to a cable (685) which is connected to a cable (686). The cable (686) is connected to a cable (687) which is connected to a cable (688). The cable (688) is connected to a cable (689) which is connected to a cable (690). The cable (690) is connected to a cable (691) which is connected to a cable (692). The cable (692) is connected to a cable (693) which is connected to a cable (694). The cable (694) is connected to a cable (695) which is connected to a cable (696). The cable (696) is connected to a cable (697) which is connected to a cable (698). The cable (698) is connected to a cable (699) which is connected to a cable (700). The cable (700) is connected to a cable (701) which is connected to a cable (702). The cable (702) is connected to a cable (703) which is connected to a cable (704). The cable (704) is connected to a cable (705) which is connected to a cable (706). The cable (706) is connected to a cable (707) which is connected to a cable (708). The cable (708) is connected to a cable (709) which is connected to a cable (710). The cable (710) is connected to a cable (711) which is connected to a cable (712). The cable (712) is connected to a cable (713) which is connected to a cable (714). The cable (714) is connected to a cable (715) which is connected to a cable (716). The cable (716) is connected to a cable (717) which is connected to a cable (718). The cable (718) is connected to a cable (719) which is connected to a cable (720). The cable (720) is connected to a cable (721) which is connected to a cable (722). The cable (722) is connected to a cable (723) which is connected to a cable (724). The cable (724) is connected to a cable (725) which is connected to a cable (726). The cable (726) is connected to a cable (727) which is connected to a cable (728). The cable (728) is connected to a cable (729) which is connected to a cable (730). The cable (730) is connected to a cable (731) which is connected to a cable (732). The cable (732) is connected to a cable (733) which is connected to a cable (734). The cable (734) is connected to a cable (735) which is connected to a cable (736). The cable (736) is connected to a cable (737) which is connected to a cable (738). The cable (738) is connected to a cable (739) which is connected to a cable (740). The cable (740) is connected to a cable (741) which is connected to a cable (742). The cable (742) is connected to a cable (743) which is connected to a cable (744). The cable (744) is connected to a cable (745) which is connected to a cable (746). The cable (746) is connected to a cable (747) which is connected to a cable (748). The cable (748) is connected to a cable (749) which is connected to a cable (750). The cable (750) is connected to a cable (751) which is connected to a cable (752). The cable (752) is connected to a cable (753) which is connected to a cable (754). The cable (754) is connected to a cable (755) which is connected to a cable (756). The cable (756) is connected to a cable (757) which is connected to a cable (758). The cable (758) is connected to a cable (759) which is connected to a cable (760). The cable (760) is connected to a cable (761) which is connected to a cable (762). The cable (762) is connected to a cable (763) which is connected to a cable (764). The cable (764) is connected to a cable (765) which is connected to a cable (766). The cable (766) is connected to a cable (767) which is connected to a cable (768). The cable (768) is connected to a cable (769) which is connected to a cable (770). The cable (770) is connected to a cable (771) which is connected to a cable (772). The cable (772) is connected to a cable (773) which is connected to a cable (774). The cable (774) is connected to a cable (775) which is connected to a cable (776). The cable (776) is connected to a cable (777) which is connected to a cable (778). The cable (778) is connected to a cable (779) which is connected to a cable (780). The cable (780) is connected to a cable (781) which is connected to a cable (782). The cable (782) is connected to a cable (783) which is connected to a cable (784). The cable (784) is connected to a cable (785) which is connected to a cable (786). The cable (786) is connected to a cable (787) which is connected to a cable (788). The cable (788) is connected to a cable (789) which is connected to a cable (790). The cable (790) is connected to a cable (791) which is connected to a cable (792). The cable (792) is connected to a cable (793) which is connected to a cable (794). The cable (794) is connected to a cable (795) which is connected to a cable (796). The cable (796) is connected to a cable (797) which is connected to a cable (798). The cable (798) is connected to a cable (799) which is connected to a cable (800). The cable (800) is connected to a cable (801) which is connected to a cable (802). The cable (802) is connected to a cable (803) which is connected to a cable (804). The cable (804) is connected to a cable (805) which is connected to a cable (806). The cable (806) is connected to a cable (807) which is connected to a cable (808). The cable (808) is connected to a cable (809) which is connected to a cable (810). The cable (810) is connected to a cable (811) which is connected to a cable (812). The cable (812) is connected to a cable (813) which is connected to a cable (814). The cable (814) is connected to a cable (815) which is connected to a cable (816). The cable (816) is connected to a cable (817) which is connected to a cable (818). The cable (818) is connected to a cable (819) which is connected to a cable (820). The cable (820) is connected to a cable (821) which is connected to a cable (822). The cable (822) is connected to a cable (823) which is connected to a cable (824). The cable (824) is connected to a cable (825) which is connected to a cable (826). The cable (826) is connected to a cable (827) which is connected to a cable (828). The cable (828) is connected to a cable (829) which is connected to a cable (830). The cable (830) is connected to a cable (831) which is connected to a cable (832). The cable (832) is connected to a cable (833) which is connected to a cable (834). The cable (834) is connected to a cable (835) which is connected to a cable (836). The cable (836) is connected to a cable (837) which is connected to a cable (838). The cable (838) is connected to a cable (839) which is connected to a cable (840). The cable (840) is connected to a cable (841) which is connected to a cable (842). The cable (842) is connected to a cable (843) which is connected to a cable (844). The cable (844) is connected to a cable (845) which is connected to a cable (846). The cable (846) is connected to a cable (847) which is connected to a cable (848). The cable (848) is connected to a cable (849) which is connected to a cable (850). The cable (850) is connected to a cable (851) which is connected to a cable (852). The cable (852) is connected to a cable (853) which is connected to a cable (854). The cable (854) is connected to a cable (855) which is connected to a cable (856). The cable (856) is connected to a cable (857) which is connected to a cable (858). The cable (858) is connected to a cable (859) which is connected to a cable (860). The cable (860) is connected to a cable (861) which is connected to a cable (862). The cable (862) is connected to a cable (863) which is connected to a cable (864). The cable (864) is connected to a cable (865) which is connected to a cable (866). The cable (866) is connected to a cable (867) which is connected to a cable (868). The cable (868) is connected to a cable (869) which is connected to a cable (870). The cable (870) is connected to a cable (871) which is connected to a cable (872). The cable (872) is connected to a cable (8

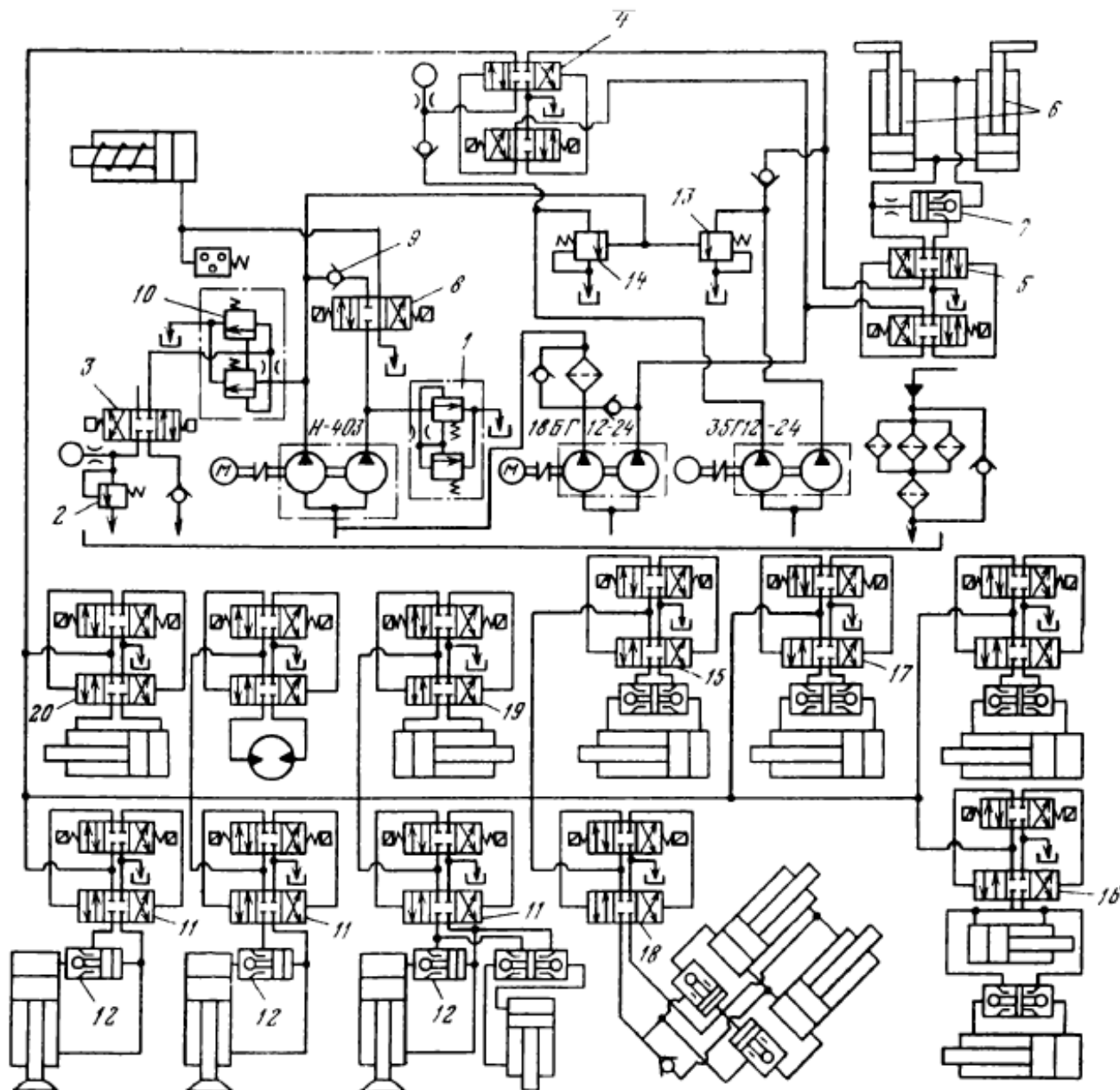


Рис 2.2 – Гідравлічна схема верстату СБШ-250МН [16, 17]: 1 – клапан запобіжний на 12,5МПа; 2 – регулятор тиску що має діапазон від 0 до 10МПа; 3 – золотник; 4 – золотник реверсивний; 5 – золотник реверсивний; 6 – гідроциліндри напірні; 7 – гідрозамок; 8 – золотник; 9 – клапан зворотній; 10 – клапан запобіжний; 11 – золотник; 12 – гідрозамок; 13 – 20 - золотники

Основними елементами гідроприводу є насоси Н-403Е, 35Г12-24 і 18БГ12-22, які забезпечують подачу робочої рідини до різних виконавчих механізмів [16, 17].

- насос Н-403Е – двосекційний, має продуктивність 35 л/хв.

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл.

КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ

Лист

32

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

- насос 35Г12-24 – здвоєний, з подачею 70 і 35 л/хв відповідно.
- насос 18БГ12-22 – подає робочу рідину через фільтр до насоса Н-403Е та забезпечує роботу системи керування реверсивними золотниками маслостанції.

Граничний тиск у гідросистемі забезпечується запобіжним клапаном (поз. 1), який обмежує його до 12,5 МПа. Регулювання цього параметра здійснюється через регулятор тиску (поз. 2), який підключений до клапана через золотник (поз. 3).

Розглянемо роботу гідравлічної системи в процесі буріння.

При роботі з твердими породами активуються насоси 18БГ12-22 і Н-403Е. Потік робочої рідини з Н-403Е спрямовується через реверсивні золотники (поз. 4 і 5) до напірних гідроциліндрів (поз. 6), забезпечуючи їхню роботу. Водночас рідина зі штокової порожнини відводиться через гідрозамок (поз. 7) та реверсивний золотник (поз. 5) у бак [16, 17].

При необхідності розвантаження однієї з секцій насоса Н-403Е використовується реверсивний золотник (поз. 8), який перенаправляє потік робочої рідини на злив.

У випадку буріння менш твердих порід насос Н-403Е підключається до напірної магістралі через золотник (поз. 8), а для стабілізації тиску використовуються зворотний клапан (поз. 9) та запобіжний клапан (поз. 10). Це дає змогу збільшити швидкість подачі інструмента [16, 17].

Розглянемо роботу гідросистеми під час переміщення бурового става.

Для підйому бурового става в роботу залучаються насоси 18БГ12-22 і Н-403Е. Потік робочої рідини з насоса Н-403Е проходить через реверсивні золотники (поз. 4 і 5), а потім через гідрозамок (поз. 7) потрапляє у штокові порожнини напірних гідроциліндрів. Далі рідина проходить через золотник (поз. 5) та спрямовується у бак на злив [16, 17].

При необхідності швидкого переміщення бурового става (як при підйомі, так і при спуску) додатково використовується потік робочої рідини від насоса 18БГ12-24. Під час швидкого спуску напірні порожнини

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 33
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					

гідроциліндрів з'єднуються золотником (поз. 5), а злив у бак блокується. Водночас до потоку рідини від насосів додається рідина зі штокової порожнини, що прискорює опускання бурового става на забій [16, 17].

Розглянемо заходи аварійного захисту та гідравлічного горизонтування верстату.

Якщо відбувається перевантаження приводного електродвигуна обертача, спрацьовує золотник (поз. 3), який через запобіжний клапан скидає тиск у системі до безпечного рівня (1,5 МПа).

Перед початком буріння для вирівнювання верстата використовується гідравлічна система домкратів. Потік рідини спрямовується до гідроциліндрів домкратів через золотники (поз. 4 і 11) та гідрозамки (поз. 12). Водночас зі штокових порожнин через золотники (поз. 11) робоча рідина відводиться у бак.

Якщо тиск у системі зростає до 6,0 МПа, частина рідини (35 л/хв) від насоса 35Г12-24 скидається у бак через золотник (поз. 13). При подальшому підвищенні тиску до 7,0 МПа золотник (поз. 14) відкриває додатковий шлях зливу рідини з другої секції насоса (70 л/хв). Після зупинки насосів гідроциліндри домкратів блокуються гідрозамками.

Управління допоміжними механізмами [16, 17]:

- Підйом і опускання люнета здійснюється за допомогою золотників (поз. 15), які отримують рідину від насосів 18БГ12-22 і Н-403Е.
- Касета зі штангами обертається під дією золотника (поз. 16).
- Фіксація штанги у люнеті виконується завдяки включенню золотника (поз. 17).
- Щогла піднімається і опускається через золотник (поз. 18).
- Механізм згвинчування керується через золотник (поз. 19), а верхній ключ активується золотником (поз. 20).

Гідравлічна система бурового верстата СБШ-250МН забезпечує стабільну роботу механізмів буріння, переміщення бурового става, горизонтування та допоміжних пристроїв. Використання реверсивних золотників та регулювання тиску дозволяє адаптувати параметри

Ине. № подл.	Подп. и дата	додатковий шлях зливу рідини з другої секції насоса (70 л/хв). Після зупинки насосів гідроциліндри домкратів блокуються гідрозамками.				
		Управління допоміжними механізмами [16, 17]:				
		- Підйом і опускання люнета здійснюється за допомогою золотників (поз. 15), які отримують рідину від насосів 18БГ12-22 і Н-403Е.				
		- Касета зі штангами обертається під дією золотника (поз. 16).				
Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	- Фіксація штанги у люнеті виконується завдяки включенню золотника (поз. 17).			
			- Щогла піднімається і опускається через золотник (поз. 18).			
			- Механізм згвинчування керується через золотник (поз. 19), а верхній ключ активується золотником (поз. 20).			
			Гідравлічна система бурового верстата СБШ-250МН забезпечує стабільну роботу механізмів буріння, переміщення бурового става, горизонтування та допоміжних пристроїв. Використання реверсивних золотників та регулювання тиску дозволяє адаптувати параметри			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
						34

гідросистеми до різних умов буріння, що підвищує ефективність роботи та зменшує знос обладнання.

Конструкція напірного гідроциліндру наведена на рис 2.3.

Він складається з безпосередньо циліндру 1, що є зварною конструкцією з труби та основи, поршня 2, надітого на шток 3. Поршень 2 утримується на штоці за допомогою гайки 12, що фіксується шплінтом 5. На посадковому місці поршня на штоці зроблено дві канавки для ущільнюючих кілець 14, які запобігають перетіканню оливи з однієї порожнини до іншої. На поршні встановлені ущільнюючі манжети 8, які притискаються дисками 18 і фіксуються дисками 6. З іншого боку циліндра встановлена втулка, яка закриває порожнину зворотного ходу. Втулка фіксується замковими кільцями 4 та 7. Від вітокі оливи на зовнішній частині гайки зроблено канавки для ущільнюючих кілець 14. Для запобігання витікання оливи під час руху штока у втулці в отворі встановлено манжети 9 з диском ущільнюючим 10. Додатково встановлено кільце ущільнююче 16.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
						35
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

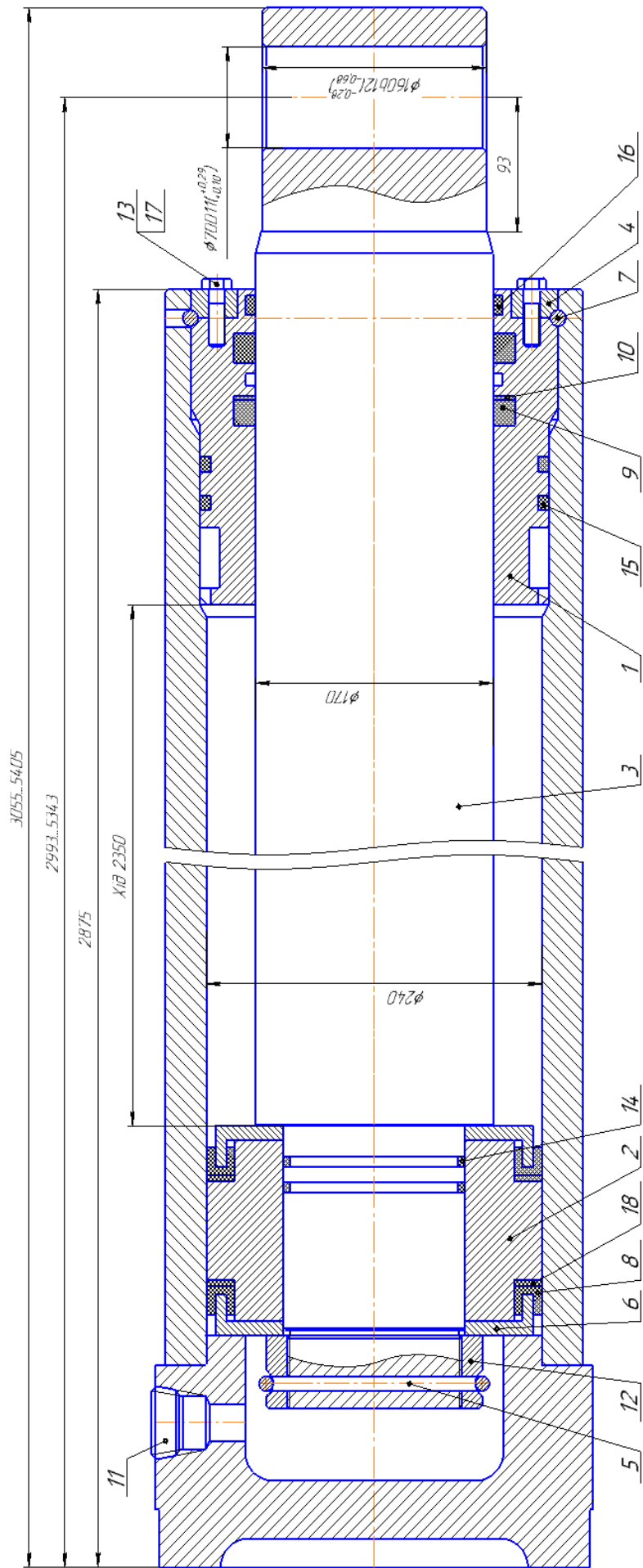


Рис 2.3 – Напірний гідроциліндр верстату СБШ-250МНА: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – кільце замкове; 5 – шплінт стопорний; 6 – диск притискний; 7 – кільце замкове; 8 – манжета; 9 – манжета; 10 – диск ущільнюючий; 11 – пробка зливна; 12 – гайка; 13 – болт; 14, 15, 16 – кільце ущільнююче; 17 – шайба; 18 – диск ущільнюючий.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250 МНА

3.1. Аналіз навантажень, що діють на гідроциліндр

Робочий цикл буріння складається з двох фаз:

- фаза буріння, що характеризується максимальним напором у 905 кН, що розвиває гідроциліндр;
- фаза зворотного ходу, що характеризується половинним напором у 450 кН, що розвиває гідроциліндр;

Під час цих фаз у порожнинах гідроциліндра розвивається тиск олії у 20МПа.

У процесі роботи гідроциліндра на його конструктивні елементи діють різноманітні види навантаження, які визначають умови експлуатації, довговічність та надійність агрегату. До основних видів навантаження належать:

- внутрішній тиск робочої рідини (гідравлічне навантаження) є основним навантаженням у гідроциліндрі, якому піддаються його деталі; діє на поршень, корпус циліндра, ущільнювачі та елементи з'єднань;
- механічне навантаження на шток, яке виникає при передачі зусиль на зовнішні конструкції; може бути розтягуючим або стискаючим, а також згинаючим, у разі несумісності осей з'єднань;
- динамічні навантаження, які можуть виникати при надмірній вібрації при буріння, яку не може демпфувати канатно-поліспатний механізм; призводять до втоми матеріалу та ослаблення з'єднань.
- теплові навантаження, які виникають внаслідок нагріву оливи при інтенсивній роботі; впливають на зміну в'язкості рідини, зношення ущільнень і герметичність.
- поперечне навантаження (бічні зусилля), яке може виникати при незбалансованості канатно-поліспатної системи або при буріння під кутом нахилу щогли; може викликати згин штока, перекоси і підвищений знос напрямних втулок.

Попл. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Попл. и дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ				Лист
									37

Виходячи з результатів аналізу конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА, та враховуючи його довжину у більше ніж 2 м, потрібно провести наступні дослідження міцності деталей гідроциліндру:

- розрахунок циліндру на міцність і втому від діючого навантаження від тиску оливи;
- розрахунок стійкості штока за зминання при максимальному висуванні;
- розрахунок стійкості штоку при бічному навантаженні при максимальному висуванні.
- розрахунок міцності замкового механізму, що блокує рух втулки (поз 1, рис 2.3) за допомогою кільця (поз. 7, рис 2.3);

3.2. Розрахунок на міцність циліндру від тиску робочої рідини

Робоча рідина, що знаходиться у порожнинах гідроциліндру, знаходиться під тиском 20МПа. Тиск впливає на усю внутрішню поверхню циліндру.

Для визначення впливу тиску на деталі гідроциліндру було розроблено двоступеневе дослідження через великий розмір самого гідроциліндру. Для зменшення обсягу розрахунку було побудовано дві окремі комп'ютерні моделі: циліндр і шток.

3.1.2. Розрахунок циліндра на міцність. Комп'ютерна модель циліндра, побудована для розрахунку наведена на рис 3.1, являє собою складання з трьох деталей – труби (поз. 1, рис 3.3), кришки задньої (поз 2, рис 3.3) та зварного шва (поз.3, рис 3.3). Надалі передбачено розраховувати таке складання, як одну суцільну деталь, якою у реальності циліндр і є. Причому оскільки циліндр є симетричним відносно фронтальної площини, то побудована тільки його симетрична половина для зменшення обсягу розрахунку.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		38

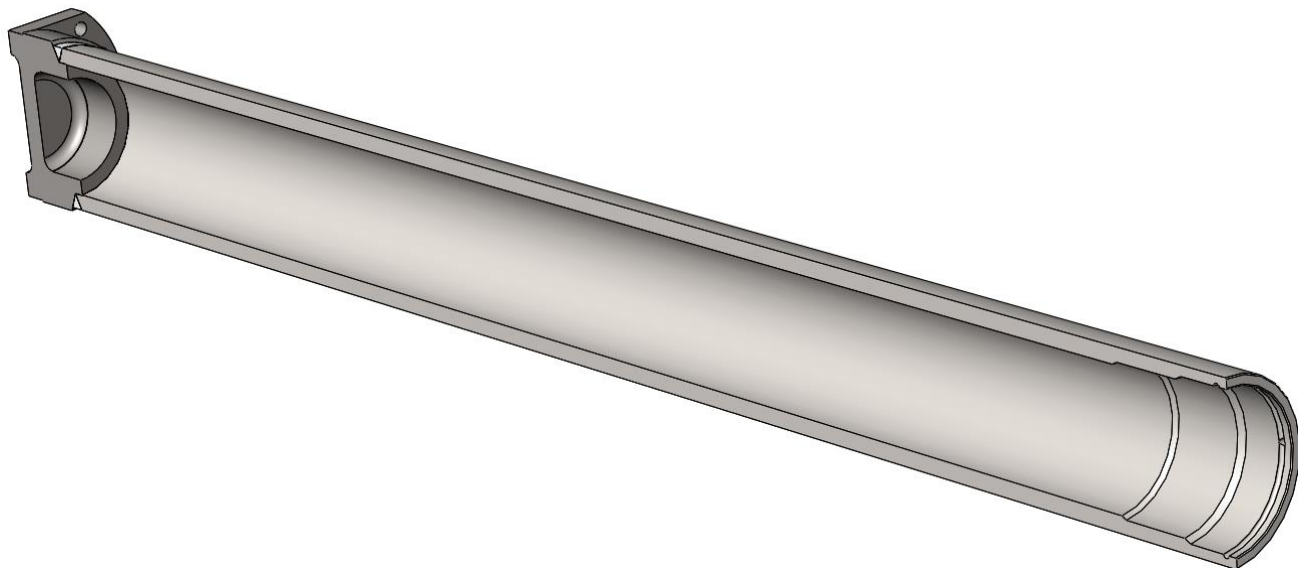


Рис 3.1 - Комп'ютерна модель циліндра

Розрахунок проводився за допомогою модуля SolidWorks Simulation.

Матеріал усіх деталей моделі – легрована сталь, що за параметрами найближча до матеріалу, з якого виготовлено гідроциліндр, а саме сталі 40Х.

Граничні умови. У розрахунковій моделі встановлені наступні граничні умови кріплення:

- симетрія відносно фронтальної площини (рис 3.2) для зменшення обсягу розрахункової області
- віртуальна стіна (поз 4, рис 3.3), що моделює нижню частину щогли, де встановлені гідроциліндри напору;
- фундаментні болти (поз. 5, рис 3.3), що моделюють болти кріплення гідроциліндру до щогли.

У розрахунковій моделі встановлені наступні граничні умови навантаження:

- тиск на внутрішню поверхню циліндру від тиску робочої рідини у 20 МПа (поз. 6, рис 3.3);
- сила, що діє на канавку замкового кільця (поз. 7, рис 3.3) у 450кН, яка відповідає силі реакції при зворотному ході поршня.

Сітка розрахункової області (рис 3.4) має розмір комірки 8 мм.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	умови кріплення:	
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	– симетрія відносно фронтальної площини (рис 3.2) для зменшення обсягу розрахункової області – віртуальна стіна (поз 4, рис 3.3), що моделює нижню частину щогли, де встановлені гідроциліндри напору; – фундаментні болти (поз. 5, рис 3.3), що моделюють болти кріплення гідроциліндру до щогли.	
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	У розрахунковій моделі встановлені наступні граничні умови навантаження: – тиск на внутрішню поверхню циліндру від тиску робочої рідини у 20 МПа (поз. 6, рис 3.3); – сила, що діє на канавку замкового кільця (поз. 7, рис 3.3) у 450кН, яка відповідає силі реакції при зворотному ході поршня. Сітка розрахункової області (рис 3.4) має розмір комірки 8 мм.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
						39

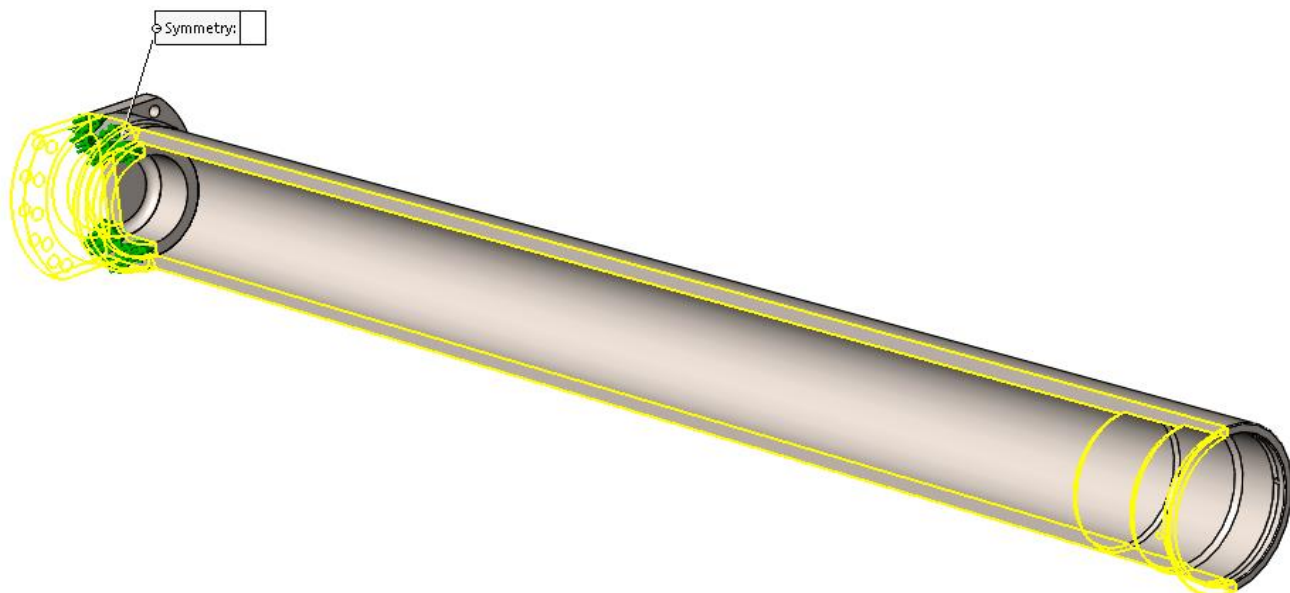


Рис 3.2 – Гранична умова Симетрія

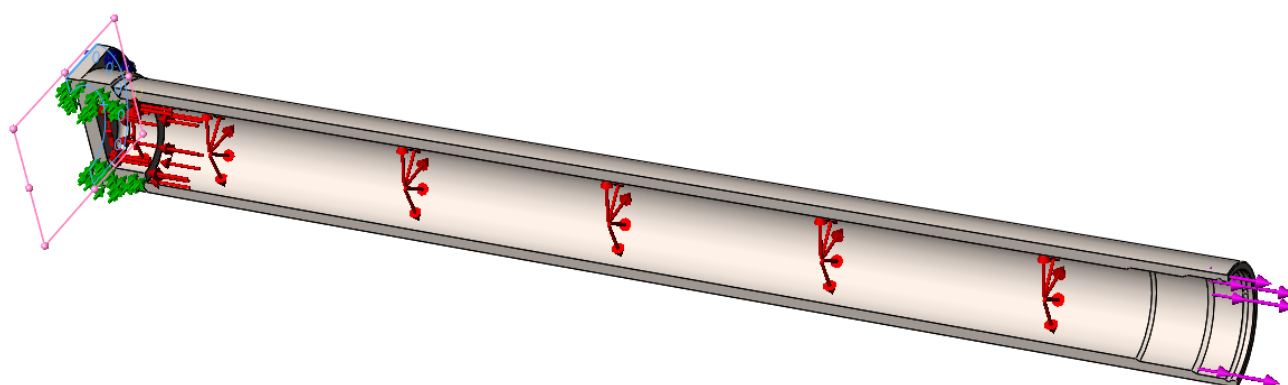
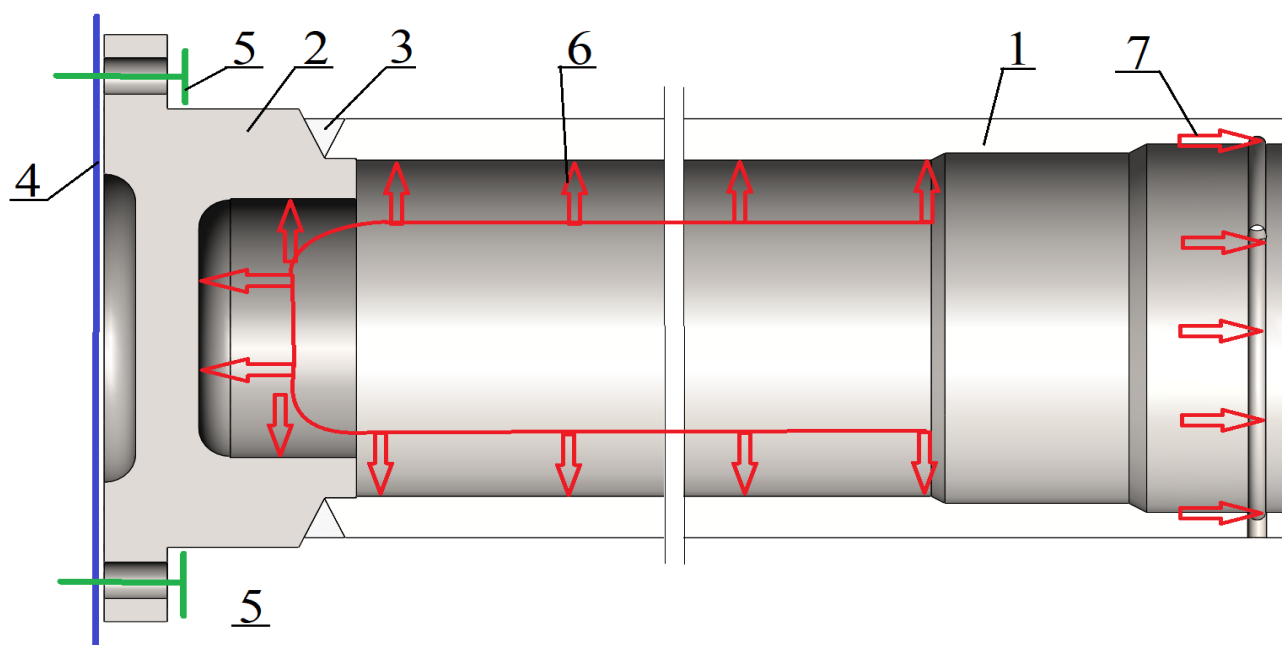


Рис 3.3 – Граничні умови: 1 – труба; 2 – кришка задня; 3 – зварний шов; 4 – віртуальна стіна; 5 – фундаментні болти; 6 – тиск від робочої рідини; 7 – реакція на робоче зусилля поршня.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат



Рис 3.4 – Сітка

Результати розрахунку на міцність наведено на рис 3.5-3.7.

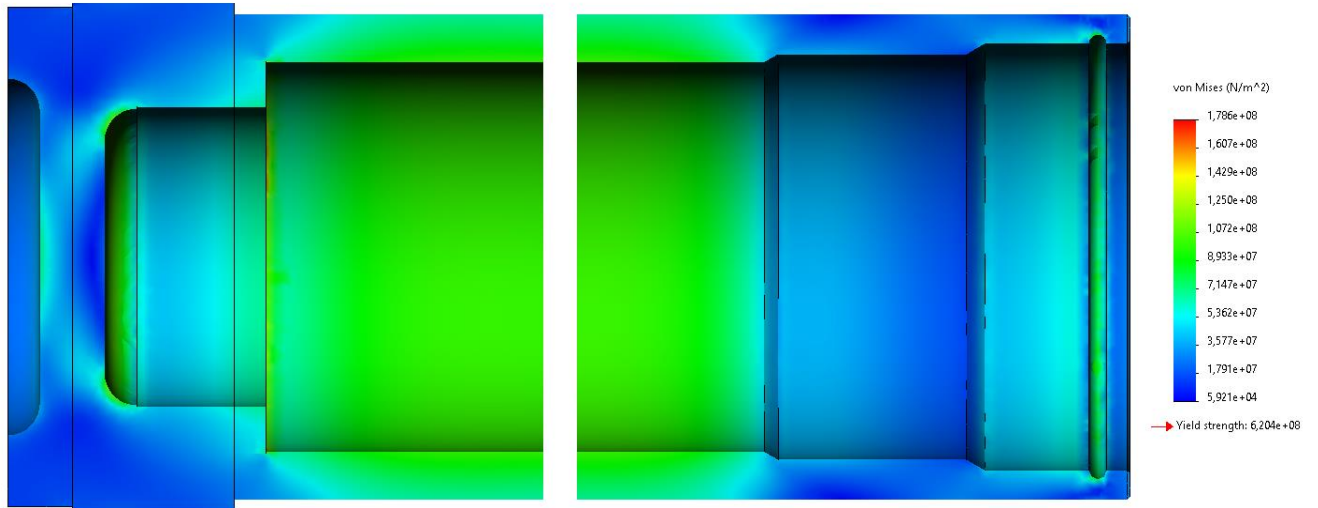
Встановлено, що максимальне напруження становить 178 МПа, а середнє напруження характерне для більшості обсягу матеріалу циліндра становить до 100МПа.

Встановлено, що підвищене напруження концентрується по поверхні циліндра і по канавці стопорного кільця, а максимальне напруження концентрується у зоні зварного шва, що поєднує трубу та нижню кришку циліндра, тому рекомендується змінити конструкцію кришки так, щоб тут було скруглення або циліндрична грань.

Встановлено, що деформація внутрішнього простору циліндричної частини циліндра становить 0,0646 мм, що може вплинути на якість посадки поршня.

Встановлено, що мінімальний запас міцності становить 3,5 по кромці, де концентруються максимальні напруження. Запас міцності по стінкам циліндру, днищу та по канавці стопорного кільця становить 8. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Встановлено, що підвищене напруження концентрується по поверхні циліндра і по канавці стопорного кільця, а максимальне напруження концентрується у зоні зварного шва, що поєднує трубу та нижню кришку циліндра, тому рекомендується змінити конструкцію кришки так, щоб тут було скруглення або циліндрична грань.					
Встановлено, що деформація внутрішнього простору циліндричної частини циліндра становить 0,0646 мм, що може вплинути на якість посадки поршня.					
Встановлено, що мінімальний запас міцності становить 3,5 по кромці, де концентруються максимальні напруження. Запас міцності по стінкам циліндру, днищу та по канавці стопорного кільця становить 8. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна.					
КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					41
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	



Model name: 3145.00.070 СБ - Цилиндр
Study name: Static 1(-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1
Volume (Element/Geometric) = 0,02 %/ 0,00 %

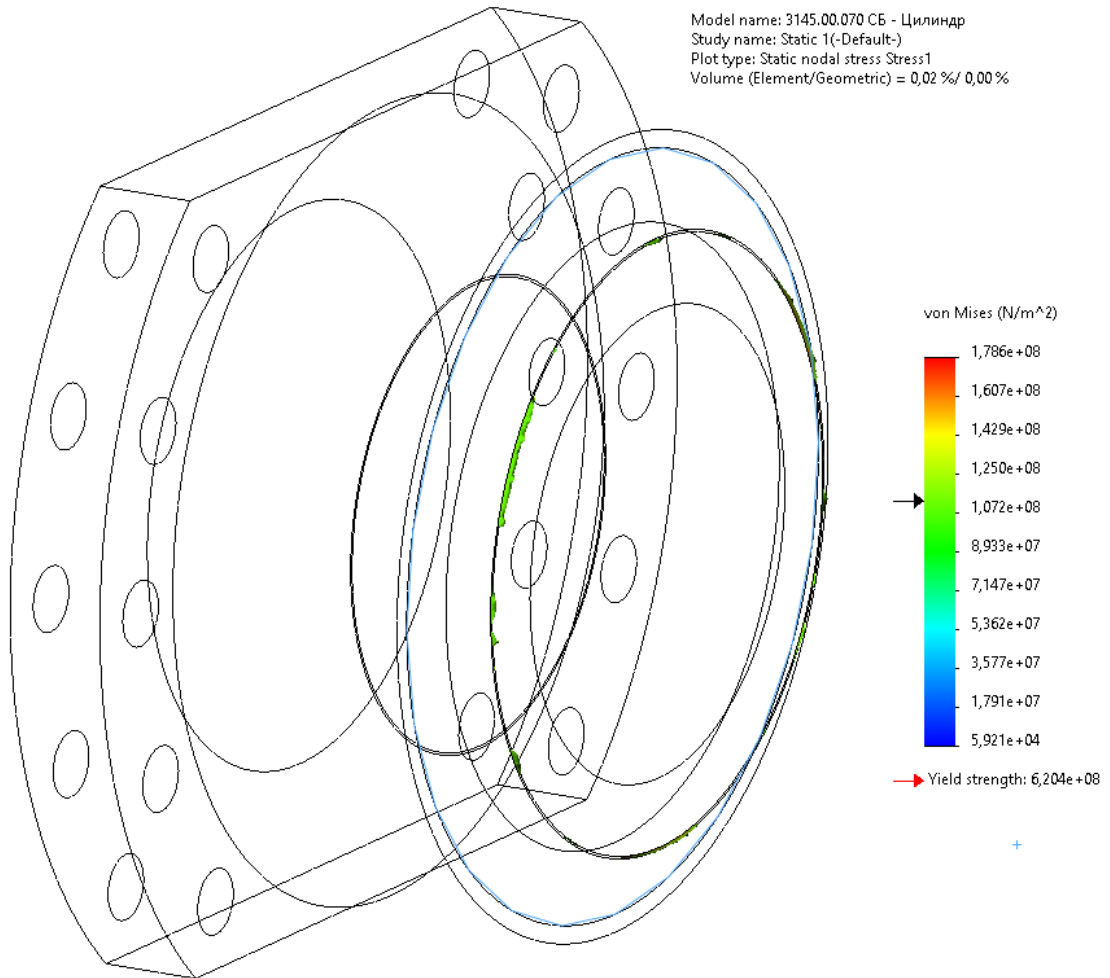


Рис 3.5 – Напруження у матеріалі циліндру

Инва. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инва. № дубл.			
Инва. № инв.			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

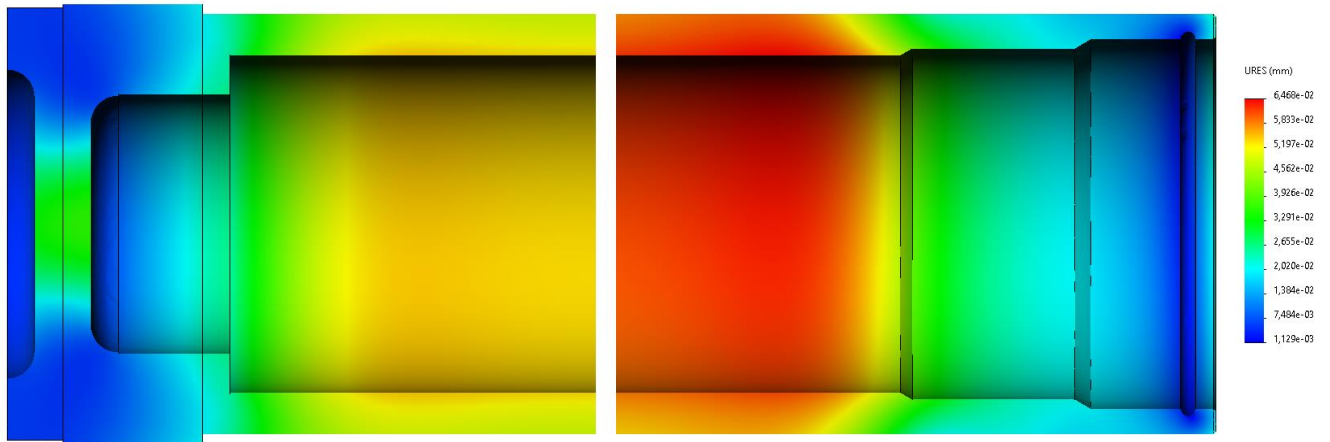


Рис 3.6 – Деформація матеріалу циліндру

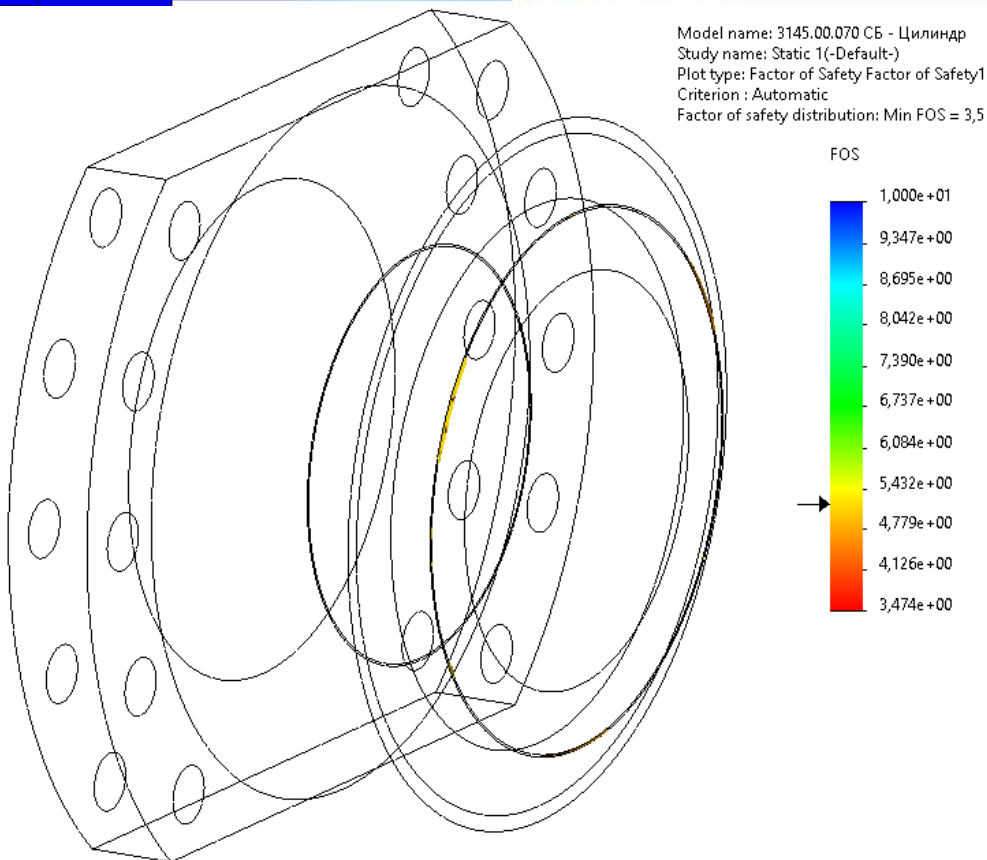
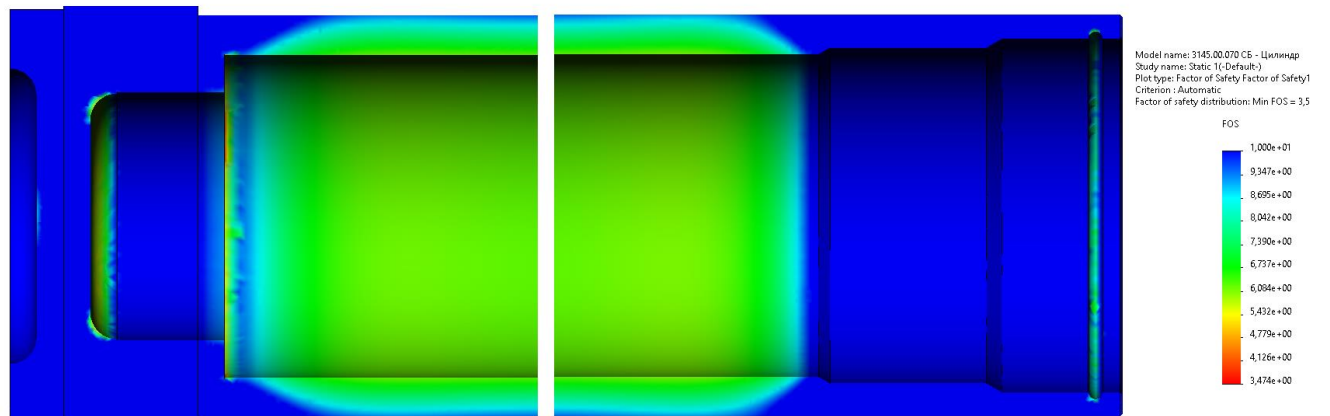


Рис 3.7 – Запас міцності

Инев. № подп.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

3.1.2. Розрахунок циліндра на втому

Проведемо розрахунок на втому матеріалу циліндру, який піддається суттєвим навантаженням як від тиску робочої рідини, так і від сили реакції роботи гідроциліндру.

Для розрахунку на втому використовуються дані попереднього розрахунку на міцність.

Граничні умови розрахунку на втому. На першому етапі завдання умов розрахунку на втому створюється подія (рис 3.8). Встановлено кількість циклів навантаження встановлено 1 000 000 циклів навантаження, що з великим запасом характеризує строк служби напірного гідроциліндру.

У якості типу навантаження встановлюється Zero Based (LR = 0) (Від нуля) (рис 3.8). Такий тип навантаження базується на одному довідковому дослідженні, усі навантаження та компоненти напруги в еталонному дослідженні змінюють свої величини пропорційно від своїх максимальних значень, визначених еталонним дослідженням, до нуля.

Нарешті, у якості базового дослідження встановлено попереднє дослідження на міцність

Zero Based (LR = 0)

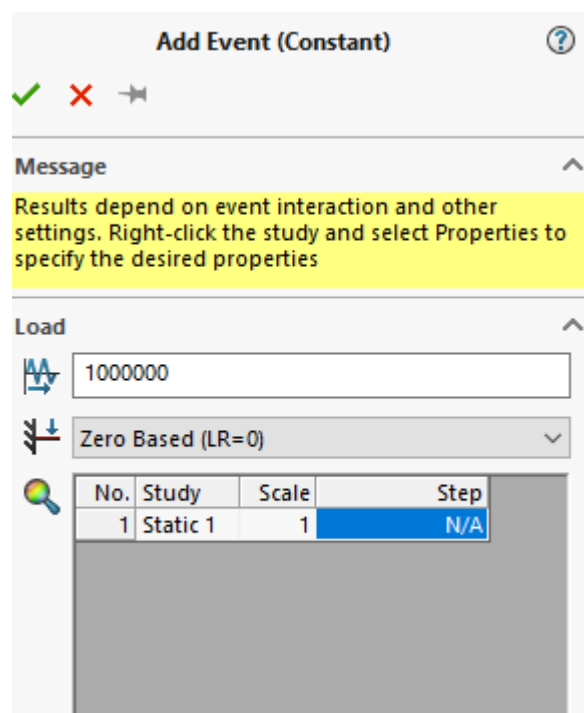
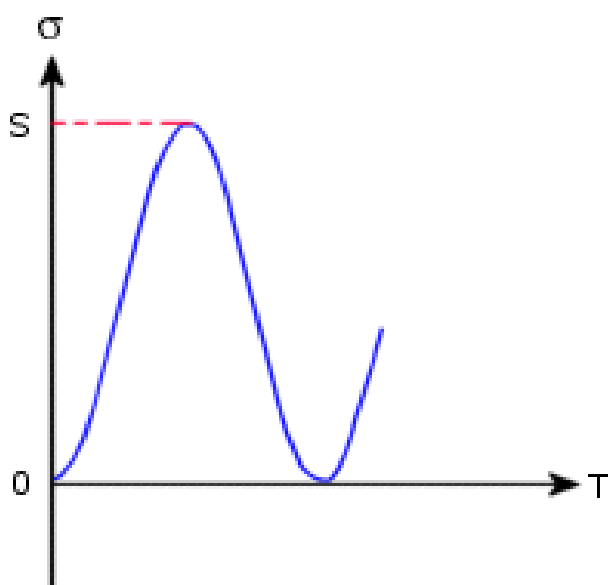


Рис 3.8 – Подія розрахунку на втому

Инв. № подл.	Подп. и дата				КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	Лист
Инв. № дубл.	Взам. инв. №					44
Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Нарешті, у якості базового дослідження встановлено попереднє дослідження на міцність

Zero Based (LR = 0)

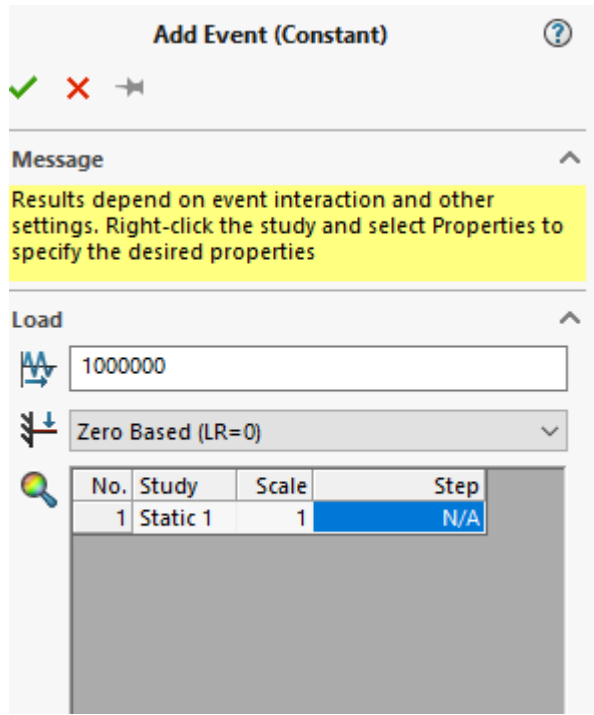
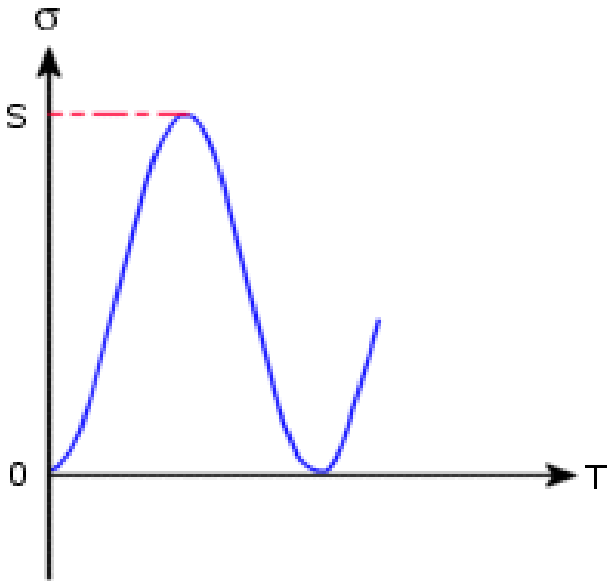


Рис 3.8 – Подія розрахунку на втому

На другому етапі завдання умов розрахунку на втоми задається крива втоми матеріалу циліндру (рис 3.9), що характеризує зниження міцності при збільшенні циклів навантаження. Задана крива відповідає властивостям матеріалу гідроциліндра.

Properties Tables & Curves **Fatigue SN Curves** Appearance CrossHatch Cust

Source
Interpolate: Linear
Define: Curve-0(R=-1)
Derive from material Elastic Modulus:
Based on ASME Austenitic Steel curves
Based on ASME Carbon Steel curves
Define fatigue S-N equation (for random vibration fatigue analysis)

Preview
View All

Table data
Stress Ratio (R): -1 Units: N/mm^2 (MPA)
File View Save

Points	N	S
1	1000	263.5
2	100000	144.5
3	199000	126.7
4	298000	116.3
5	397000	108.9
6	496000	103.1
7	595000	98.42
8	694000	94.44
9	793000	90.99
10	892000	87.95
11	991000	85.23
12		

Source:

Рис 3.9 – Крива втоми матеріалу циліндру

У результаті розрахунку втоми отримані діаграми строку служби, пошкодження, коефіцієнт міцності (рис 3.10-3.12).

Life (строк служби) (рис 3.10) - кількість циклів, що спричиняє відмову в місці розташування моделі. На графіку це перетин між горизонтальною лінією для σ і кривою S-N:

$$Life = N - \Delta N \quad (3.1)$$

Стійкість залежить лише від значення напруги в місці та кривої S-N. Це не залежить від кількості циклів втоми.

Якщо скориговане змінне напруження в моделі падає нижче рівня напруження в останній точці кривої S-N, програма використовує кількість циклів, визначену для останньої точки кривої S-N.

Встановлено, що циліндр практично повністю витримує 1 000 000 циклів навантаження і тільки на кромці зварного шва, де концентрується максимальне напруження, граничне значення циклів навантаження становить 500 000 циклів.

Damage (пошкодження) (рис 3.11) - коефіцієнт сукупної шкоди у відсотках або відсоток витраченого строку служби:

$$Damage = N/(N - \Delta N) \quad (3.2)$$

Значення 1 вказує на те, що визначені події втоми займають 100% терміну служби моделі в цьому місці.

Встановлено, що практично весь циліндр витримає 120% строку служби (або 1 200 000 циклів навантаження) і тільки перевантажена кромка зварного шва витримає 100%.

Factor of Safety (коефіцієнт міцності) (рис 3.12) - відношення величини напруження, яка викликає втомне руйнування, до напруження σ .

$$FOS = (\sigma - \Delta \sigma) / \sigma \quad (3.3)$$

Коефіцієнт міцності 2,0 у певному місці передбачає несправність у цьому місці, якщо прикладені навантаження помножити на 2,0.

Встановлено, що у найбільш навантаженому місці, навантаження потрібно зменшити у 1,2 рази, у найменш навантаженому місці навантаження можна збільшити у 10 разів. В середньому для основного обсягу матеріалу циліндра навантаження можна збільшити у 1,2-1,7 разів.

Таким чином встановлено, що циліндр витримає 500 000 циклів навантаження, тобто верстат може пробурити 500 000 свердловин, що є цілком прийнятним, оскільки строк служби верстатів СБШ-250МНА становить від 6 до років.

Згідно Міжгалузовим укрупненим нормативам часу на відкриті гірські роботи для підприємств гірничовидобувної промисловості, буріння свердловини верстатом СБШ-250МНА має тривати 2,83 хв на одну штангу, тоді повний час, витрачений на одну свердловину складе 11,32 хв.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	$FOS = (\sigma - \Delta\sigma) / \sigma \quad (3.3)$					Лист
Коефіцієнт міцності 2,0 у певному місці передбачає несправність у цьому місці, якщо прикладені навантаження помножити на 2,0.										46
Встановлено, що у найбільш навантаженому місці, навантаження потрібно зменшити у 1,2 рази, у найменш навантаженому місці навантаження можна збільшити у 10 разів. В середньому для основного обсягу матеріалу циліндра навантаження можна збільшити у 1,2-1,7 разів.										
Таким чином встановлено, що циліндр витримає 500 000 циклів навантаження, тобто верстат може пробурити 500 000 свердловин, що є цілком прийнятним, оскільки строк служби верстатів СБШ-250МНА становить від 6 до років.										
Згідно Міжгалузевим укрупненим нормативам часу на відкриті гірські роботи для підприємств гірничовидобувної промисловості, буріння свердловини верстатом СБШ-250МНА має тривати 2,83 хв на одну штангу, тоді повний час, витрачений на одну сведловину складе 11,32 хв.										
					КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

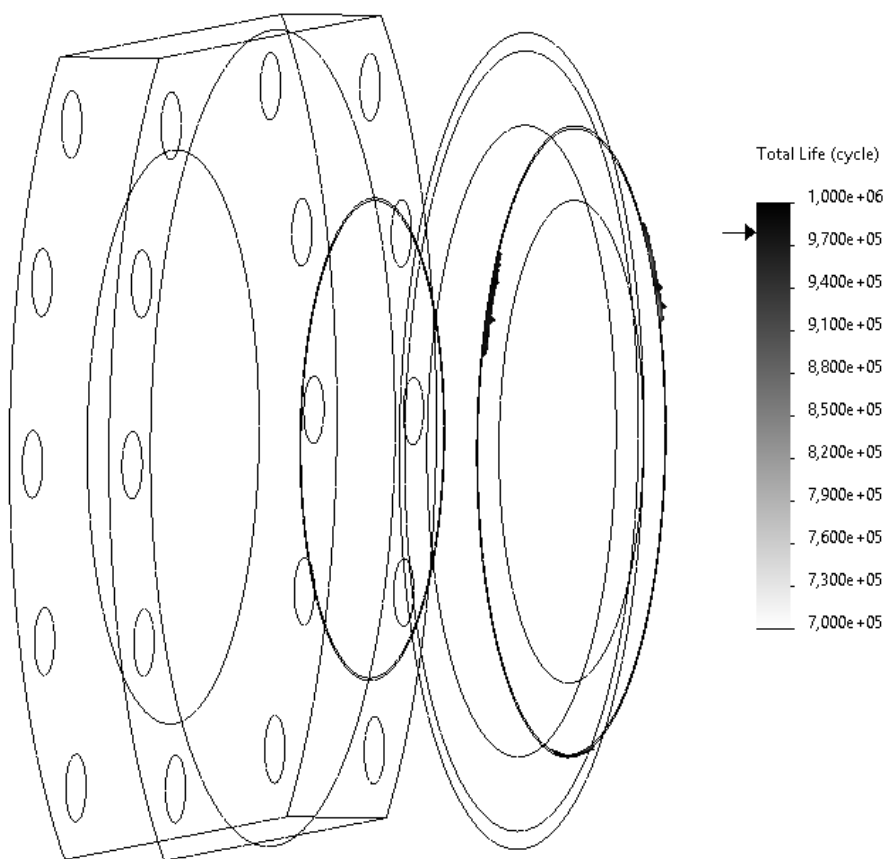
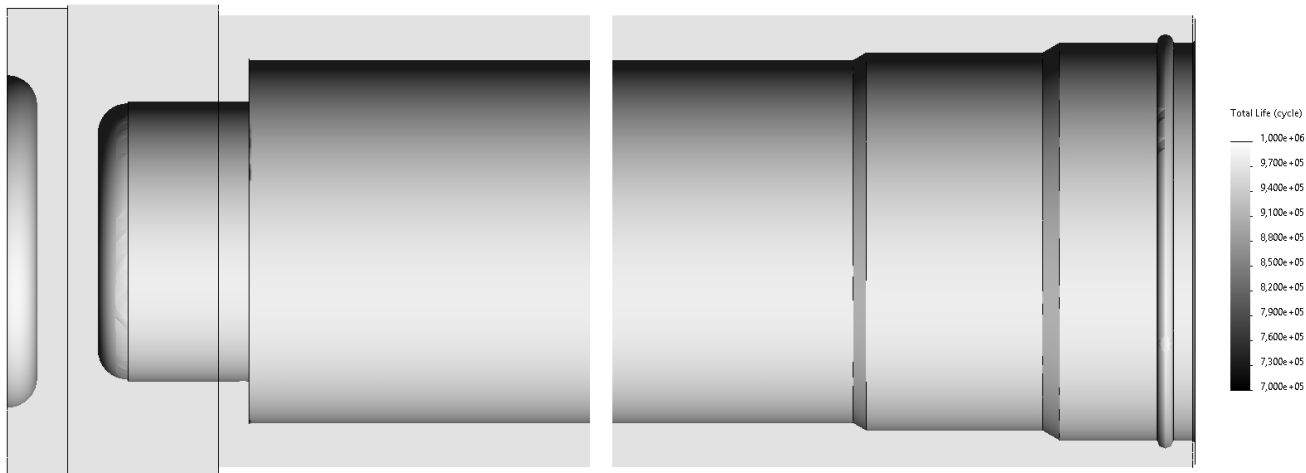


Рис 3.10 - Life (строк служби)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ

Лист

47

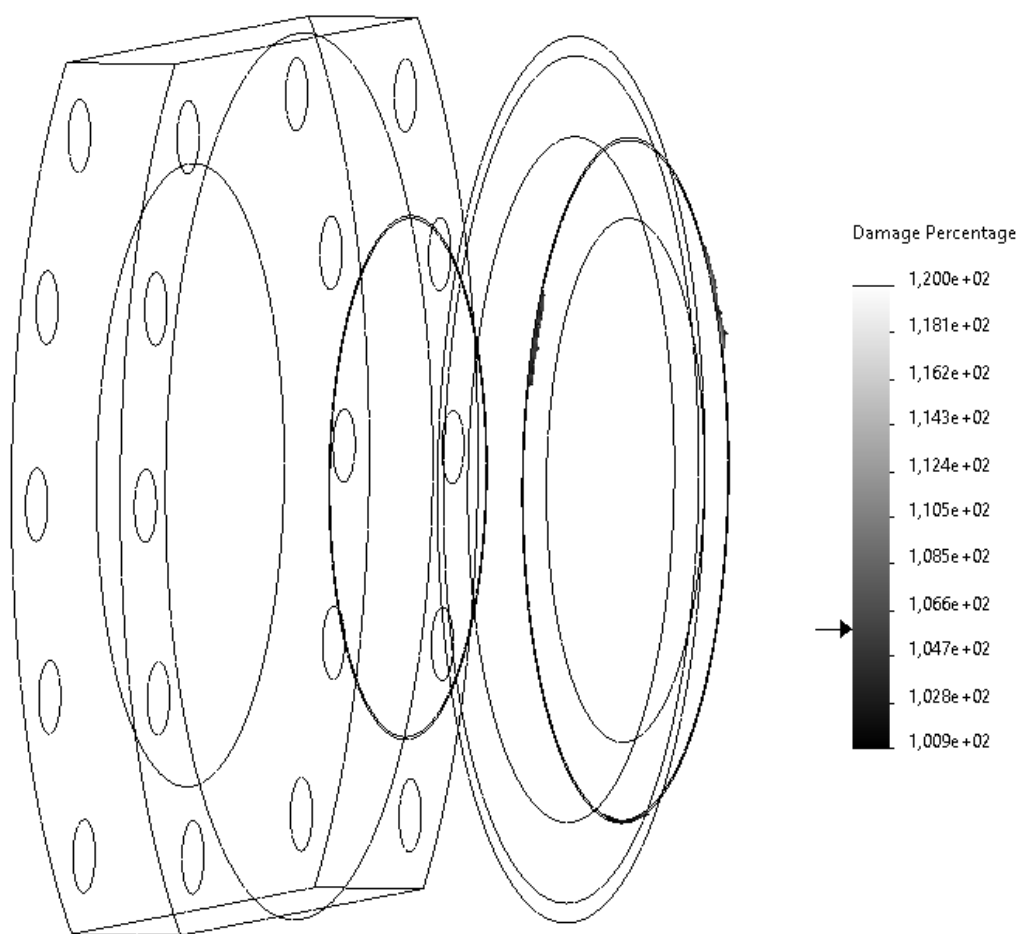
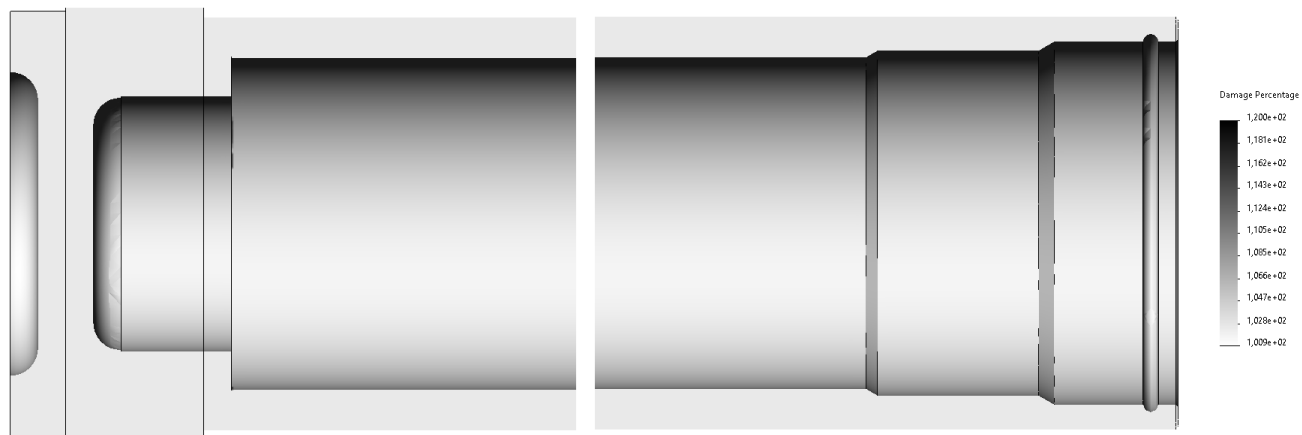


Рис 3.11 - Damage (пошкодження)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

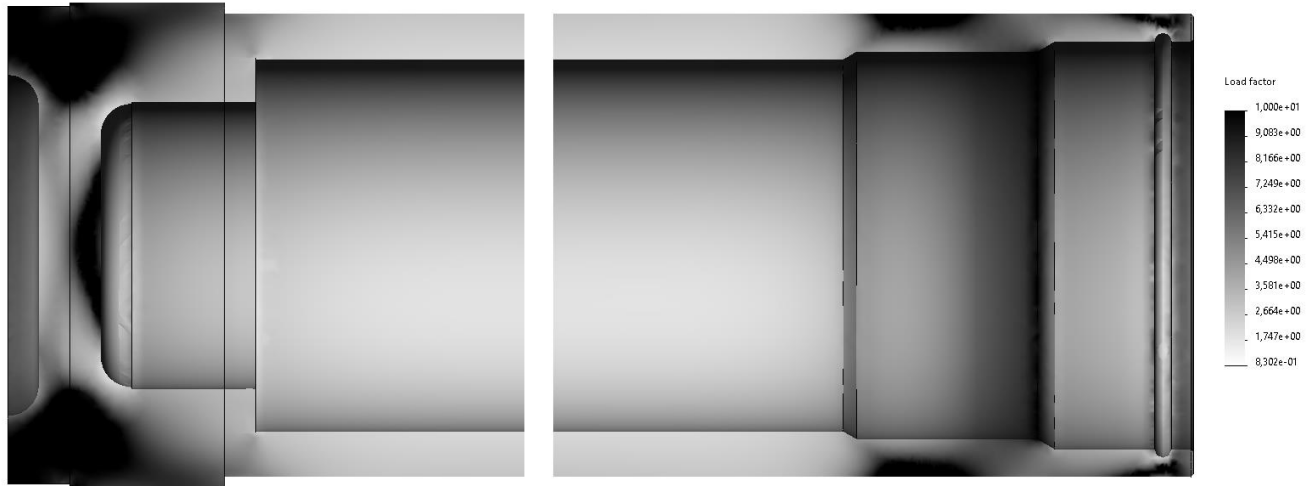


Рис 3.12 - Factor of Safety (коефіцієнт міцності)

Отже за годину верстат може пробурити 4 свердловини, включаючи час не переїзд між свердловинами. За рік при коефіцієнті використання верстату 0,65, він може пробурити 22 776 свердловин, а за 6 років – 136 654 свердловин. Таким чином, строк служби циліндра при необхідному технічному обслуговуванні у 3,66 разів перевищує строк служби верстату.

3.3. Розрахунок на міцність і стійкість штоку гідроциліндру

У межах розрахунку штоку гідроциліндру напору верстату СБШ-250МНА планується проведення трьох досліджень (рис 3.13):

- дослідження впливу тиску робочої рідини, оскільки гільза штоку має порожнину, то таке дослідження дасть змогу визначити, чи витримає труба гільза навантаження від тиску робочої рідини;
- дослідження стійкості штоку при осьовому навантаженні, оскільки шток має велику довжину і відношення довжини до діаметру становить 17, шток може зім'ятися;
- дослідження стійкості штоку при осьовому і радіальному навантаженнях, що може відбутися при буріння похилих свердловин або аварійних ситуаціях, тому потрібно визначити яке радіальне навантаження шток може витримати не зламавшись.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата		
Ив. № докл.					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ
					Лист 49

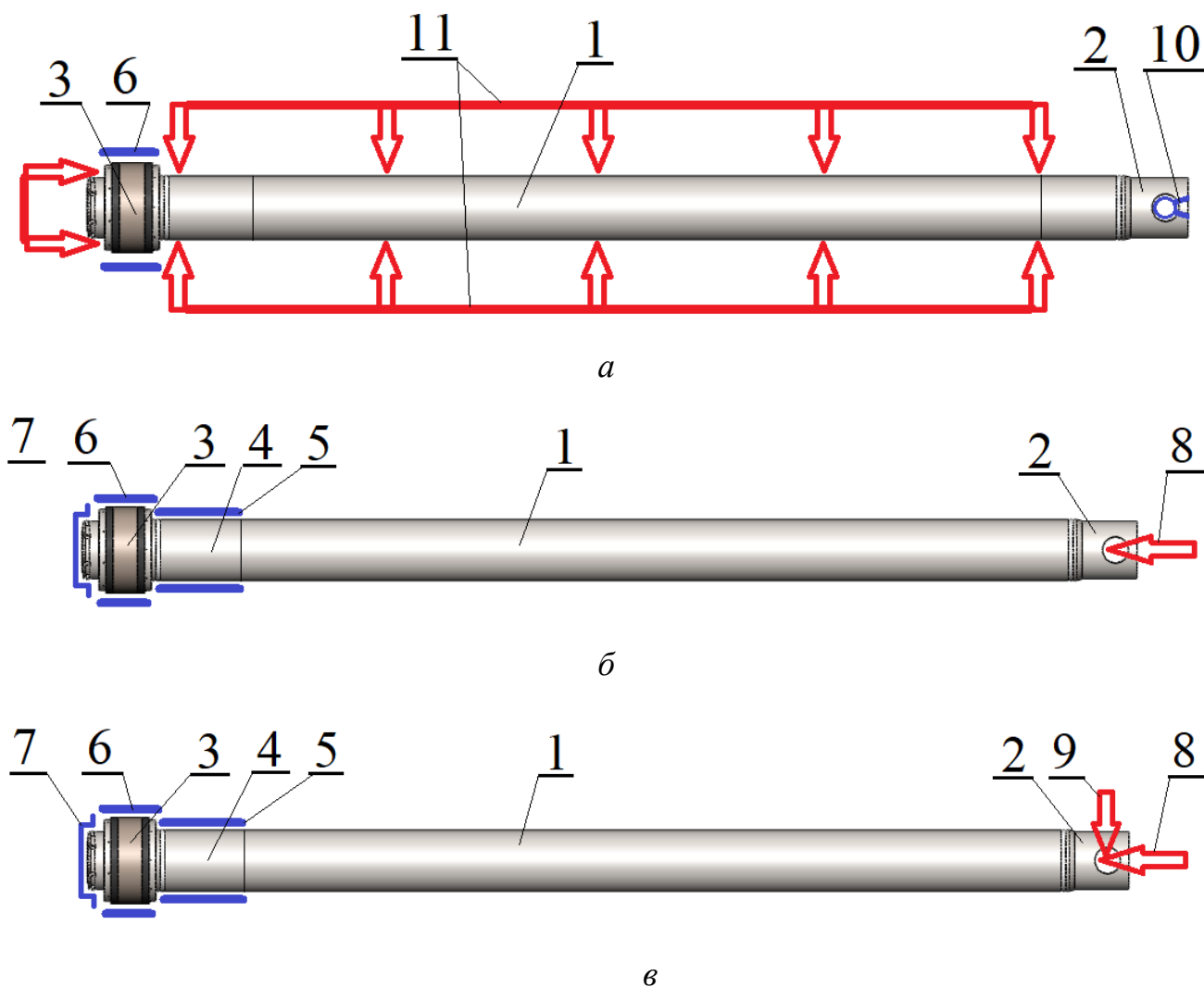


Рис 3.13 – Розрахункові схеми штока: *а* – дослідження впливу тиску робочої рідини; *б* – дослідження стійкості штоку при осьовому навантаженні; *в* – дослідження стійкості штоку при осьовому і радіальному навантаженнях; 1 – гільза; 2 - провушина; 3 – поршень; 4 – поверхня контакту гайки за штоком; 5, 6 – граничні умови кріплення, що залишають вільними тільки осьове переміщення і кручення; 7 – гранична умова кріплення, що фіксує тільки осьове переміщення; 8 – осьове робоче навантаження 905 кН; 9 – радіальне навантаження, яке потрібно визначити; 10 – гранична умова кріплення провушини; 11 – тиск від робочої рідини

При проведенні дослідження для встановлення граничної умови кріплення (поз. 5, рис 3.13) потрібно визначити область контакту штоку з втулкою (рис 3.14)

6

Рис 3.13 – Розрахункові схеми штока: *а* – дослідження впливу тиску робочої рідини; *б* – дослідження стійкості штоку при осьовому навантаженні; *в* – дослідження стійкості штоку при осьовому і радіальному навантаженнях; 1 – гільза; 2 - провушина; 3 – поршень; 4 – поверхня контакту гайки за штоком; 5, 6 – граничні умови кріплення, що залишають вільними тільки осьове переміщення і кручення; 7 – гранична умова кріплення, що фіксує тільки осьове переміщення; 8 – осьове робоче навантаження 905 кН; 9 – радіальне навантаження, яке потрібно визначити; 10 – гранична умова кріплення провушини; 11 – тиск від робочої рідини

При проведенні дослідження для встановлення граничної умови кріплення (поз. 5, рис 3.13) потрібно визначити область контакту штоку з втулкою (рис 3.14)

КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ

Лист

50

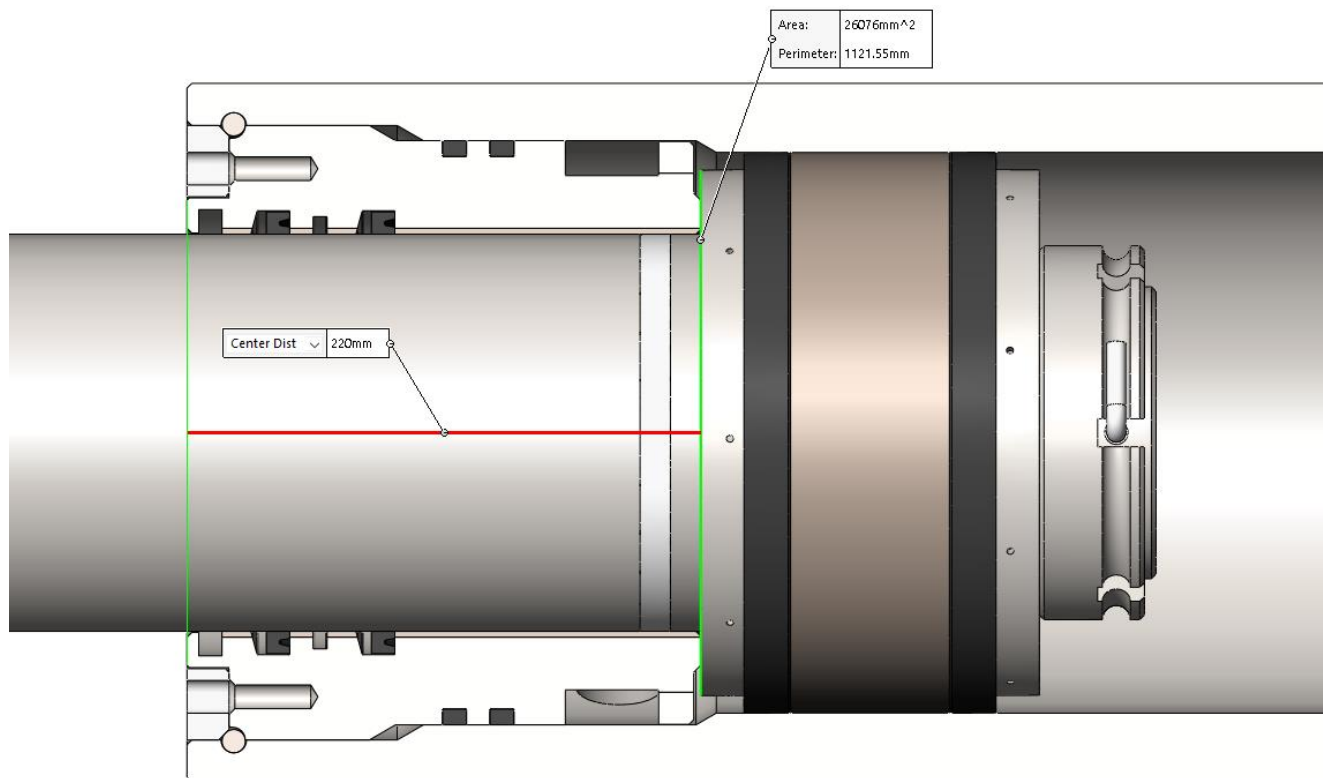


Рис 3.14 – Область контакту штоку і гайки

Модель штоку для розрахунку побудована максимально спрощеною без гумових манжет та ущільнюючих кілець.

3.3.1. Розрахунок на міцність від дії тиску робочої рідини. Результати розрахунку на міцність від тиску робочої рідини на шток наведено на рис 3.15-3.17.

Максимальне напруження у матеріалі штоку від тиску робочої рідини (рис 3.15) становить 101,3 МПа, а зона розповсюдження максимального напруження розташована рівномірно вздовж гільзи.

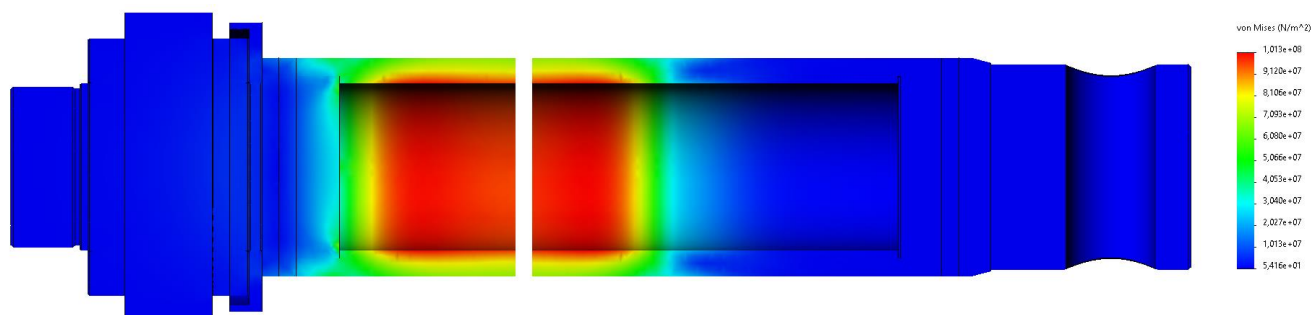


Рис 3.15 – Напруження у матеріалі штоку від тиску робочої рідини

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. і дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ				Лист
									51

Максимальна деформація у матеріалі штоку від тиску робочої рідини (рис 3.16) становить 0,29 мм і більше спрямована на витягування штока вздовж.

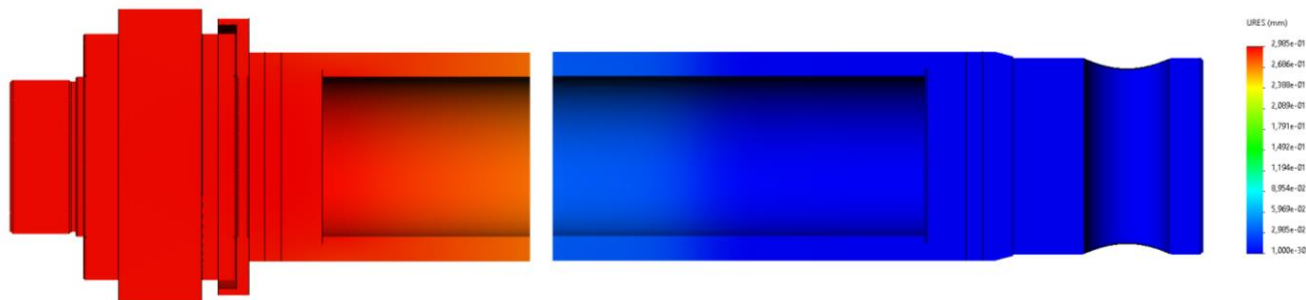


Рис 3.16 - Деформація у матеріалі штоку від тиску робочої рідини

Мінімальний запас міцності штока від тиску робочої рідини (рис 3.17) становить 2.2 і розподілений так само, як і напруження.

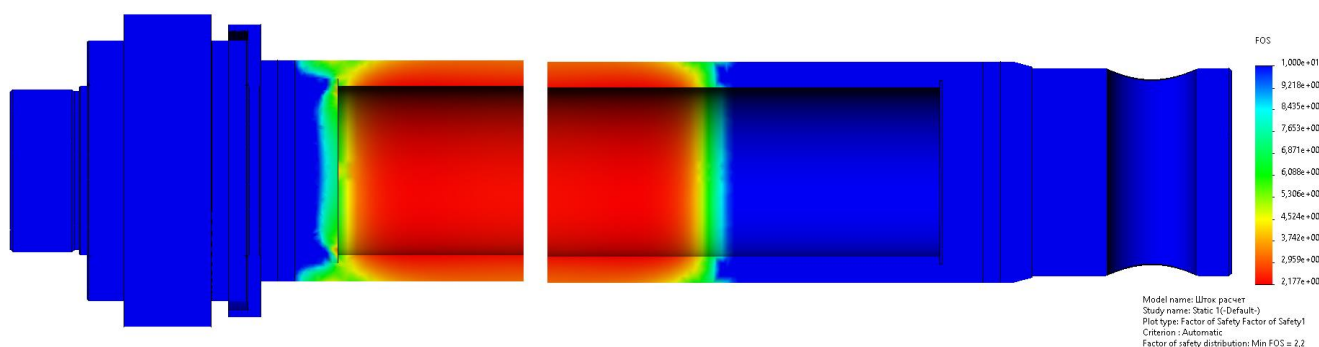


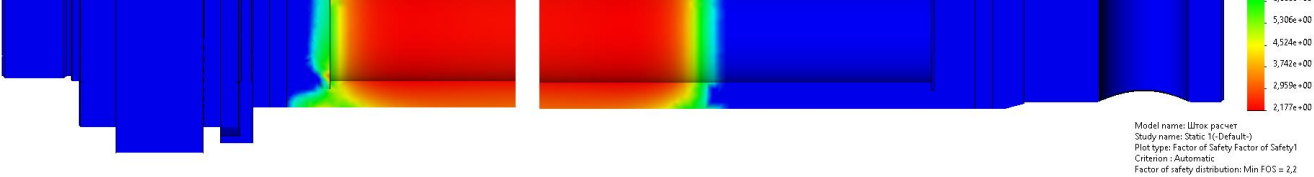
Рис 3.17 – Запас міцності у матеріалі штоку від тиску робочої рідини

Таким чином, у результаті проведеного дослідження впливу тиску робочої рідини на шток гідроциліндру встановлено, що шток достатньо міцни, запас міцності становить 2,2.

3.3.2. Розрахунок на стійкість від робочого навантаження. Результати розрахунку на стійкість від робочого навантаження шток наведено на рис 3.18-3.19.

Розрахунок проводиться для найбільш небезпечного випадку, коли гідроциліндр створює робоче навантаження у 905кН, а шток максимально висунуто. Граничні умови кріплення та навантаження наведені на рис 3.18 згідно з рис 3.13 б.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Инв. № подл	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					52



Model name: Шток расчет
Study name: Static 1 (Default)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 2,2

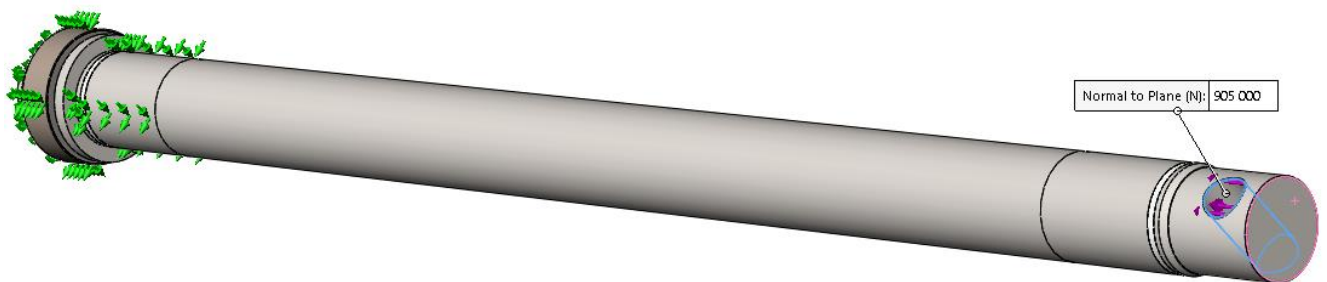
Рис 3.17 – Запас міцності у матеріалі штоку від тиску робочої рідини

Таким чином, у результаті проведеного дослідження впливу тиску робочої рідини на шток гідроциліндру встановлено, що шток достатньо міцни, запас міцності становить 2,2.

3.3.2. Розрахунок на стійкість від робочого навантаження. Результати розрахунку на стійкість від робочого навантаження шток наведено на рис 3.18-3.19.

Розрахунок проводиться для найбільш небезпечного випадку, коли гідроциліндр створює робоче навантаження у 905кН, а шток максимально висунуто. Граничні умови кріплення та навантаження наведені на рис 3.18 згідно з рис 3.13 б.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата



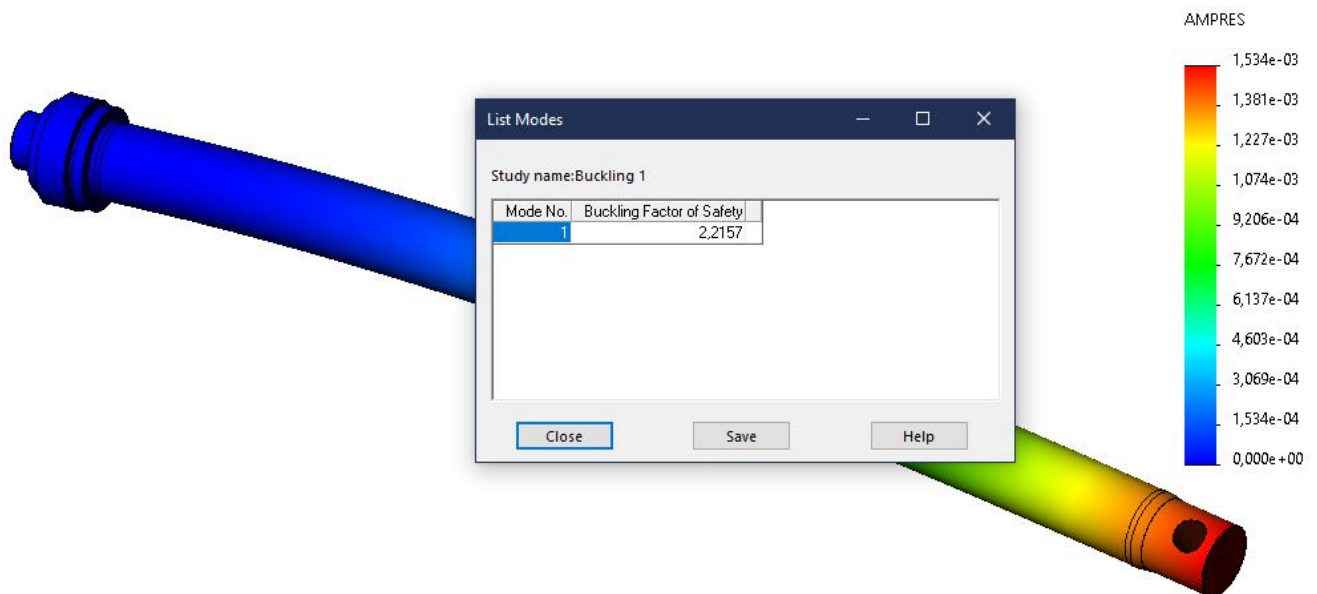


Рис 3.19 – Результат дослідження втрати стійкості

3.3.3. Розрахунок на стійкість від радіального навантаження. Результати розрахунку від радіального навантаження на шток наведено на рис 3.20 -3.23.

Розрахунок проводиться для найбільш небезпечного випадку, коли шток максимально висунуто і навантаження прикладено до провущини перпендикулярно осі штока.

Граничні умови кріплення та навантаження наведені на рис 3.20 згідно з рис 3.13 в.

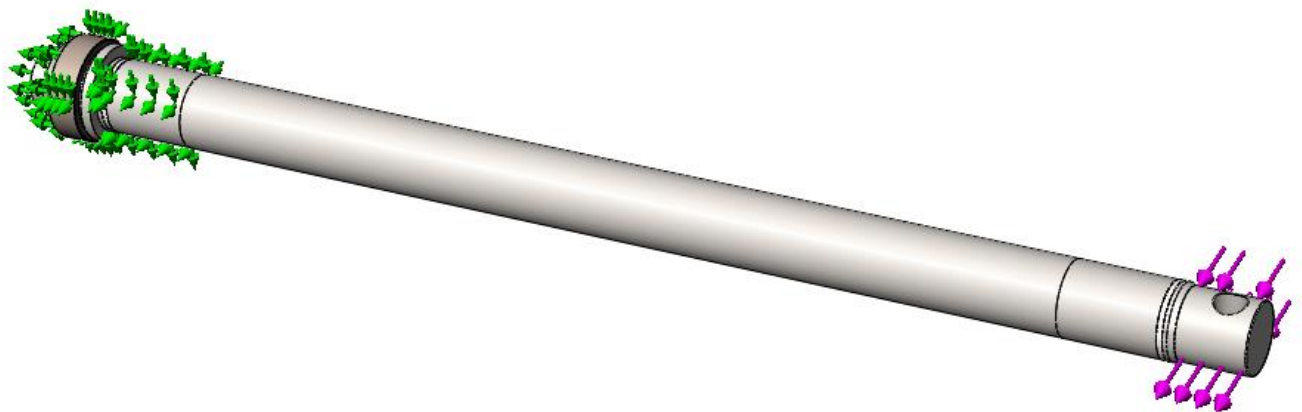


Рис 3.20 – Граничні умови дослідження впливу радіального навантаження

У ході дослідження величина радіального навантаження змінювалася і підбиралася таким чином, щоб остаточний запас міцності становив біля 3. Це забезпечить відсутність пластичних деформацій матеріалу штока після зняття

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	
Инв. № докум.	Подп. и дата		Лист			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ	
						54

навантажень.

Встановлено, що критичним радіальним навантаженням на провущину штоку є навантаження у 8000 Н.

За такого радіального зусилля, максимальне напруження у матеріалі штоку від радіального навантаження (рис 3.21) становить 76,5 МПа, а зона локалізації максимального напруження розташована біля втулки гідроциліндру, що тримає сам шток.

Максимальна деформація у матеріалі штоку при такому радіальному навантаженні (рис 3.22) становить 8,22 мм і спрямована на згин штока.

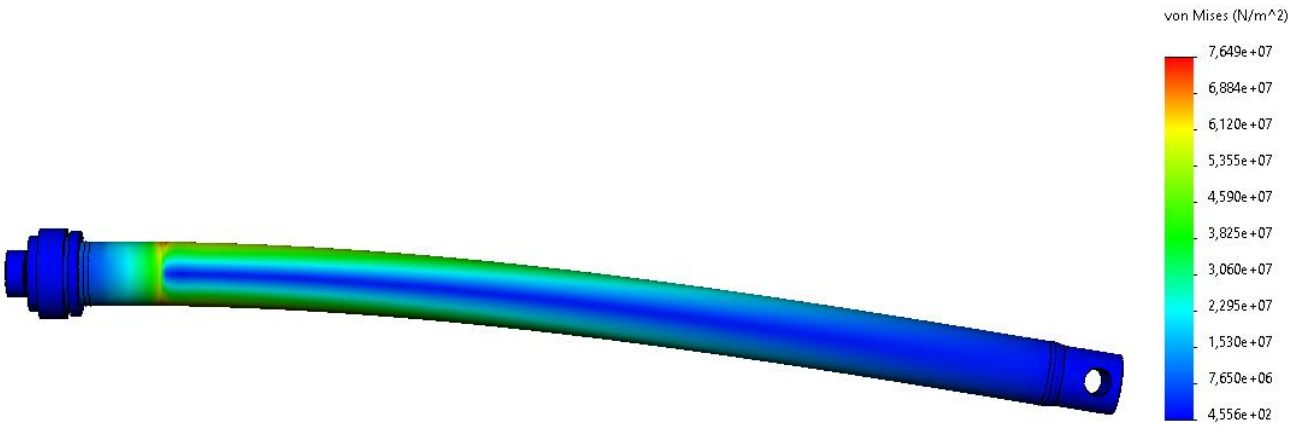


Рис 3.21 – Напруження у матеріалі штоку

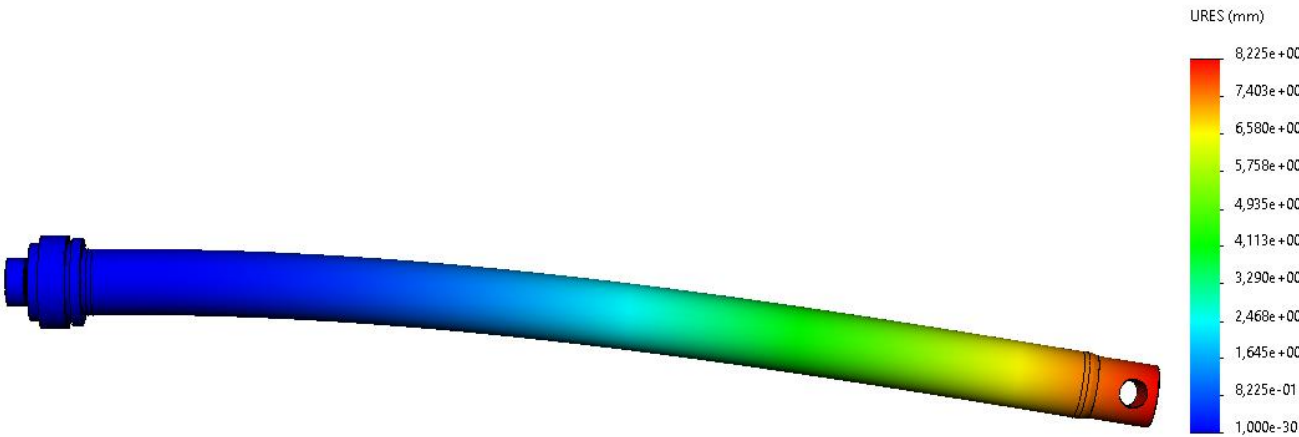


Рис 3.22 – Деформація штоку

Мінімальний запас міцності у матеріалі штоку при такому радіальному навантаженні (рис 3.23) становить 2.8 і розподілений так само, як і напруження.

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ив. № дубл.
Ив. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

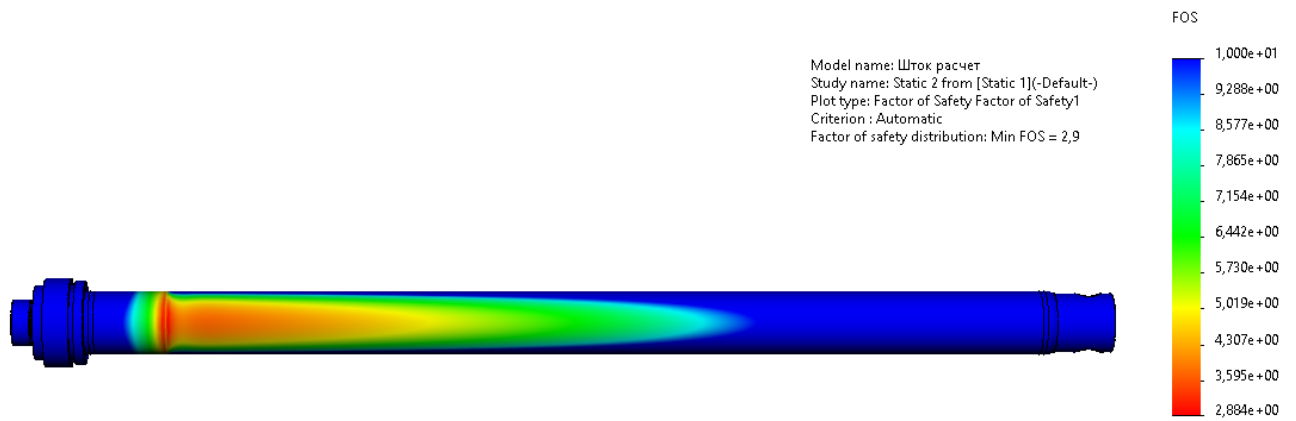


Рис 3.23 – Запас міцності штоку.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження стійкості від радіального навантаження встановлено, що критичним радіальним навантаженням на провущину штоку є навантаження у 8000 Н при якому запас міцності становить 2,8 а вигин штока становить 8,22 мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ					
					Лист					
					56					

Висновки до частини І

1. Проведено аналіз конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА. Визначено призначення та область застосування, наведено технічну характеристику. Визначено місце напірного гідроциліндру у напірному механізмі та у гідравлічній мережі.
2. Проведено розрахунок на міцність циліндру від тиску робочої рідини. Встановлено, що максимальне напруження становить 178 МПа, а середнє напруження характерне для більшості обсягу матеріалу циліндра становить до 100МПа.
3. Встановлено, що підвищене напруження концентрується по поверхні циліндра і по канавці стопорного кільця, а максимальне напруження концентрується у зоні зварного шва, що поєднує трубу та нижню кришку циліндра, тому рекомендується змінити конструкцію кришки так, щоб тут було скруглення або циліндрична грань.
4. Встановлено, що деформація внутрішнього простору циліндричної частини циліндра становить 0,0646 мм, що може вплинути на якість посадки поршня.
5. Встановлено, що мінімальний запас міцності становить 3,5 по кромці, де концентруються максимальні напруження. Запас міцності по стінкам циліндру, днищу та по канавці стопорного кільця становить 8. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна.
6. Проведено розрахунок на втому циліндра. Встановлено, що циліндр практично повністю витримує 1 000 000 циклів навантаження і тільки на кромці зварного шва, де концентрується максимальне напруження, граничне значення циклів навантаження становить 500 000 циклів.
7. Встановлено, що практично весь циліндр витримає 120% строку служби (або 1 200 000 циклів навантаження) і тільки перевантажена кромка зварного шва витримає 100%.
8. Встановлено, що у найбільш навантаженому місці, навантаження потрібно зменшити у 1,2 рази, у найменш навантаженому місці навантаження можна

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Лист	
Ли		Изм.		№ докум.		Подп.		Дат		57

збільшити у 10 разів. В середньому для основного обсягу матеріалу циліндра навантаження можна збільшити у 1,2-1,7 разів.

9. Встановлено, що строк служби циліндру у 3,66 рази більший за строк служби верстата.

10.Проведено розрахунок на стійкість від робочого навантаження для найбільш небезпечного випадку, коли гідроциліндр створює робоче навантаження у 905кН, а шток максимально висунуто.

11.Встановлено коефіцієнт критичного поздовжнього навантаження (BLF) для штоку, що становить 2,2. Це означає, що страта стійкості не прогнозується.

12.Проведено дослідження стійкості штока від радіального навантаження для найбільш небезпечного випадку, коли шток максимально висунуто і навантаження прикладено до провущини перпендикулярно осі штока.

13.Встановлено, що критичним радіальним навантаженням на провущину штоку є навантаження у 8000 Н при якому максимальне напруження у матеріалі штоку від радіального навантаження становить 76,5 МПа, а зона локалізації максимального напруження розташована біля втулки гідроциліндру, що тримає сам шток, запас міцності становить 2,8 а вигин штока становить 8,22 мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	КНУ.РБ.133.25.82с.03 ПЗ Лист 58				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат							

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної кваліфікаційної бакалаврської
роботи

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

Тема роботи:

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів
верстату СБШ-250МНА»

Частина II: «Удосконалення конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ-
250МНА»

Підп. і дата	Тема роботи:									
	«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»									
Взам. инв. №	Частина II: «Удосконалення конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА»									
Инв. № дубл.										
Підп. і дата										
Инв. № подл						КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ				
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата					
	Разраб.	Шевцов				Удосконалення конструкції напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА	Лист	Лист	Листов	
	Пров.	Громадський						59	149	
	Т. контр.	Громадський					ГМО ГМБ-22-1ск			
	Н. контр.									
	Утв.	Хруцький								

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 45 с., 19 рис., 6 табл., 25 літературних джерел.

Метою роботи є удосконалення конструкції верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА, зокрема напірних гідроциліндрів. Об'єкт роботи – процес створення зусилля напірними гідроциліндрами верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА.

Основним недоліком базової конструкції напірного гідроциліндру є абразивне спрацювання поверхонь штока та ущільнень втулки. Також при тривалій роботі в умовах високого тиску у контакті з оливою гумові ущільнення поступово руйнуються. Метою удосконалення конструкції напірного гідравлічного циліндру є зміна конструкції ущільнення на таке, яке б змогло б протистояти високому тиску, хімічному впливу оливи, гідроабразивному зношенню.

Запропоновано задля удосконалення ущільнень напірного гідроциліндру встановити спеціальних ущільнювальних вузлів із поршневими та еластичними кільцями, встановленими в ступінчастих канавках на поршні, що забезпечують надійне ущільнення при дії тиску. Пропонована конструкція ущільнення має наступні переваги: підвищена надійність ущільнення за рахунок гідродинамічного ефекту тиску робочої рідини на поршневе кільце; захист гумових кілець від пошкоджень; адаптація до зносу завдяки саморегулюванню зазорів. Проведено дослідження напружень та запасу міцності удосконаленої конструкції втулки, у якій зроблено додаткові канали та канавки для встановлення додаткових ущільнень. Встановлено, що запас міцності удосконаленої втулки становить 9,1, що є цілком прийнятним. Проведено дослідження напружень та запасу міцності у пропонованому кільці ущільнення та у штоці, яким ковзає це кільце. Встановлено, що «верхня» штоку має незначні осередки напруження. Мінімальний запас міцності становить 4,5, що є цілком достатнім. Отже, пропонована конструкція ущільнення є цілком роботоспроможною, а міцність деталей є достатньою.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № инв.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ	Лист
												60

Ключові слова: ВЕРСТАТ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ, ГІДРОЦИЛІНДР, УЩІЛЬНЕННЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ	Лист
						61

4 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ ШАРОШКОВОГО БУРІННЯ СБШ-250МНА

4.1 Аналіз основних недоліків базової конструкції напірного гідроциліндру

У результаті аналізу напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА встановлено, що його конструкція достатньо міцна та добре витримує усі робочі навантаження, а строк служби циліндру перевищує строк служби самого верстату [16, 17].

Однак, з досвіду експлуатації верстатів типу СБШ-250МНА, відомо, що в області розташування напірних гідроциліндрів має місце високий рівень запиленості, попри використання систему пиловловлювання. Пил надходить не тільки від процесу буріння, а навіюється вітром у кар'єрі, особливо у літку. Пил осідає на висунутий шток гідроциліндру та сприяє абразивному спрацюванню поверхонь штока та ущільнень втулки. До того ж при тривалій роботі в умовах високого тиску у контакті з оливою гумові ущільнення поступово руйнуються [16, 17].

Таким чином, метою удосконалення конструкції напірного гідравлічного циліндру є зміна конструкції ущільнення на таке, яке б змогло б протистояти високому тиску, хімічному впливу оливи, гідроабразивному зношенню.

4.2. Аналіз відомих шляхів удосконалення конструкції гідроциліндрів

Пропонований [1] силовий гідроциліндр відрізняється від відомих тим, що з гідроциліндром блокований гідравлічний вібратор, що містить ступінчастий поршень, ділянка меншого діаметра якого входить в робочу порожнину гідроциліндра; основний розподільчий золотник, що поперемінно повідомляє запоршнєву порожнину вібратора з напірною та зливною магістраллю; жорстко пов'язаний з поршнем вібратора керуючий золотник, що забезпечує перестановку основного золотника при підході вібратора поршня до крайніх положень.

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. і дата		Инв. № подл.		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
										62

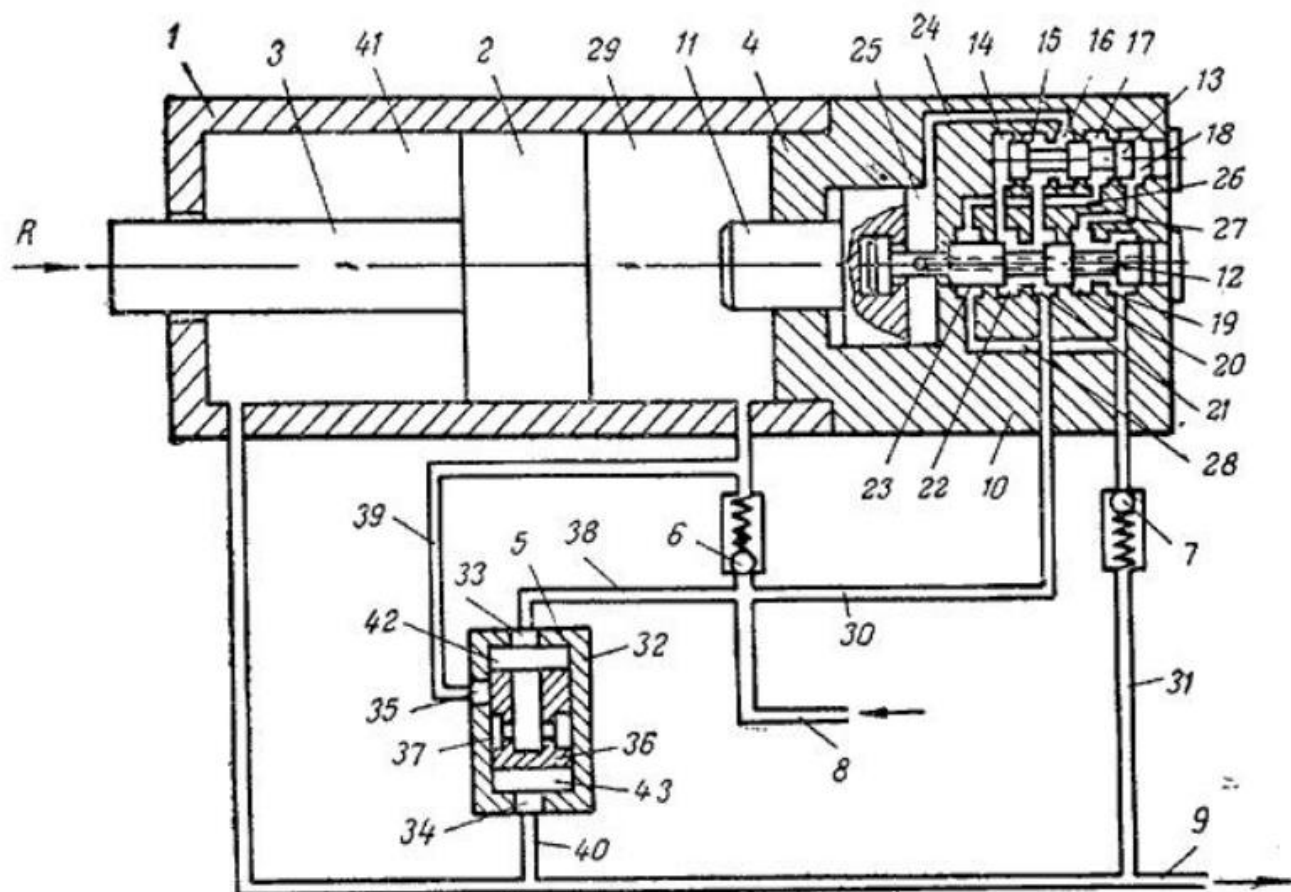


Рис 4.1 – До патенту [1]

Гідроциліндр включає також зворотний клапан для замикання зливного каналу вібратора під час зворотного ходу поршня гідроциліндра; встановлений на вході в робочу порожнину гідроциліндра зворотний клапан для замикання робочої порожнини під час ходу вперед поршня вібратора, крім 2 того, переливний золотник для з'єднання робочої порожнини гідроциліндра зі зливом при зворотному ході гідроциліндра поршня. У такому гідроциліндрі поршню, крім основного, повідомляється додатковий коливальний рух. На кресленні дана важлива схема запропонованого гідроциліндра. Силовий гідроциліндр складається з циліндра 1, робочого поршня 2 з одностороннім штоком 3, гідравлічного вібратора 4, переливного золотника 5, зворотних клапанів 6 а 7, напірної 8 і 9 зливної магістралей.

У корпусі 10 вібратора розміщені двоступінчастий поршень 11, золотник керуючий 12 і основний розподільчий золотник 13. Золотник 12 зчленований з двоступінчастим поршнем 11 і разом з ним може поєднувати зворотно-

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
Инв. № докл.	Взам. инв. №				КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ
Инв. № подл.	Подп. и дата				63
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Гідроциліндр включає також зворотний клапан для замикання зливного каналу вібратора під час зворотного ходу поршня гідроциліндра; встановлений на вході в робочу порожнину гідроциліндра зворотний клапан для замикання робочої порожнини під час ходу вперед поршня вібратора, крім 2 того, переливний золотник для з'єднання робочої порожнини гідроциліндра зі зливом при зворотному ході гідроциліндра поршня. У такому гідроциліндрі поршню, крім основного, повідомляється додатковий коливальний рух. На кресленні дана важлива схема запропонованого гідроциліндра. Силовий гідроциліндр складається з циліндра 1, робочого поршня 2 з одностороннім штоком 3, гідравлічного вібратора 4, переливного золотника 5, зворотних клапанів 6 а 7, напірної 8 і 9 зливної магістралей. У корпусі 10 вібратора розміщені двоступінчастий поршень 11, золотник керуючий 12 і основний розподільчий золотник 13. Золотник 12 зчленований з двоступінчастим поршнем 11 і разом з ним може поєднувати зворотно-					
--	--	--	--	--	--

Розглянемо випадок, коли опір на штоку 3 циліндра більший за силу, що розвивається циліндром, тобто сили, що дорівнює добутку площі поршня 2 на

питомий тиск масла у порожнині 29 циліндра 1, а поршень 11 вібратора 4 з керуючим золотником 12 знаходяться у крайньому правому положенні.

Оскільки порожнина 29 циліндра 1 заповнена маслом, а шток 3 не переміщується вліво через велику величину сили Я, масло, минаючи клапан 6, по маслопроводу 30 буде надходити в порожнини 21, 22 і 14 вібратора 4. При цьому золотник 13 переміщується вправо, витісняючи масло з порожнини 18 через канал 27 і порожнини 19, 20 у маслопровід 31 і зливну магістраль 9.

При переміщенні золотника 13 вправо порожнина 16 з'єднується з порожниною 15, і масло по маслопроводах 8 і 30 через порожнини 21, 15 і 16 по каналу 24 надходить у порожнину 25 вібратора 4. Поршень 11 вібратора 4 починає переміщуватися вліво, при цьому клапан 6 закривається. Тиск масла у порожнині 29 циліндра 1 зростає, і шток 3 гідроциліндра, долаючи опір Я, також починає переміщуватися вліво.

При досягненні поршнем 11 вібратора 4 крайнього лівого положення золотник 12 роз'єднує порожнину 22 з порожниною 21 і з'єднує порожнину 21 з 20 і 22 з 23. В результаті масло по маслопроводу 30 через порожнини 21, 20 і канал 27 надходить у порожнину 18 золотника 13 і переміщує його вліво.

При цьому масло з порожнини 14 витісняється через порожнини 22, 23 і канал 28 у маслопровід 31 і зливну магістраль 9. В результаті переміщення золотника 13 у крайнє ліве положення порожнини 15 і 16 роз'єднуються, подача масла в порожнину 25 вібратора 4 припиняється, а порожнини 16 і 17 з'єднуються.

Під тиском масла, що знаходиться в порожнині 29 циліндра 1, поршень 11 вібратора 4 повертається у крайнє праве положення, витісняючи масло з порожнини 25 через канал 24 порожнини 16 і 17, канал 26, порожнину 23, канал 28 у маслопровід 31 і магістраль 9.

При переміщенні золотника 13 вправо порожнина 16 з'єднується з порожниною 15, і масло по маслопроводах 8 і 30 через порожнини 21, 15 і 16 по каналу 24 надходить у порожнину 25 вібратора 4. Поршень 11 вібратора 4 починає переміщуватися вліво, при цьому клапан 6 закривається. Тиск масла у порожнині 29 циліндра 1 зростає, і шток 3 гідроциліндра, долаючи опір, також починає переміщуватися вліво.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	27 надходить у порожнину 18 золотника 13 і переміщує його вліво.					
					При цьому масло з порожнини 14 витісняється через порожнини 22, 23 і канал 28 у маслопровід 31 і зливну магістраль 9. В результаті переміщення золотника 13 у крайнє ліве положення порожнини 15 і 16 роз'єднуються, подача масла в порожнину 25 вібратора 4 припиняється, а порожнини 16 і 17 з'єднуються.					
					Під тиском масла, що знаходиться в порожнині 29 циліндра 1, поршень 11 вібратора 4 повертається у крайнє праве положення, витісняючи масло з порожнини 25 через канал 24 порожнини 16 і 17, канал 26, порожнину 23, канал 28 у маслопровід 31 і магістраль 9.					
					При переміщенні золотника 13 вправо порожнина 16 з'єднується з порожниною 15, і масло по маслопроводах 8 і 30 через порожнини 21, 15 і 16 по каналу 24 надходить у порожнину 25 вібратора 4. Поршень 11 вібратора 4 починає переміщуватися вліво, при цьому клапан 6 закривається. Тиск масла у порожнині 29 циліндра 1 зростає, і шток 3 гідроциліндра, долаючи опір, також починає переміщуватися вліво.					
					КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
										65
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

При досягненні поршнем 11 вібратора 4 крайнього лівого положення золотник 12 роз'єднує порожнину 22 з порожниною 21 і з'єднує порожнину 21 з 20 і 22 з 23. В результаті масло по маслопроводу 30 через порожнини 21, 20 і канал 27 надходить у порожнину 18 золотника 13 і переміщує його вліво.

При цьому масло з порожнини 14 витісняється через порожнини 22, 23 і канал 28 у маслопровід 31 і зливну магістраль 9. В результаті переміщення золотника 13 у крайнє ліве положення порожнини 15 і 16 роз'єднуються, подача масла в порожнину 25 вібратора 4 припиняється, а порожнини 16 і 17 з'єднуються.

Під тиском масла, що знаходиться в порожнині 29 циліндра 1, поршень 11 вібратора 4 повертається у крайнє праве положення, витісняючи масло з порожнини 25 через канал 24 порожнини 16 і 17, канал 26, порожнину 23, канал 28 у маслопровід 31 і магістраль 9.

Для запобігання масляної подушки при русі золотника 12 вправо в ньому передбачено осьове свердління, яке з'єднується з порожниною 25 вібратора 4. При переміщенні золотника 12 у крайнє праве положення порожнина 14 з'єднується через порожнини 22, 21 і маслопровід 30 з магістраллю 8, а порожнина 18 через канал 27, порожнини 20 і 19 — зі сливом. У результаті золотник 13 переміщується у крайнє праве положення і відкривається доступ масла в порожнину 25 вібратора 4. На цьому завершується один цикл роботи вібратора 4 і починається наступний. Масло з напірної магістралі 8 надходить у порожнину 29 циліндра 1 періодично в ті проміжки часу, коли поршень 2 циліндра 1 переміщується вліво, а поршень 11 вібратора 4 вправо, тобто коли тиск у порожнині 29 стає меншим за тиск, що розвивається насосом. Робота вібратора припиниться, коли поршень 2 циліндра 1 переміститься у крайнє ліве положення.

Для повернення поршня 2 циліндра 1 у крайнє праве положення масло по зливній магістралі 9 подається в порожнину 41 циліндра 1 і в порожнину 43 переливного золотника 5, золотник 36 якого переміщується вгору і отвори 37 і 35 збігаються.

Масло з порожнини 29 циліндра 1 по маслопроводу 39 через отвори 35 і 37, порожнину 42 переливного золотника 5, маслопроводи 38 і 8 йде на слив. При русі поршня 2 циліндра 1 вправо вібратор 4 не працює, оскільки масло не

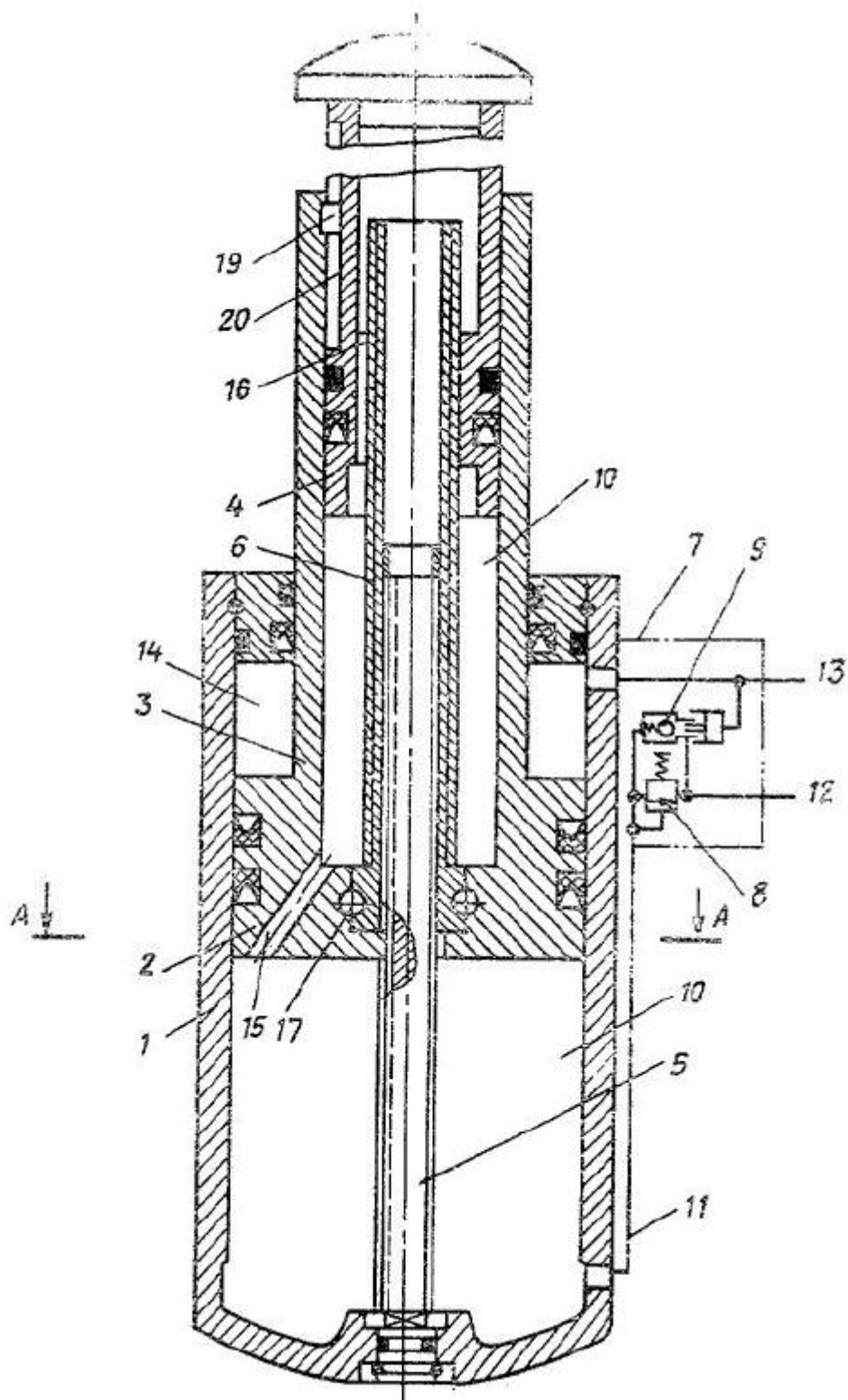
Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
										66

надходить у вібратор 4, клапан 7 закритий. Коли поршень 2 циліндра 1 займе крайнє праве положення, масло від насоса надходить у магістраль 8 (а по магістралі 9 йде на слив), і вібратор 4 знову починає працювати, тобто починається новий цикл роботи гідроциліндра.

Мета винаходу [2] - забезпечити збереження постійного опору при двоступінчастому розсування і складання.

Для цього пропонується гідроциліндр забезпечений плунжером з внутрішнім різьбленням, а гайка поршня виконана із зовнішньою різьбою, що не само гальмується, яка пов'язана з різьбленням плунжера. Причому для запобігання штоку від провертання та проходу робочої рідини з порожнини плунжера в поршневу порожнину гвинт виконаний з пазом, а поршень забезпечений шипом, який вставлений в паз із зазором.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ
					67



Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Лист

68

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

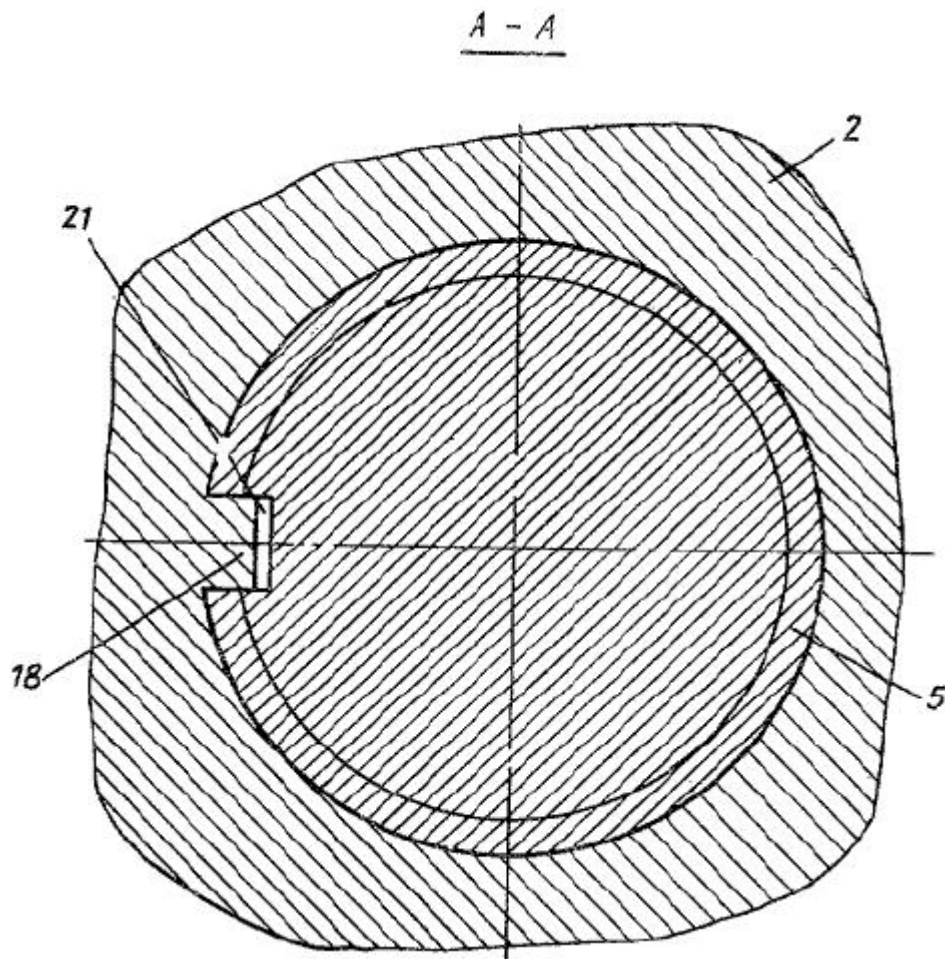


Рис 4.2 – До патенту [2]

Гідроциліндр має корпус 1, поршень 2 першого ступеня і його шток 3, телескопічну гвинтову передачу, що включає плунжер 4 другого ступеня, нерухомий гвинт 5, гайку 6, що обертається. Гайка 6 зовні і всередині має несамогальмуючі різьблення різного напрямку. Зовнішнє різьблення гайки 6 взаємодіє з внутрішнім різьбленням плунжера 4, а внутрішнє - із зовнішнім різьбленням гвинта 5. До корпусу 1 прикріплений клапанний блок 7, що складається з запобіжного 8 і керованого 9 зворотного клапанів. Поршневі порожнини 10 гідроциліндра через канал 11, клапани 8 і 9 з'єднані з лінією підведення 12, а лінія підведення 13 зі штоковою порожниною 14. Поршневі порожнини 10 повідомляються між собою каналами 15 і 16. Гайка 6 укріплена в під що 5 у днище корпусу 1.

Оскільки передбачається обертання тільки гайки 6, то поршень 2 першого ступеня забезпечений шипом 18, яке шток 3 - шпонкою 19, взаємодіють з

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № инв.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Лист 69

поздовжніми шпонковими пазами 20 і 21. Між шипом 18 і тілом ванта 5 по пазу 21 є радіальний зазор, що служить додатковим каналом для повідомлення поршневих порожнин обох ступенів. Силовий гідроциліндр працює в такий спосіб.

Для забезпечення прямого ходу штока гідроциліндра магістраль 13 з'єднують зі зливом, а магістраль 12 напором. Під дією тиску робочої рідини, що надходить поршневі порожнини 10, поршень 2 і плунжер 4 переміщуються вгору.

Для примусового складання магістраль 13 з'єднують з натиском, а магістраль 12-з зливом, У цьому випадку робоча рідина під тиском надходить у штокову порожнину 14 і, діючи зверху на поршень 2, переміщає його вниз. Разом з поршнем 2 переміщається вниз гайка 6, своїм внутрішнім різьбленням, що знаходиться в зачепленні з різьбленням нерухомого гвинта 5. При цьому гайка здійснює обертальний рух і вкручується в різьблення плунжера 4, внаслідок чого плунжер опускається вниз.

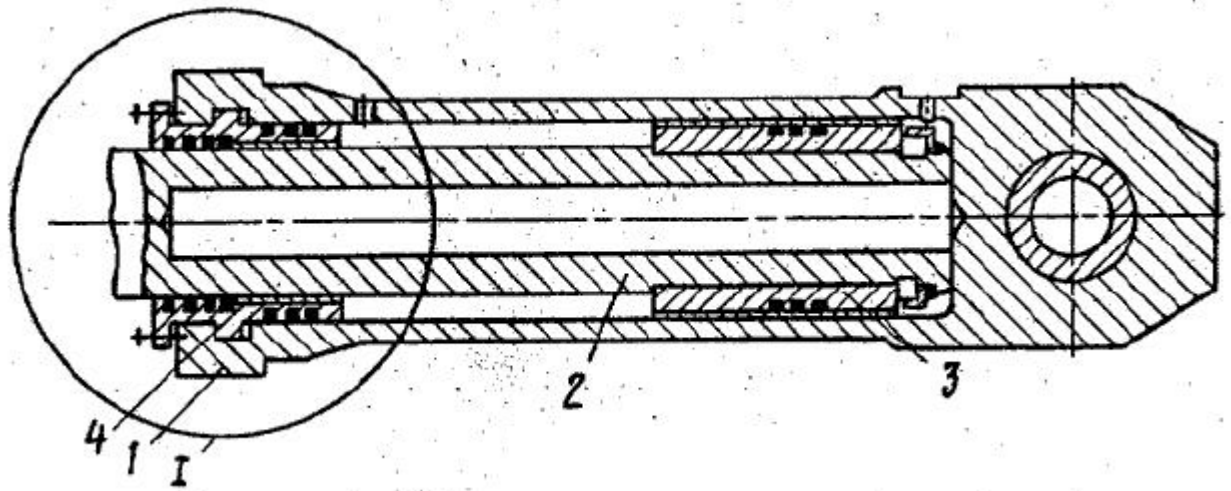
Складання під дією сил тиску гірського масиву супроводжується узгодженим опусканням поршнів і скиданням рідини з поршневих порожнин 10 через запобіжний клапан 8 магістраль 12, з'єднану зі зливом.

Характерною особливістю прямого ходу штоку гідроциліндра є те, що гвинтова передача виконує роль трансмісії зусиль від поршня 2 до 4 плунжера і механічного суматора зусиль і переміщень обох ступенів розсовування. Цей ефект забезпечується до при опусканні щаблів під впливом зовнішніх сил із тією різницею, що зусилля передаються у зворотній послідовності від плунжера до поршня. При виконанні цих операцій забезпечується максимальне і постійне зусилля прямого ходу гідроциліндра штоку і опору при його складанні.

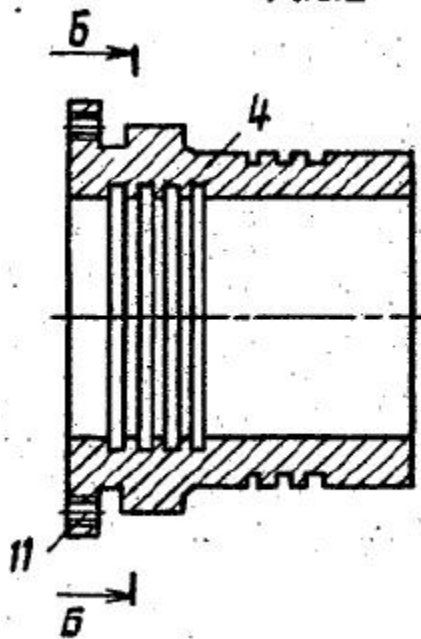
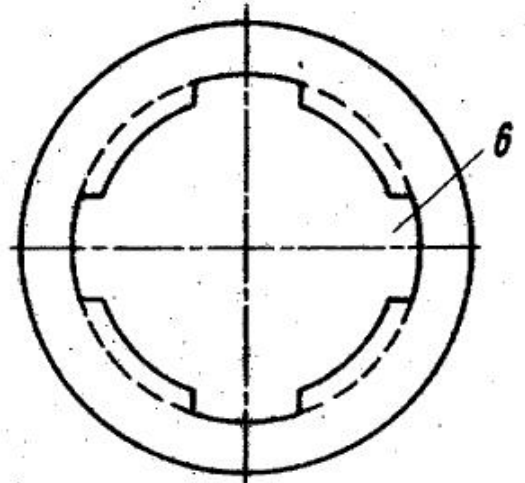
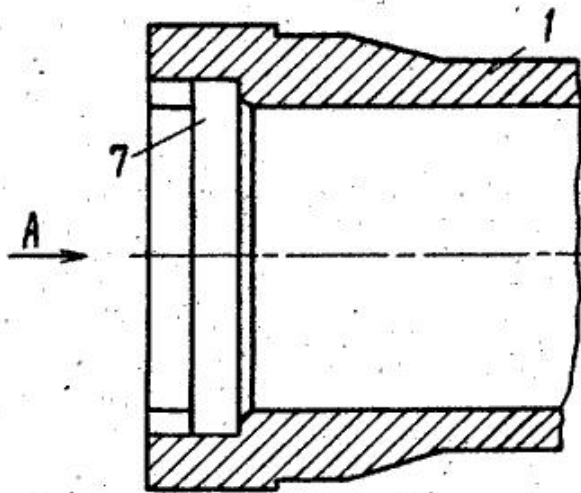
Мета винаходу [3] - підвищення довговічності пристрою.

Поставлена мета досягається тим, що гідрозамок забезпечений встановленою нерухомо в розточенні корпусу втулкою с. робочими вікнами, що співіснують з каналами відведення, і циліндричним пояском з поздовжніми шліцами на його зовнішній поверхні.

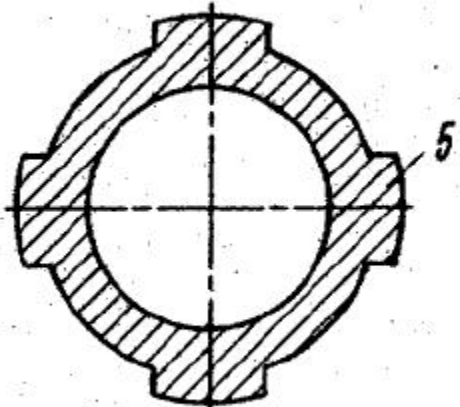
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 70
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					



Вид А



Б-Б



Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

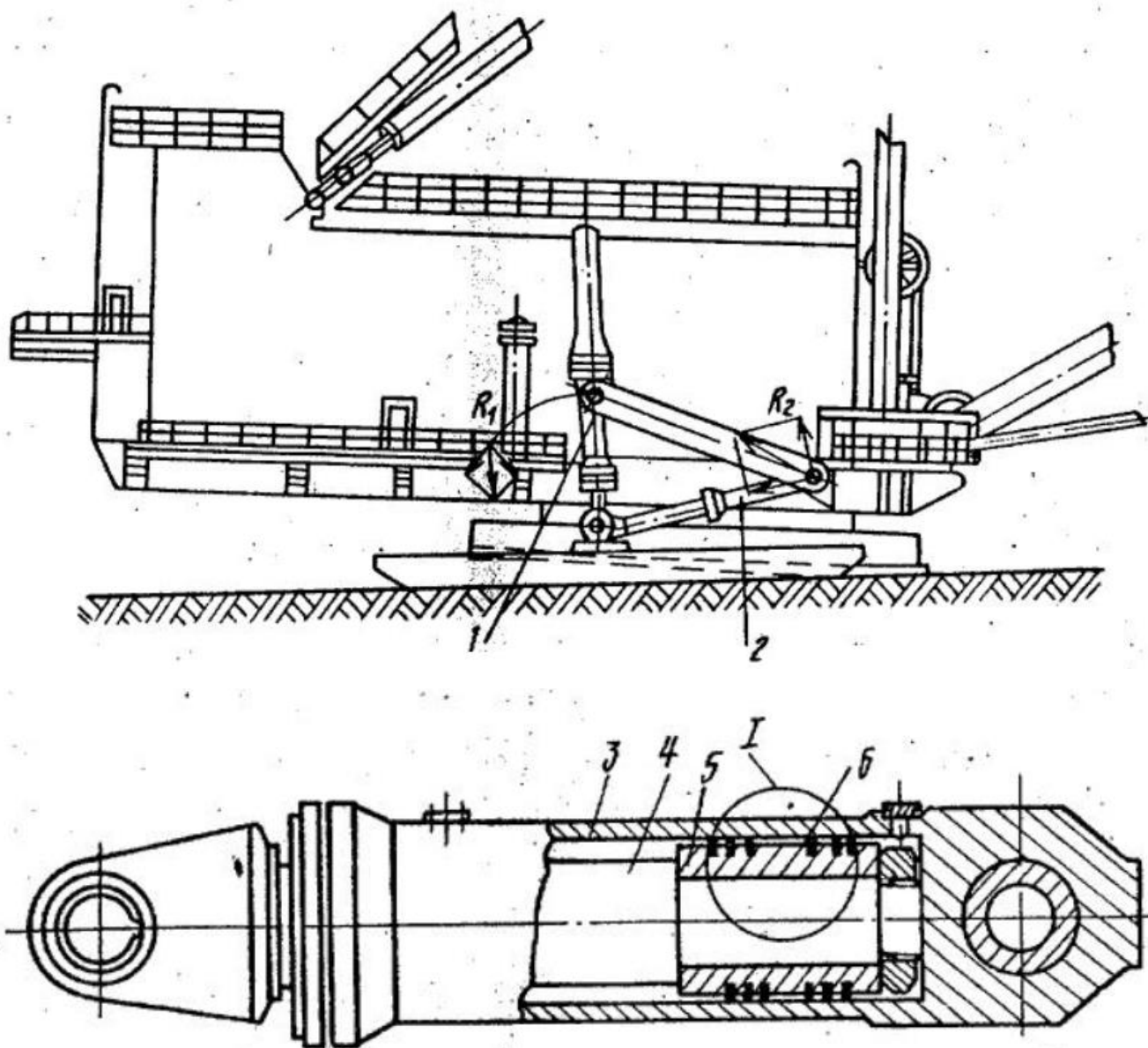
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Завдяки застосуванню винаходу значно скорочуються трудовитрати . з виготовлення гідроциліндра, зменшуються габарити корпусу гідроциліндра та втулки, підвищується надійність в експлуатації.

Метою винаходу [5] є підвищення терміну служби та надійності пристрою.

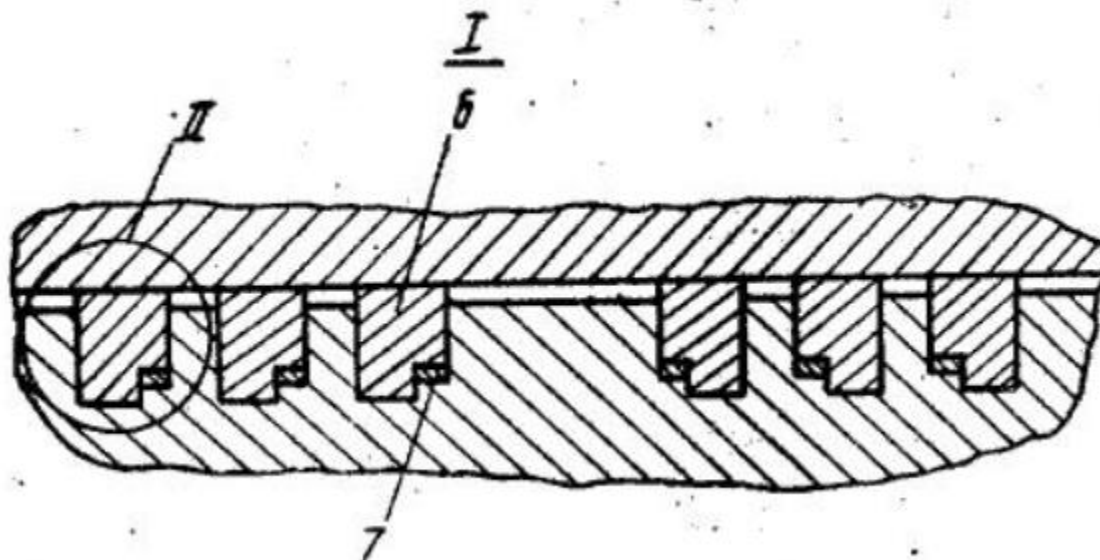
Поставлена мета досягається тим, що в гідроциліндрі механізму крокування екскаватора, що включає корпус, шток, поршень з ущільненнями у вигляді поршневих і гумових кілець, встановлених в канавках, з'єднаних з порожниною гідроциліндра, канавки і поршневі кільця виконані в перерізі ступеневої форми, а гумові кільця.



Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

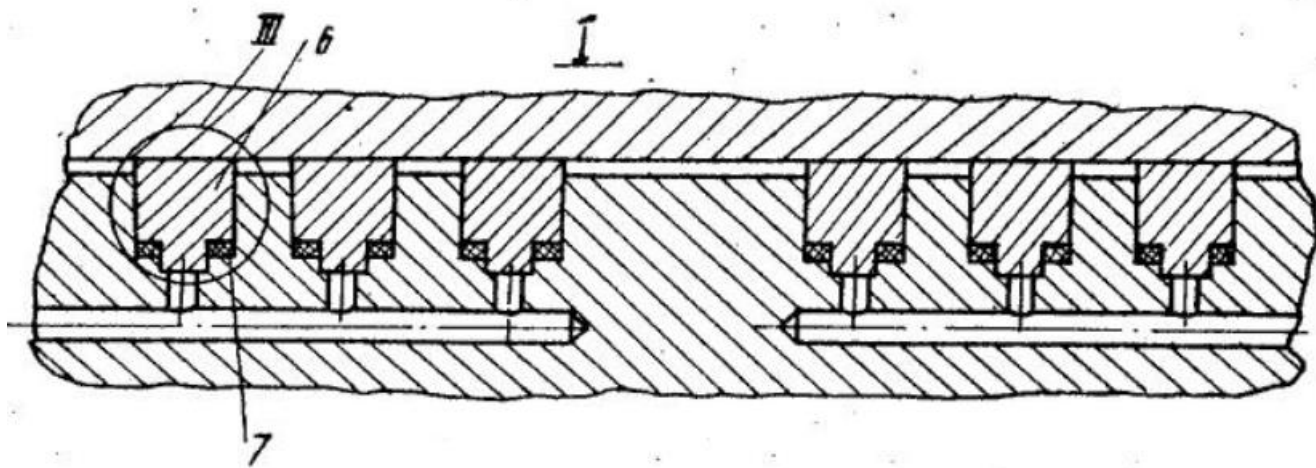
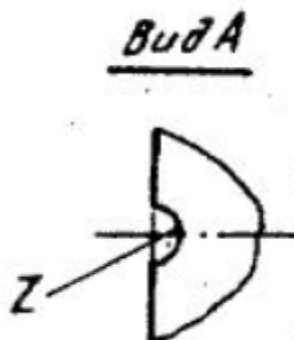
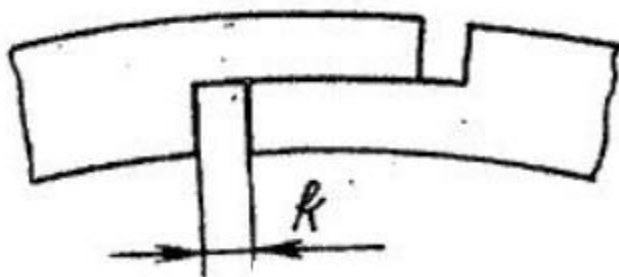
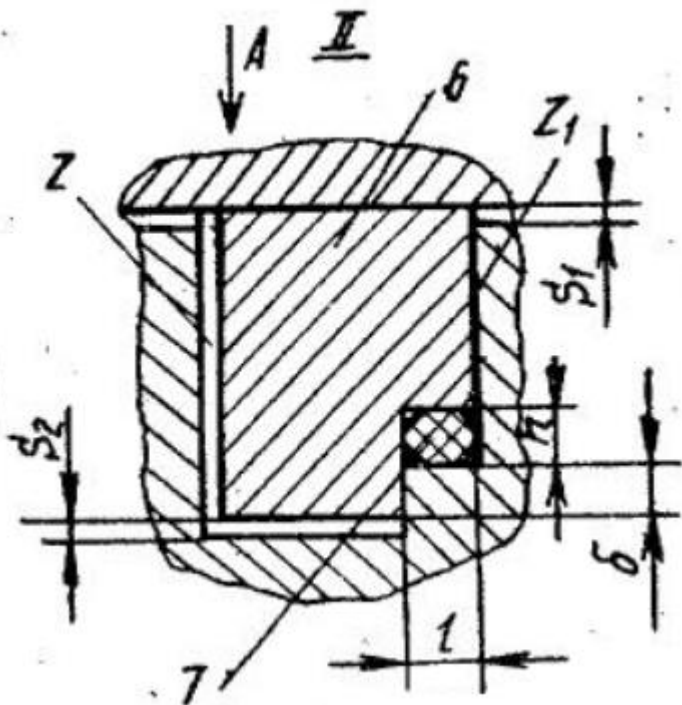
КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ



Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ				Лист
				75



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.
Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.
Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.	Инв. № дубл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

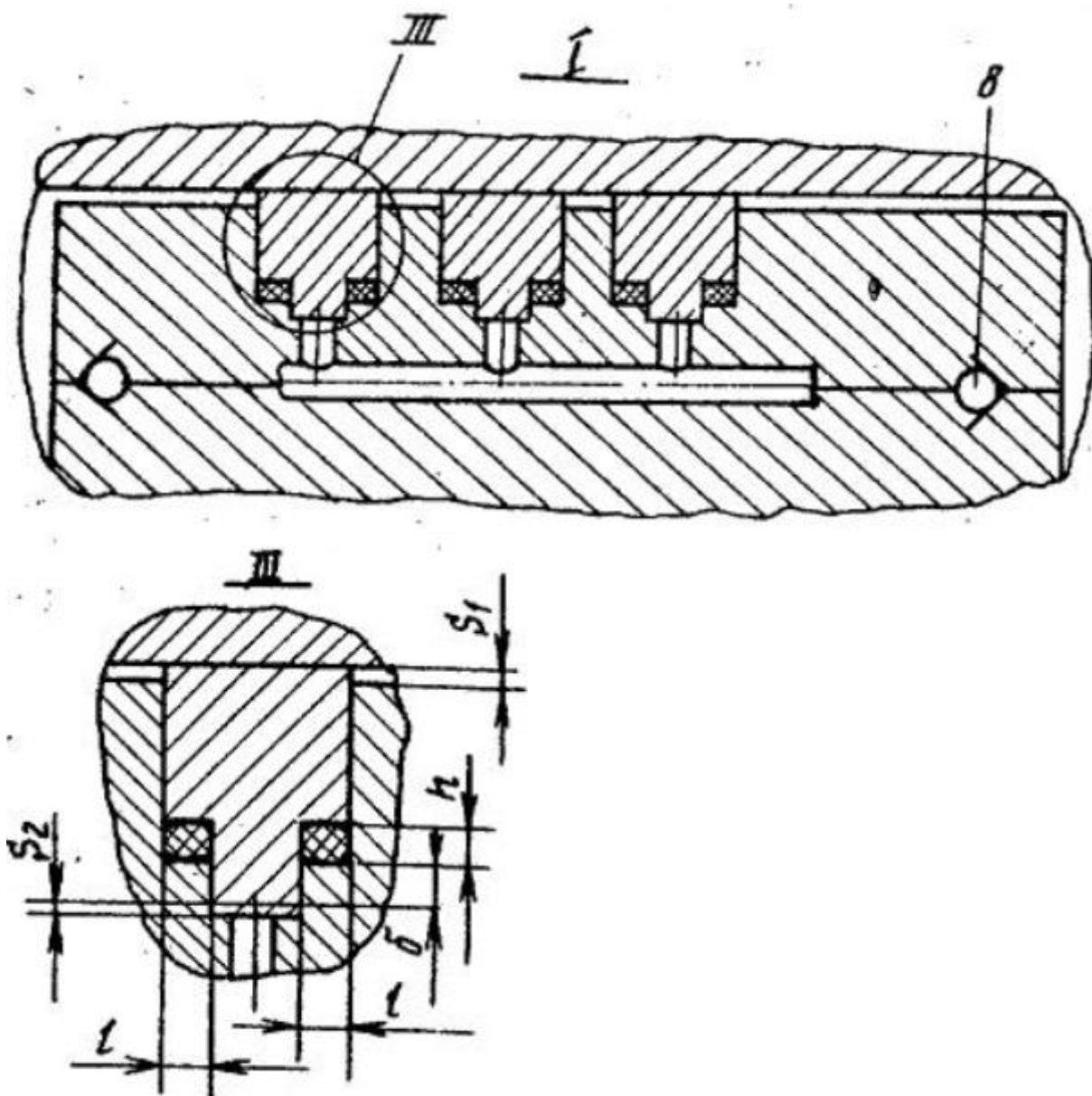


Рис 4.5 – До патенту [5]

Підйомний гідроциліндр 1 і тяговий циліндр 2 навантажені радіальними зусиллями, від опору ґрунту під опорною рамою, від ваги лижі, а також від деформації поперечних балок кріплення циліндрів, що викликає сильне бічне притискання поршня до стінки циліндра.

Гідроциліндр 1 включає корпус 3, шток 4, поршень 5, встановлений і зафіксований на штоку, в поршні виконані ступінчасті канавки під кільця поршневі 6, ущільнювальні гумові кільця круглого перерізу 7, розташовані в замкнутому обсязі канавки поршня і поршневого кільця. Поршневе кільце, як і канавка, має ступінчастий перетин.

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ				Лист 77

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

поршневого кільця в радіальному напрямку) об'єм кільцевої камери був достатній для розміщення гумового кільця.

Гідроциліндр працює в такий спосіб.

При підведенні рідини під тиском в штокову порожнину гідроциліндра рідина надходить під поршневе кільце, підтиснуте до дзеркала циліндра гумовим кільцем, каналом 2 і під гумове кільце, ущільнююче місце контакту поршневого кільця і поршня. Під впливом тиску поршневе кільце підвищує власний діаметр і вибирає зазор 5., тобто. ущільнює поршень у циліндрі. При цьому кільця, розташовані з боку порожнини безштокової, ущільнюють поршень тільки за рахунок своєї пружності. При підведенні тиск у безштокову порожнину циліндра характер роботи ущільнень змінюється на протилежний.

Завдяки тому, що поршневі кільця встановлені порівняно 5 неглибоких канавках, виключається їх надмірне переміщення. Крім того, у випадку, якщо з будь-яких причин, наприклад при зносі поршня, навантаження поршневого кільця тиском по зовнішній поверхні, воно стиснеться лише на величину зазору. При цьому, з одного боку, запобігають надмірним деформаціям і поломкам поршневих кілець, а з іншого - руйнування гумового кільця поршневим кільцем, що стискається. Разом з тим зберігається ущільнювальний ефект гумових кілець, що запобігає витоку рідини з-під поршневих кілець і забезпечує надійне. притискання до стінки циліндра.

Ущільнювальний ефект підвищується за рахунок встановлення гумових кілець з обох боків поршневого кільця.

Винахід [6] відноситься до машинобудування і може бути використане гідропривод верстатів, пресів та інших механізмів.

Мета винаходу - підвищення ефективності гальмування.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 79
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					

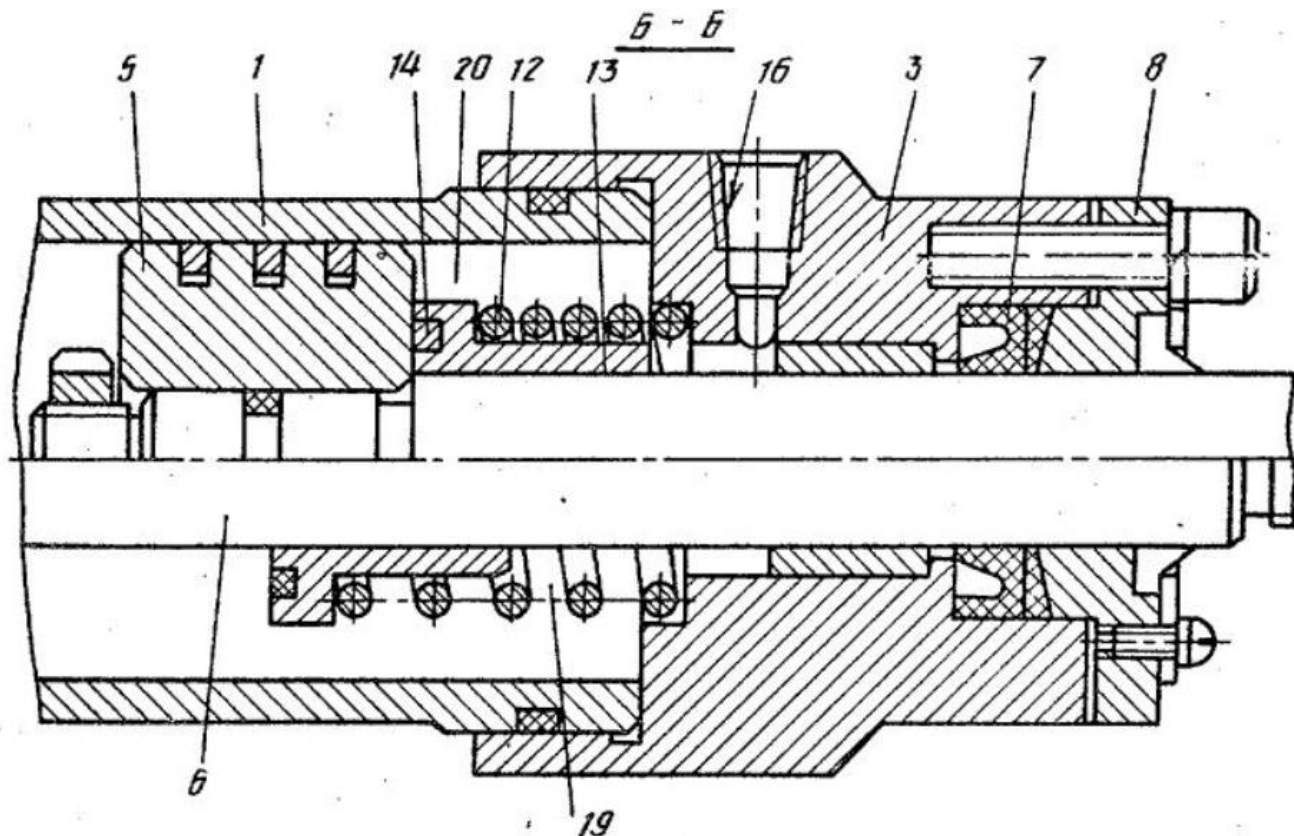


Рис 4.6 – До патенту [6]

Силовий циліндр містить корпус 1 із задньою 2 і передньою кришками 3, стягнутими шпильками 4. У корпусі 1 встановлений поршень 5 зі штоком 6, який ущільнюється манжетою 7 за допомогою фланця 8.

У торці задньої кришки 2 закріплена пружина 9, з'єднана з втулкою 10, яка охоплює пружину 9. З боку поршня 5 втулка забезпечена торцевим ущільненням 11.

У торці передньої кришки 3 закріплена пружина 12, з'єднана з втулкою 13, яка входить у пружину 12. На торці втулки з боку поршня 5 встановлено ущільнення 14. У кришках 2 і 3 виконані отвори 15 і 16 для підведення або зливу.

Пружина 9 розділяє поршневу порожнину на дві порожнини 17 і 18. Пружина 12 розділяє штокову порожнину на дві порожнини 19 і 20. На втулці 10 по зовнішньому діаметру виконані лиски для вільного проходу робочої рідини.

Силовий циліндр працює в такий спосіб.

При подачі тиску в отвір задньої 15 кришки 2 поршень 5 зі штоком 6 рухається. вперед у корпусі 1.

Підп. і дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Підп. і дата

Инв. № подл.

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Лист

80

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

Наприкінці ходу поршень 5 контактує з торцем втулки 13 і, переміщуючи її, стискає пружину 12. При цьому в штоковій порожнині утворюється дві порожнини 19 і 20, розділені пружиною 12. У міру стиснення останньої і переміщення втулки 13 до торця 2 її рідини з порожнини 19 в порожнину 20 зменшується та

припиняється при стиснутій пружині 12, коли витки щільно стиснуті.

При подачі тиску в отвір 16 передньої кришки 3 робоча рідина потрапляє в порожнину 20 і поступово надходить в порожнину 19. Поршень 5 зі штоком 6 повільно зміщується у бік задньої кришки 2.

У міру збільшення зазорів між витками пружини 12 руху втулки 13 швидкість поршня 5 збільшується. В кінці ходу поршень 5 контактує з втулкою 10 і, переміщуючи її, стискає пружину 9. При цьому 5 у поршневій порожнині утворюється дві порожнини 17 і 18, розділені пружиною 9.

У міру стиснення пружини 9 та переміщення втулки 10 до торця кришки 2 зменшується прохідний переріз між порожнинами 17 та 18.

Перетікання робочої рідини з порожнини 18 в порожнину 17 і, відповідно, на злив в отвір 15 зменшується і припиняється при пружині 9, коли витки щільно стиснуті.

При виконанні втулок 10 і 13 довжиною, що дорівнює величині стиснення пружин 9 і 12, жорсткий упор здійснюється через втулки 10 і 13 в кінці ходу поршня.

Мета винаходу [7] - підвищення якості обечайок, що виготовляються на валковій листозгинальній машині, оснащеної пропонованою системою синхронізації гідроциліндрів шляхом виключення перекосів пов'язаних з цими гідроциліндрами валків.

Мета досягається тим, що пропонована система синхронізації гідроциліндрів забезпечена запобіжними клапанами та дроселем. При цьому робочі порожнини гідроциліндрів через один запобіжний клапан повідомлені з керуючими порожнинами кожного з гідрозамків, які повідомлені через дросель зі зливом, а інший запобіжний клапан включений між ділянкою потоку і гідророзподільником і повідомлений зі зливом.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	на злив в отвір 15 зменшується і припиняється при пружині 9, коли витки щільно стиснуті.	
					При виконанні втулок 10 і 13 довжиною, що дорівнює величині стиснення пружин 9 і 12, жорсткий упор здійснюється через втулки 10 і 13 в кінці ходу поршня.	
					Мета винаходу [7] - підвищення якості обечайок, що виготовляються на валковій листозгинальній машині, оснащеної пропонованої системою синхронізації гідроциліндрів шляхом виключення перекосів пов'язаних з цими гідроциліндрами валків.	
					Мета досягається тим, що пропонована система синхронізації гідроциліндрів забезпечена запобіжними клапанами та дроселем. При цьому робочі порожнини гідроциліндрів через один запобіжний клапан повідомлені з керуючими порожнинами кожного з гідрозамків, які повідомлені через дросель зі зливом, а інший запобіжний клапан включений між ділянком потоку і гідророзподільником і повідомлений зі зливом.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ	Лист
						81

Крім цього, напірну магістраль перед гідророзподільником може бути включений зворотний клапан.

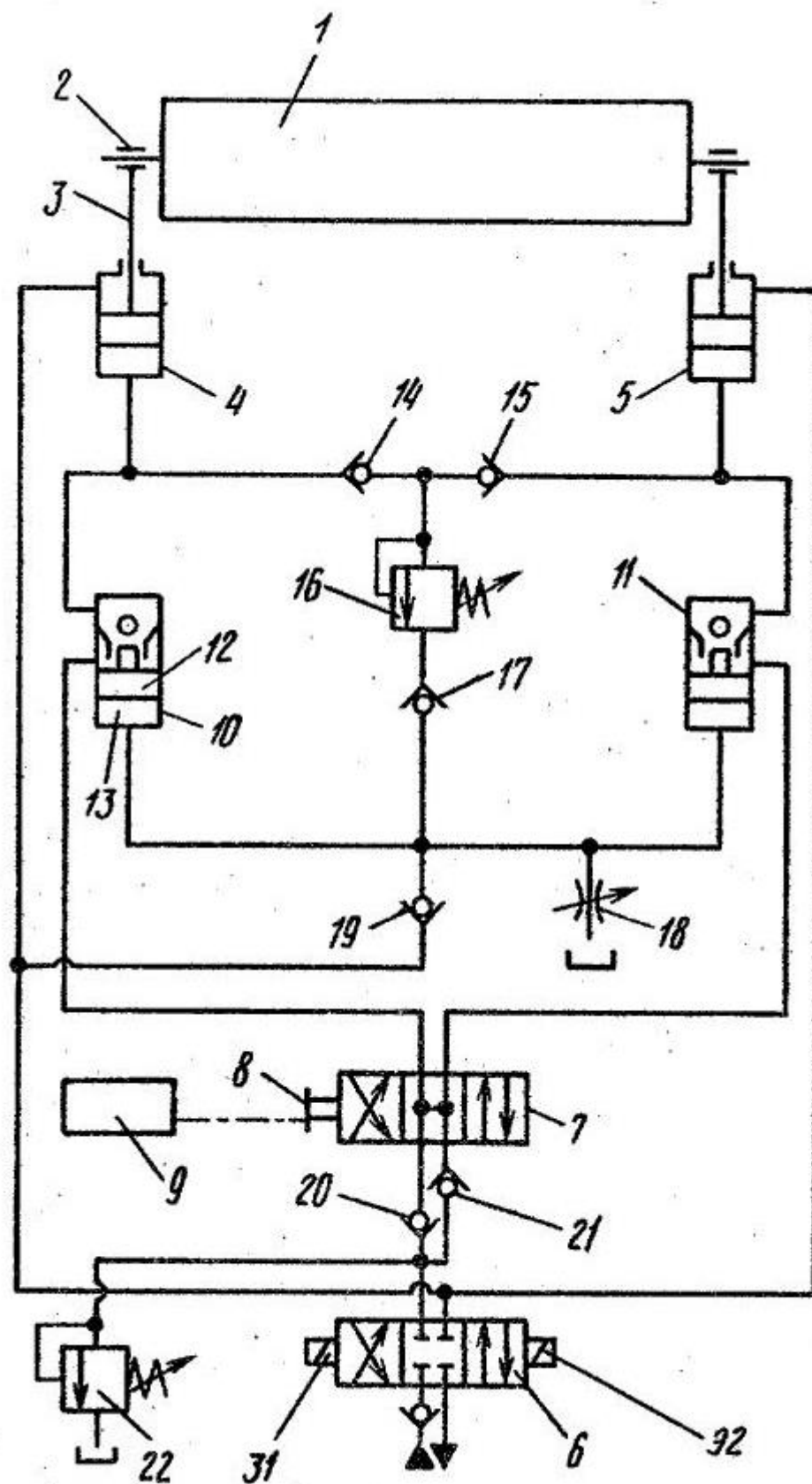


Рис 4.7 - До патенту [7]

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ			Лист
								82

Рис 4.7 - До патенту [7]

Валок 1 листозгинальної машини змонтований на опорах 2 які штоками 3 пов'язані з гідроциліндрами 4 і 5. Система живлення гідроциліндрів 4 і 5 включає джерело тиску, трипозиційний реверсивний гідророзподільник 6 з керуючими електромагнітами Е1 та Е2 та дільник потоку 7, рухомий золотник 8 якого пов'язаний з вузлом синхронізації 9. Дільник потоку 7 через гідрозамки 10 і 11 повідомлений з поршневими порожнинами (робочими) гідроциліндрів 4 і 5. Гідророзмки 10 і 11 мають кулькові клапани, що відкриваються поршнями 12 при наявності тиску в порожнинах, що управляють 13.

Поршневі порожнини гідроциліндрів 4 і 5 через зворотні клапани 14 і 15 повідомлені з запобіжним клапаном 16, а через нього зворотний клапан 17 з керуючими порожнинами 13 гідрозамків 10 і 11, у свою чергу керуючі порожнини 13 10 гідрозамків 11 через регульований дросель 18 повідомлені зі зливом, а через зворотний клапан 19 - зі штоковими порожнинами гідроциліндрів 4 і 5. Крім того, дільник потоку 7 через зворотні клапани 20 і 21 і запобіжний клапан 22 повідомлений зі зливом, Напірну магістраль перед гідророзподільником 6 включений зворотний клапан 23.

Гідросистема працює в такий спосіб.

Для переміщення валка 1 вгору включається електромагніт Е2 гідророзподільника 6 і масло від джерела тиску через зворотний клапан 23, гідророзподільник 6, зворотний клапан 20, дільник потоку 7 і гідрозамки 10, 11 надходить поршневі порожнини гідроциліндрів 4 і 5.

Валок 1 починає рухатися вгору. Паралельність переміщення валка 1 при цьому забезпечується вузлом синхронізації 9, керуючим положенням золотника 8 щодо прохідних каналів дільнику потоку 7.

Після того, як валок займе задане для вальцювання положення, подача робочої рідини в поршневі порожнини гідроциліндрів 4, 5 припиняється - поршневі порожнини гідроциліндрів 4 і 5 замикаються гідрозамками 10 і 11 - навантаження в процесі вальцювання, що сприймається валком, створює у поршневих порожнинах гідроциліндрів 4, 5 тиск. При перевищенні цього тиску в одній або обох поршневих порожнинах тієї межі, на який налаштований запобіжний клапан 16, останній спрацьовує.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № подл.						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					83				

Забезпечення гідравлічного зв'язку поршневих порожнин гідроциліндрів через запобіжний клапан з керуючими порожнинами гідрозамків і повідомлення останніх через дросель зі зливом, крім того, що оберігає гідроциліндри від

перевантаження в процесі вальцювання листа, забезпечує відкриття обох гідрозамків навіть у тому випадку, якщо навантаження має місце тільки в одному гідроциліндрі.

Внаслідок цього валок, хоч і дещо змістившись вниз, зберігає горизонтальне, без перекосу, положення, що підвищує якість виготовлених вальцюванням обичайок.

У результаті аналізу встановлено, що найперспективним шляхом удосконалення ущільнень гідроциліндрів є використання пропозиції патенту [4] щодо встановлення підпружинених металевих кілець.

4.3. Опис пропонованої конструкції ущільнень

У винаході [4], запропоновано силовий гідроциліндр, конструкція якого спрямована на підвищення ресурсу роботи та загальної надійності. Основна інженерна ідея полягає у використанні спеціальних ущільнювальних вузлів із поршневыми та еластичними кільцями, встановленими в ступінчастих канавках на поршні, що забезпечують надійне ущільнення при дії тиску.

Поршень циліндра фіксується на штоку, а ущільнення реалізується за допомогою набору поршневих кілець із профільованими канавками, які мають ступінчастий поперечний переріз, та еластичних гумових кілець круглого профілю. В конструкції передбачені два варіанти розміщення ущільнювальних елементів: з одностороннім або двостороннім розташуванням гумових кілець відносно поршневих. Також передбачені радіальні канали або отвори для подачі робочої рідини до ущільнювальної камери, що покращує гідродинамічне ущільнення.

Особливістю є наявність замкненого об'єму між поршневим кільцем та канавкою, в який встановлюється гумове кільце. Така конструкція забезпечує початкове пружне розширення поршневого кільця та ефективне притискання його до стінки гільзи. Величини зазорів та геометрія канавок підібрані таким чином, щоб уникнути надмірного стискання та пошкодження ущільнювальних елементів навіть при зносі поршня.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					85

Переваги конструкції:

1. **Підвищена надійність ущільнення.** За рахунок гідродинамічного ефекту тиску робочої рідини на поршневе кільце забезпечується додаткове притискання до стінки циліндра, що значно знижує ймовірність витoku.
2. **Захист гумових кілець від пошкоджень.** Завдяки спеціальному розрахунку зазорів і ступінчастій формі канавок запобігається надмірному стисненню гумових елементів, що продовжує термін їх служби.
3. **Адаптація до зносу.** У випадку часткового зносу поршня чи кільця ущільнення не втрачає герметичності завдяки саморегулюванню зазорів.
4. **Універсальність варіантів.** Залежно від конструктивної довжини поршня можуть використовуватись як одно- так і двобічні комплекти ущільнень, що розширює можливості конструктивної адаптації.

Недоліки та обмеження:

1. **Підвищена конструктивна складність.** Впровадження ступінчастих канавок, кількох комплектів ущільнень, радіальних каналів та зворотних клапанів суттєво ускладнює виготовлення поршня, підвищує вимоги до точності обробки та монтажу.
2. **Обмеження щодо довжини поршня.** При недостатній довжині поршня застосування двобічного ущільнення неможливе, що знижує ефективність герметизації і зменшує довговічність ущільнень вдвічі.
3. **Чутливість до бічних навантажень.** Радіальні сили, викликані ваговим навантаженням або деформацією балки, можуть спричиняти нерівномірне притискання кілець і призводити до підвищеного зносу в зоні контакту.
4. **Підвищений опір при русі поршня.** Наявність кількох ущільнювальних кілець, які створюють додаткове тертя, може знижувати енергоефективність гідроциліндра.

Таким чином, запропонована конструкція ущільнень гідроциліндра є технічно обґрунтованим рішенням, що поєднує ефективне ущільнення з механічною компенсацією зносу. Вона демонструє високу герметичність та довговічність при правильному виборі конфігурації. Водночас, реалізація такої системи вимагає високої точності виготовлення, збільшує складність

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 86
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					

обслуговування та не виключає зниження ресурсу при роботі в умовах інтенсивного бічного навантаження. В перспективі можливе вдосконалення конструкції за рахунок використання самовирівнювальних елементів або композитних ущільнювальних матеріалів для зменшення тертя й підвищення адаптивності до деформацій.

Отже, приймаємо таке рішення для удосконалення напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА.

Внаслідок особливості конструкції поршня (відносно мала довжина) встановити такі ущільнення технічно не можливо, це потребуватиме збільшення довжини поршня і, відповідно довжини гідроциліндру, що не припустимо.

Отже приймаємо встановлення таких ущільнень саме у втулку (поз. 1, рис 2.3) на внутрішню контактну поверхню між втулкою та штоком. Причому канали для подачі оливи в ущільнення будуть сполучати камеру зворотного ходу з ущільненням. Таке рішення забезпечить посилення контакту як раз при зворотному ході поршня.

Пропонована конструкція наведена на рис 4.8. У пропонованому варіанті залишається базова система ущільнень та додається нова система.

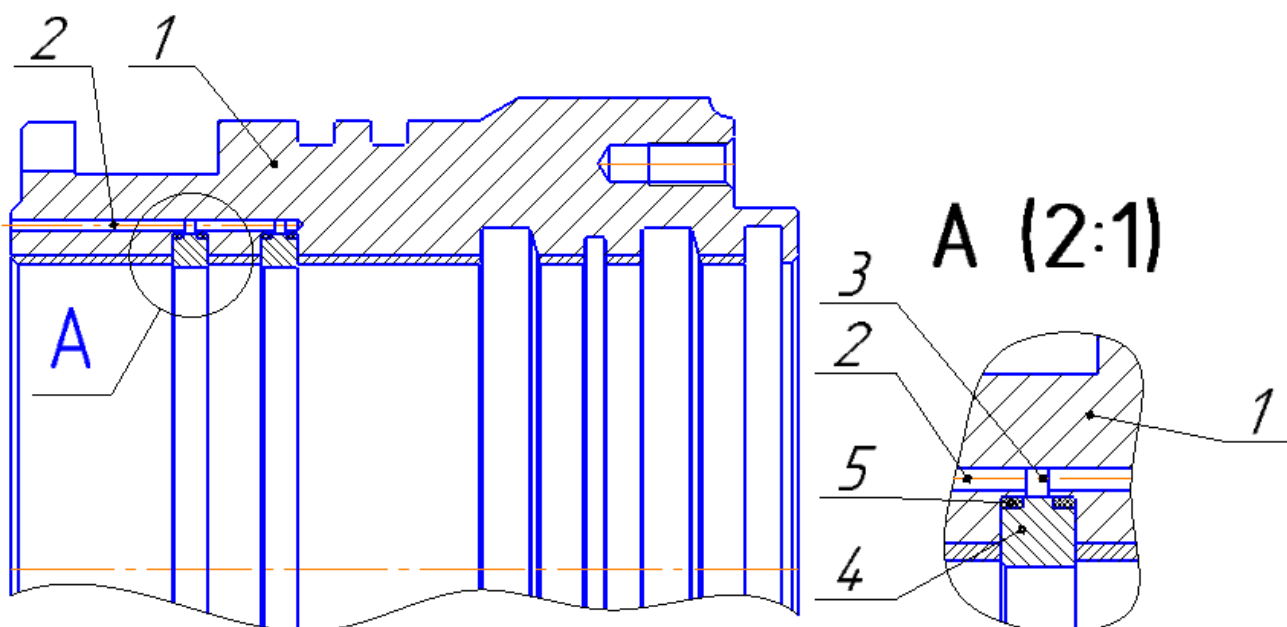


Рис 4.8 – Пропонована конструкція ущільнення: 1 – втулка; 2 – канал; 3 – проточка дренажна; 4 – пружне розрізне кільце; 5 – пружне гумове кільце.

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата			
Ине. № подл.	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	Лист
КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					87

4.4. Розрахунок щодо удосконалення системи ущільнень гідроциліндру

Визначимо базовий зазор між втулкою (поз.1, рис 2.3) і штокос (поз. 3, рис2.3).

Згідно з робочими кресленнями гідروциліндру посадка між штоком і втулкою становить $\varnothing 170 H8_0^{+0.063} / f8_{-0.106}^{-0.043}$.

Тоді зазори

- мінімальний 0,043 мм;
- максимальний 0,169 мм.

4.4.1. Визначення міцності удосконаленої втулки

Метою дослідження є визначення напружень та запасу міцності удосконаленої конструкції втулки, у якій зроблено додаткові канали та канавки для встановлення додаткових ущільнень.

Комп'ютерна модель втулки наведено на рис 4.9. Граничні умови наведено на рис 4.10:

- гранична умова кріплення – зафіксовано, прикладена до торця втулки;
- гранична умова навантаження – тиск 20МПа прикладений до каналів та канавок ущільнень.

Тип задачі – статична.

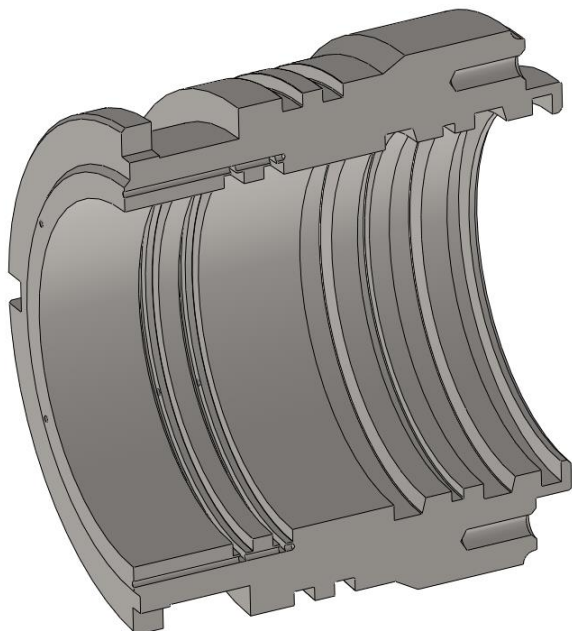


Рис 4.9 – Розрахункова модель

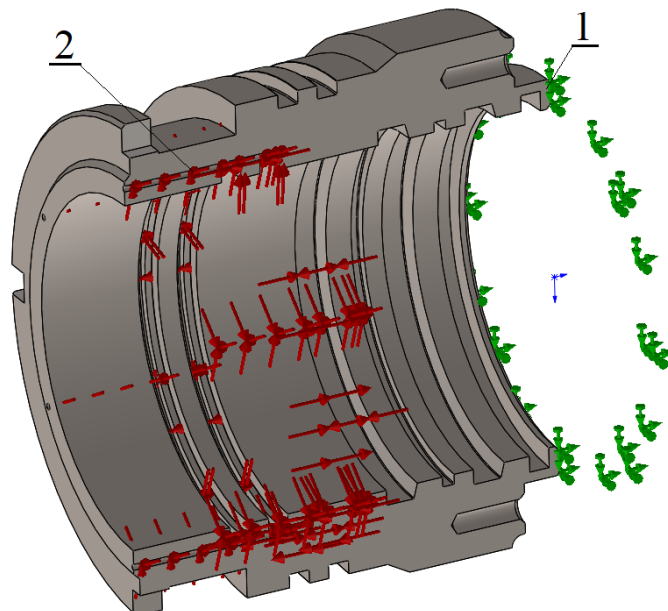


Рис 4.10 – Граничні умови: 1- кріплення; 2 – навантаження – тиск 20МПа

Результати розрахунків наведені на рис 4.11-4.13.

Напруження у матеріалі втулки (рис 4.11) від тиску робочої рідини в основному концентрується біля каналів та у додаткових канавках для ущільнень.

Деформація втулки (рис 4.12) становить 0,0034 мм, що цілком прийнятно. Слід зазначити, що деформація концентрується на місці першої канавки, яка знаходиться навпроти технологічної проточки. Сумісна дія канавки і проточки викликає концентрацію деформації у цьому місці. У подальшому можна рекомендувати перенести канавку для додаткового ущільнення глибше, але це рішення треба узгоджувати з технологами, оскільки при цьому зростає глибина каналів.

Запас міцності удосконаленої втулки (рис 4.13) становить 9,1, що є цілком прийнятним.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Деформація втулки (рис 4.12) становить 0,0034 мм, що цілком прийнятно.					
					Слід зазначити , що деформація концентрується на місці першої канавки, яка знаходиться навпроти технологічної проточки. Сумісна дія канавки і проточки викликає концентрацію деформації у цьому місці. У подальшому можна рекомендувати перенести канавку для додаткового ущільнення глибше, але це рішення треба узгоджувати з технологами, оскільки при цьому зростає глибина каналів.					
					Запас міцності удосконаленої втулки (рис 4.13) становить 9,1, що є цілком прийнятним.					
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						89

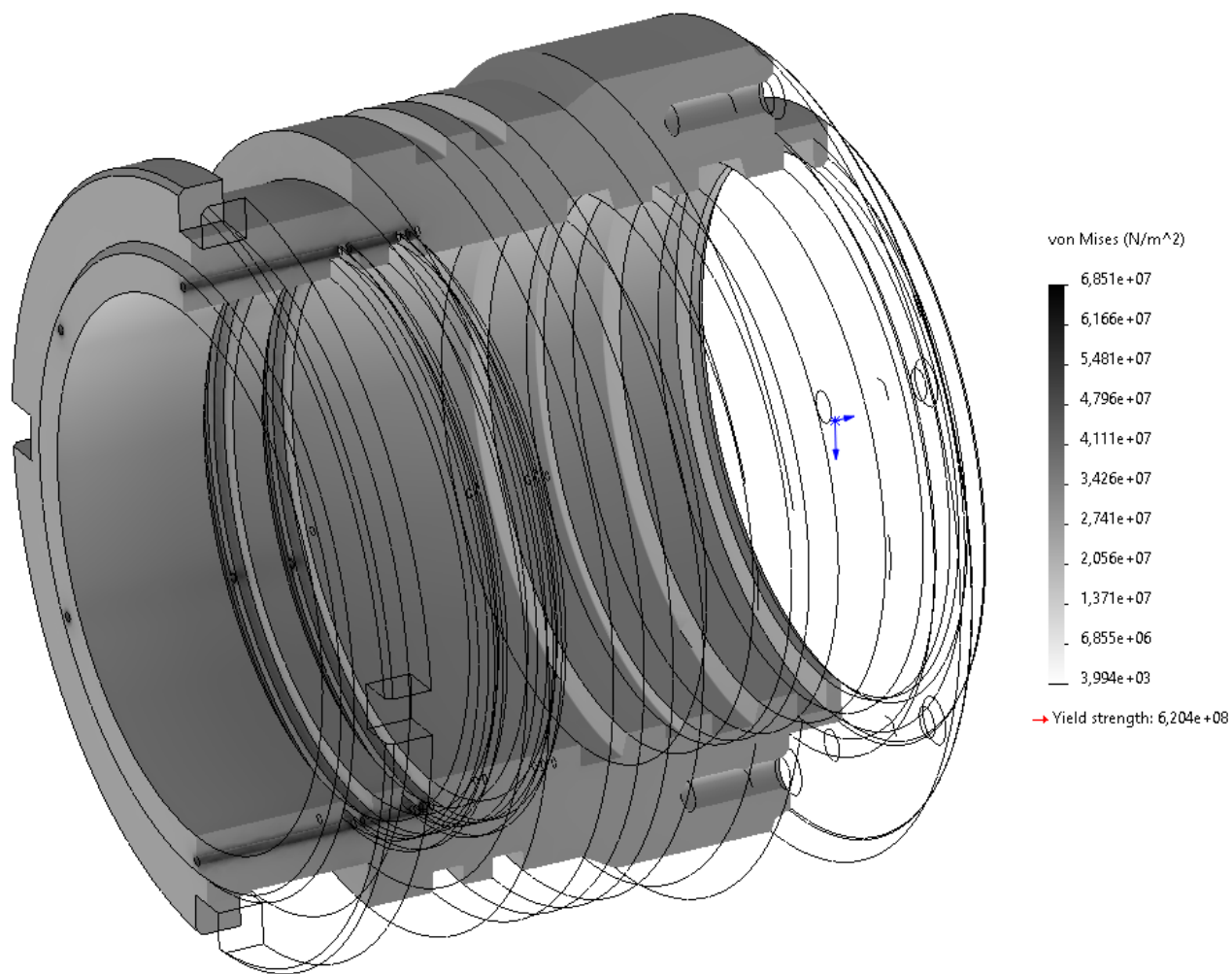


Рис 4.11 – Напруження у матеріалі втулки

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ				
					Лист				90

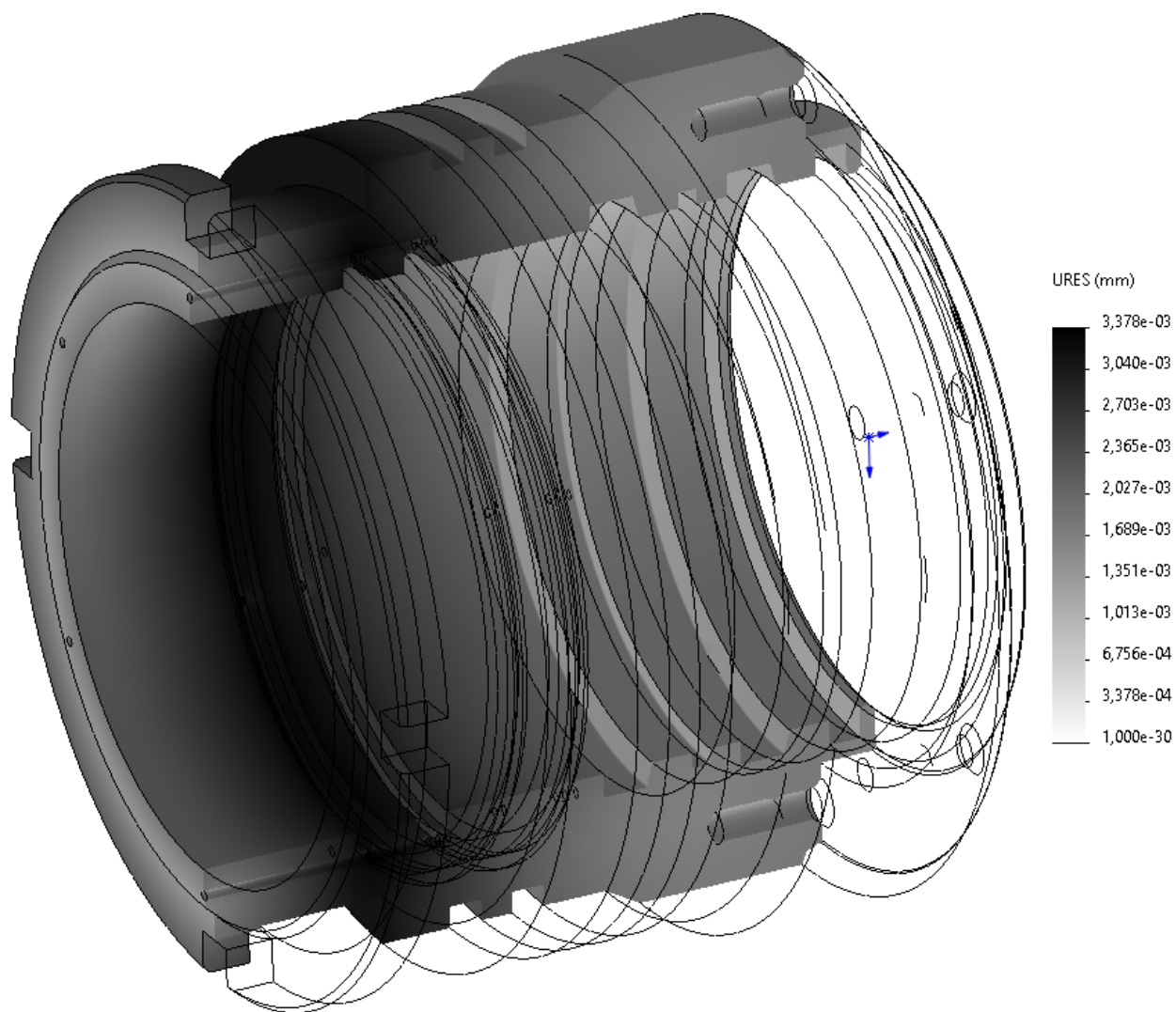


Рис 4.12 – Деформації втулки

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Лист	91
------	----

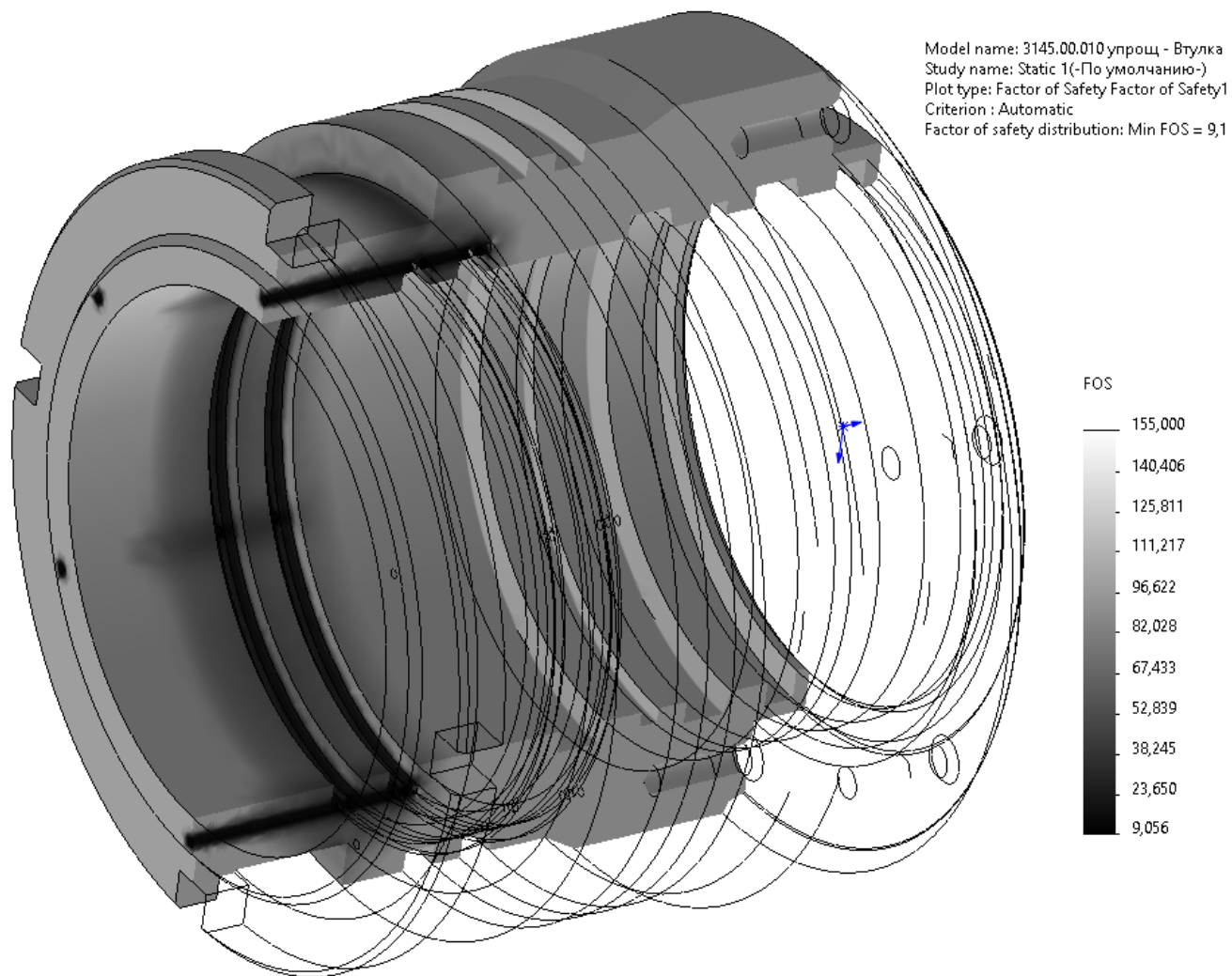


Рис 4.13 – Запас міцності матеріалу втулки

4.4.2. Визначення напруження між кільцем і штоком

Метою дослідження є визначення напружень та запасу міцності у пропонованому кільці ущільнення та у штоці, яким ковзає це кільце. Така задача є контактною, тому планується вирішувати її за допомогою дослідження нелінійного типу у модулі Simulation. Тому розрахункова модель буде максимально спрощена.

Комп'ютерна модель кільця та штоку наведено на рис 4.14. Граничні умови наведено на рис 4.15:

- гранична умова кріплення – рух штоку в осьовому напрямку на 5 мм і блокування радіальних переміщень;
- гранична умова кріплення – фіксація кільця від осьових переміщень;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						92

гранична умова навантаження – тиск 20МПа прикладений до зовнішньої поверхні кільця.

Тип задачі – нелінійна статична.

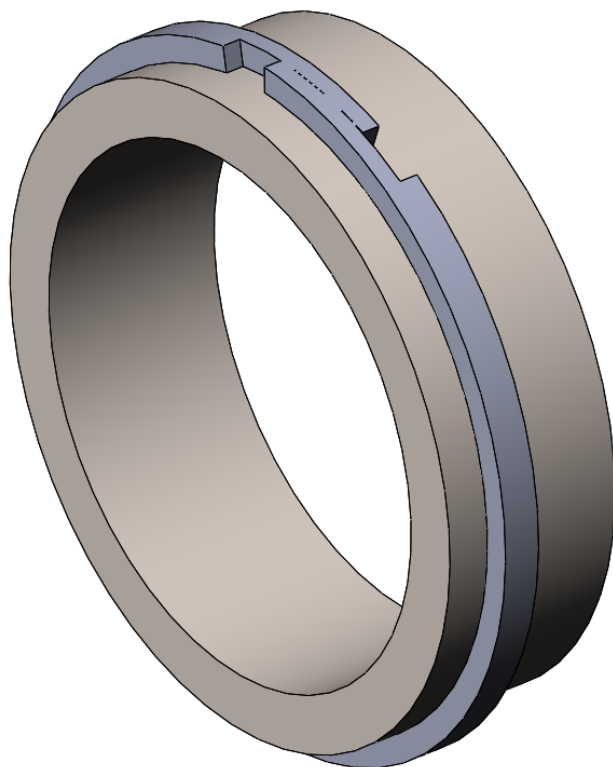


Рис 4.14 – Розрахункова модель

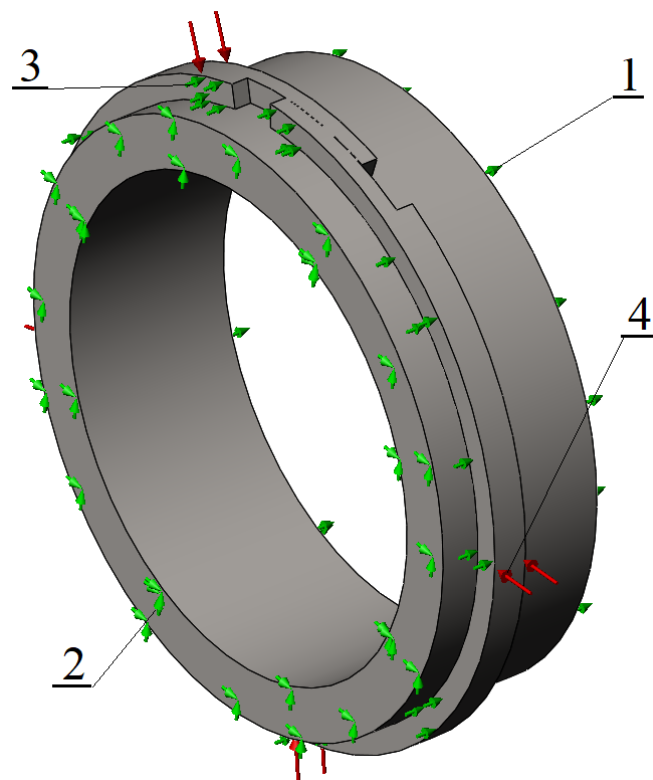


Рис 4.15 – Граничні умови: 1 – осьовий рух штоку; 2 – фіксація штоку від радіальних переміщень; 3 – фіксація кільця від осьових переміщень; 4 – тиск від робочої рідини

Напруження у кільці та штоці наведено на рис 4.16. Максимальні напруження зосереджені по кромках кільця розрізного. Особливо на гострих кутах. Поверхня штоку має незначні осередки напруження.

Отже, можна рекомендувати кільце ущільнення робити з притупленнями і скругленнями усіх гострих кромок.

Запас міцності наведено на рис 4.17. Мінімальний запас міцності становить 4,5, що є цілком достатнім.

Инв. № подл	Подп. и дата		Взам. инв. №	Подп. и дата						
Инв. № дубл	Подп. и дата		Взам. инв. №	Подп. и дата						
Рис 4.14 – Розрахункова модель					Рис 4.15 – Граничні умови: 1 – осьовий рух штоку; 2 – фіксація штоку від радіальних переміщень; 3 – фіксація кільця від осьових переміщень; 4 – тиск від робочої рідини					
Напруження у кільці та штоці наведено на рис 4.16. Максимальні напруження зосереджені по кромках кільця розрізного. Особливо на гострих кутах. Поверхня штоку має незначні осередки напруження.					Отже, можна рекомендувати кільце ущільнення робити з притупленнями і скругленнями усіх гострих кромок.					
Запас міцності наведено на рис 4.17. Мінімальний запас міцності становить 4,5, що є цілком достатнім.										
					КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					Лист
										93
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						



Рис 4.16 – Напруження у матеріалі



Рис 4.17 – Запас міцності

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Подп. и дата		
Инв. № докл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Инв. № инв.	Подп. и дата		Инв. № инв.	Подп. и дата		
КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ						Лист
						94
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Model name: втулка с кольцами
Study name: Nonlinear 1(-Default-)
Plot type: Factor of Safety1
Plot step: 13 time : 1 Seconds
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 4,5

FOS

1,200e+02
1,084e+02
9,689e+01
8,534e+01
7,378e+01
6,223e+01
5,067e+01
3,912e+01
2,756e+01
1,601e+01
4,456e+00

<< Plot Step: 13 >>

Рис 4.17 – Запас міцності

Отже, пропонована конструкція ущільнення є цілком роботоспроможною, а міцність деталей є достатньою.

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ	Лист
						95

5. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТІВ

5.1. Річний графік ремонтів

1. Плановий обсяг роботи установки на рік [13]

$$A_{\Pi} = n_{\text{д}} \cdot n_{\text{з}} \cdot t_{\text{з}} \cdot K_{\text{в}}$$

де $n_{\text{д}}$ – кількість робочих діб на рік; $n_{\text{з}}$ – кількість робочих змін на добу; $t_{\text{з}}$ – тривалість зміни, год; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання машини.

2. Кількість капітальних ремонтів [13]

$$N_K = \frac{A_0^K + A_{\Pi}}{T_K}$$

де A_{Π} – плановий обсяг роботи машини за рік, год; T_K – періодичність капітальних ремонтів, год

Як остаточний результат кількості ремонтів тут і далі береться лише ціла частина отриманої величини.

3. Кількість поточних ремонтів №3 [13]

$$N_{T3} = \frac{A_0^{T3} + A_{\Pi}}{T_3} - N_K$$

де A_0^{T3} – кількість годин, відпрацьованих машиною від останнього поточного ремонту №3; T_3 – періодичність поточного ремонту №3, год.

Величини A_0^{T3} визначають, виходячи з таких умов:

Якщо $A_0^K < T_3$, то $A_0^{T3} = T_3$;

Якщо $A_0^K > T_3$ і $\frac{A_0^K}{T_3} = n$ (ціле число), то $A_0^{T3} = 0$;

якщо $A_0^K > T_3$ і $\frac{A_0^K}{T_3} = n \frac{m}{T_3}$, то $A_0^{T3} = m$.

4. Кількість поточних ремонтів №2 [13]

$$N_{T2} = \frac{A_0^{T2} + A_{\Pi}}{T_2} - N_K - N_{T3}$$

де A_0^{T2} – кількість годин, відпрацьованих машиною від останнього поточного ремонту №2; T_2 – періодичність поточного ремонту №2, год.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ					96

5. Кількість поточних ремонтів № I [13]

$$N_{T1} = \frac{A_0^{T1} + A_n}{T_1} - N_K - N_{T3} - N_{T2}$$

де A_0^{T1} - кількість годин, відпрацьованих машиною від останнього поточного ремонту №1; T_1 - періодичність поточного ремонту №1, год.

Вихідні дані розрахунку річного графіка ремонту верстата наведені у табл. 6.1. Результати розрахунку річного графіка ремонту верстата наведені у табл. 6.2 та 6.3. Річний графік ремонтів верстата показано на рис. 6.1. Графік строків ремонтів верстата показано на рис. 6.2.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунку річного графіка ремонту верстата [13]

	Параметр	Позн.	Знач.
1	Кількість робочих днів у році	нд	250
2	Кількість робочих змін у добі	псм	2
3	Кількість годин у зміні	тсм	8
4	Кільк. годин від останнього кап. ремонту або с початку експлуатації на початок року що планується	Aok	2500
5	Тип та періодичність ремонтів, год.	T1	1000
		T2	3000
		T3	9000
		Tk	18000
6	Коеф.використання машини	ки	0,57

Таблиця 6.2 - Результати розрахунку річного графіка ремонту верстата

	Параметр	Позн.	Знач.
1	Плановий об'єм роботи машини на рік, год	Ар	4000
2	Кількість капітальних ремонтів у плановому році	Nк	0
3	Кількість ремонтів №3 у плановому році	Nt3	0
4	Кількість ремонтів №2 у плановому році	Nt2	2
5	Кількість ремонтів №1 у плановому році	Nt1	2

Таблиця 6.3 - Результати розрахунку річного графіка ремонту верстата [13]

Назва машини	Місяці											
	я	ф	м	а	м	и	и	а	с	о	н	д
Верстат СБШ-250МНА-32		T2			T1			T1			T2	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ							97

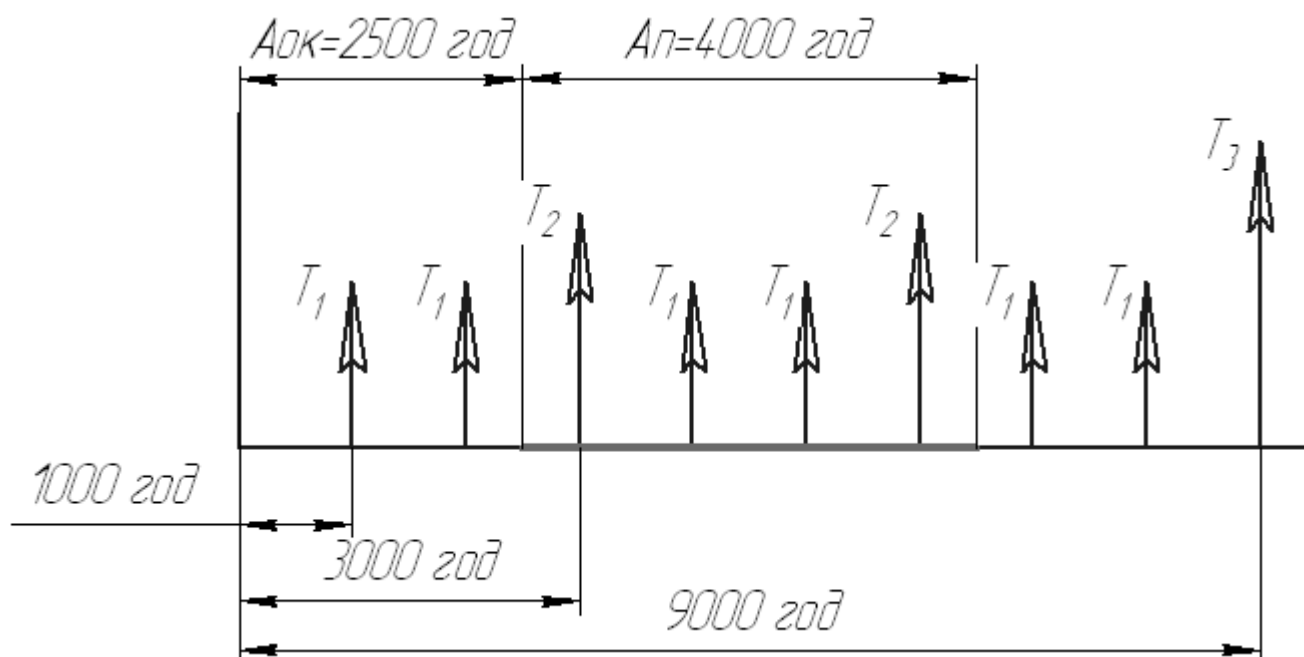


Рис. 6. 1. Річний графік ремонтів верстата

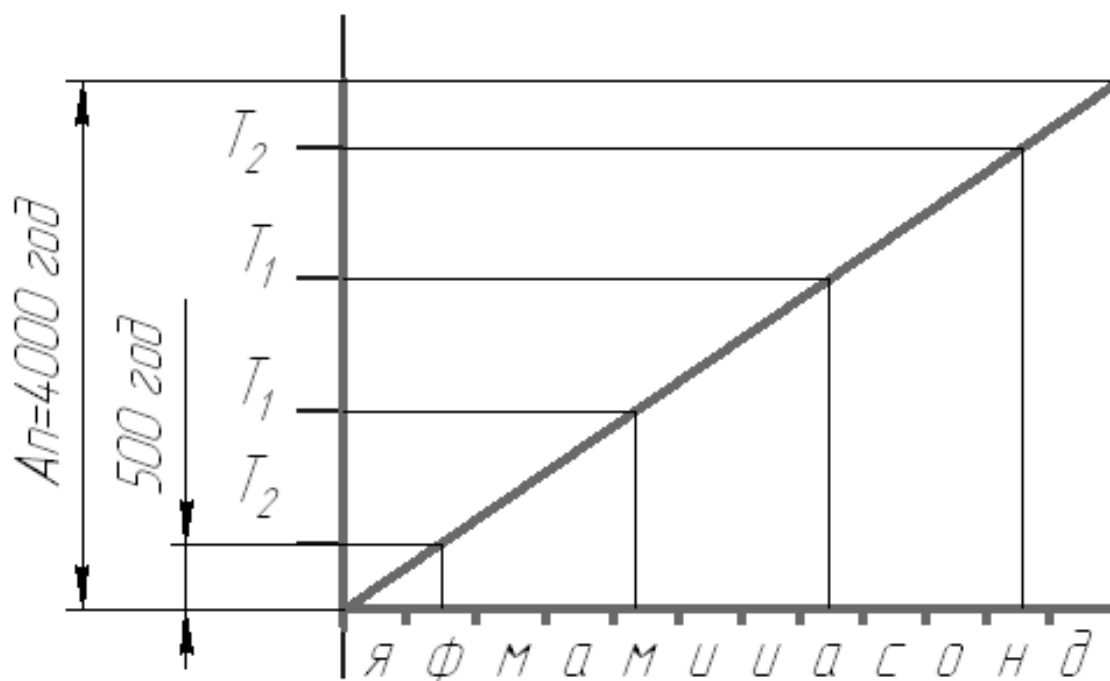


Рис. 6.2.Графік строків ремонтів верстата.

5.2. Розрахунок ремонтних майстерень

1. Повний обсяг трудових витрат ремонтних майстерень підприємства за рік

[13]

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № инв.
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$T = \alpha \cdot \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{T_{Ki}} \cdot (n_{1i} \cdot t_{1i} + n_{2i} \cdot t_{2i} + n_{3i} \cdot t_{3i} + t_{Ki}),$$

де α - коефіцієнт, який враховує ремонт неврахованого устаткування та інші позапланові роботи, $\alpha = 1,4 \dots 1,7$; N - кількість типів машин; m - кількість однотипних машин; n_{1i} , n_{2i} , n_{3i} - відповідно кількість поточних ремонтів № 1, № 2 та № 3 за ремонтний цикл i -ї машини; t_{1i} , t_{2i} , t_{3i} , t_{Ki} - відповідно трудомісткості поточних ремонтів № 1, №2, №3 та капітального ремонту для i -ї машини, люд.-год;

2. Річний фонд робочого часу устаткування, год. [13]

$$\Phi_o = [t \cdot (365 - B - C)] \cdot n_3 \cdot K_{TO},$$

де t - тривалість робочої зміни, год; B , C - кількість відповідно вихідних і святкових днів на рік, $B = 104$; $C = 8$; n_3 - кількість робочих змін на добу; K_{TO} - коефіцієнт, який враховує простої устаткування внаслідок технічного обслуговування та ремонту, $K_{TO} = 0,92 \dots 0,96$.

3. Загальна кількість металорізальних верстатів [13]

$$N_B = \frac{\beta_B \cdot T}{\Phi_o \cdot K_{BB}},$$

де β_B - коефіцієнт верстатних робіт, $\beta_B = 0,2 \dots 0,35$; K_{BB} - коефіцієнт використання верстата, $K_{BB} = 0,5 \dots 0,9$.

4. Верстати за типами можна розподілити так:

- токарні $N_{TB} = 0,4 \cdot N_B$;
- свердлильні $N_{CB} = 0,15 \cdot N_B$;
- точильно-обдиральні $N_{TOB} = 0,1 \cdot N_B$;
- інші $N_{IH} = 0,35 \cdot N_B$.

5. Орієнтовна кількість постів для різних типів зварювання [13]

$$P_3 = \frac{\beta_3 \cdot T \cdot C_3}{\Phi_o \cdot K_{B3}},$$

де β_3 - коефіцієнт зварювально-наплавочних робіт, $\beta_3 = 0,05 \dots 0,1$;

Инов. № подл. Подп. и дата Инов. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ	Лист 99
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

C_3 - коефіцієнт, який враховує розподіл між окремими видами зварювальних робіт: для електродугового зварювання - $C_3 = 0,5...0,6$; для ручного газового зварювання - $C_3 = 0,2...0,4$; для механізованого наплавлення - $C_3 = 0,1...0,3$; $K_{ВЗ}$ - коефіцієнт використання зварювального поста: для електро- та газозварювальних постів $K_{ВЗ} = 0,8...0,9$; для поста механізованого наплавлення $K_{ВЗ} = 0,5...0,7$.

6. Річний фонд робочого часу одного робітника, год [13]:

$$\Phi_p = [t \cdot (365 - B - C - \text{ВП})] \cdot K_B,$$

де ВП - кількість відпускних днів на рік; K_B - коефіцієнт, який враховує вимушені витрати часу через хворобу та інші поважні причини, $K_B = 0,97...0,98$.

7. Загальна кількість виробничих робітників ремонтного підприємства, чол.:

$$N_{BP} = \frac{T}{K_{ПН} \cdot \Phi_p},$$

де $K_{ПН}$ - коефіцієнт перевиконання норми, $K_{ПН} = 1,15...1,28$.

8. Необхідна кількість робітників різних професій [13]:

- верстатників $N_{вер} = K_{ВВ} \cdot N_B \cdot n_3$;
- електрогазозварників $N_{зв} = \Pi_3 \cdot n_3 \cdot K_{ВЗ}$;
- ковалів та пресувальників $N_{кп} = 0,08 \cdot N_{BP}$;
- робітники контрольного огляду та ін. $N_{ко} = 0,07 \cdot N_{BP}$;
- слюсарі та електрослюсарі $N_c = N_{BP} - (N_{вер} + N_{зв} + N_{кп} + N_{ко})$.

9. Загальний штат ремонтного підприємства з урахуванням підсобних робітників та ІТП [13]:

$$N_3 = 1,18 \cdot N_{BP}.$$

Вихідні дані розрахунку ремонтних майстерень наведені у табл. 6.3.

Результати розрахунку ремонтних майстерень наведені у табл. 6.4.

Таблиця 6.3 - Вихідні дані [13]

	Параметр	Позн.	Значення
1	Кількість типів машин	N	1
2	Кількість однотипних машин	m	12
3	Кількість потокових ремонтів на рік	n1	24
		n2	6
		n3	5
4	Періодичність капітальних ремонтів на рік	Tk	3

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.						Лист 100
	Подп. и дата								
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ				

5	Трудомісткість ремонтів	t1	574
		t2	992
		t3	1621
		tk	5110
6	Тривалість робочої зміни	t	7
7	Кількість змін на добу	n	2
8	Кількість вихідних днів на рік	B	104
9	Кількість святкових днів на рік	C	8
10	Кількість відпускних днів на рік	ВП	24
11	Коефіцієнт, який враховує ремонт неврахованого обладнання та інші позапланові роботи	α	1,5
12	Коефіцієнт, який враховує простої устаткування	Ко	0,95
13	Коефіцієнт, який враховує втрати часу	Кв	0,975
14	Коефіцієнт перевиконання норми	Кпн	1,175
15	Коефіцієнт використання верстата	Квв	0,7
16	Коефіцієнт весрватних робіт	$\beta \square$	0,3
17	Коефіцієнт зварювально-наплавочних робіт	$\beta 2$	0,075
18	Коефіцієнт використання електродугового зварювального поста	Квз1	0,85
19	Коефіцієнт використання газового зварювального поста	Квз2	0,85
20	Коефіцієнт використання поста механічного наплавлення	Квз3	0,6
21	Коефіцієнт електродугового зварювання	Сз1	0,55
22	Коефіцієнт газового зварювання	Сз2	0,3
23	Коефіцієнт механічної наплавки	Сз3	0,2

Таблиця 6.4 - Результати розрахунку ремонтних майстерень [13]

Параметр		Позн.	Значення	Остаточно прийм.	
1	Повний об'єм трудових витрат рем. майстерень на рік	Т	197628	-	-
2	Річний фонд робочого часу обладнання	Фо	3364,9	-	-
3	Загальна кількість металорізальних верстатів	Нвр	25,17095	Приймаємо	25
4	Кількість верстатів по типам: токарних верстатів	Нвр1	10,06838	Приймаємо	10
	свердлувальних верстатів	Нвр2	3,775642	Приймаємо	3
	точильно-обдирних верстатів	Нвр3	2,517095	Приймаємо	2
	інших типів верстатів	Нвр4	8,809831	Приймаємо	8
5	Кількість постів різних видів зварки: електродугова зварка	Пзв1	2,850239	Приймаємо	2
	газова зварка	Пзв2	1,554676	Приймаємо	1
	механічна наплавка	Пзв3	1,468305	Приймаємо	1
6	Річний фонд робочого часу 1 працівника	Фп	1562,925	-	-
7	Загальна кількість виробничих працівників	Нпр	107,6149	Приймаємо	107
8	Кількість верстатників	Нв	35,23932	Приймаємо	35
9	Кількість електрозварників	Нзв	9,250322	Приймаємо	9
10	Кількість ковалів та пресувальників	Нкп	8,609193	Приймаємо	8
11	Кількість працівників контрольного огляду та ін.	Нко	7,533044	Приймаємо	7
12	Кількість слюсарів та електрослюсарів	Нс	46,98303	Приймаємо	46
13	Загальний штат підприємства	Нзаг	126,9856	Приймаємо	126

Полп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Полп. и дата

Инв. № подл.

Ли

Изм.

№ докум.

Подп.

Дат

КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ

Лист

101

Розрахуємо потрібну кількість запасних частин для гідравлічного циліндру напору верстата.

Вихідні дані розрахунку потрібної кількості запасних частин наведені у табл. 6.5.

Результати розрахунку потрібної кількості запасних частин наведені у табл. 6.6.

Таблиця 6.5 - Вихідні дані розрахунку потрібної кількості запасних частин [13]

	Параметр	Позн.	Значення
1	Кількість однотипних машин, які перебувають в експлуатації	N	12
2	Кількість одноіменних деталей або складальних одиниць	под	2
3	Тривалість часу від одного до другого надходження	тпп	1
	запасних деталей%		3
			6
			12
4	Коефіцієнт, який враховує кількість однотипних машин	KN	0,8
5	Коефіцієнт, який враховує кількість однотипних деталей	Код	0,8
6	Коефіцієнт, який враховує рівномірність постачання	Kn	1,1
			1,3
			1,5
			2
7	Строк служби деталі до першої заміни, міс	tc	40

Таблиця 6.6 - Результати розрахунку потрібної кількості запасних частин [13]

	Параметр	Значення	Остаточнo прийм.	
1	Кількість запасних частин при надходжені 1 раз на місяць	0,4224	Приймаємо	1
2	Кількість запасних частин при надходжені 1 раз на 3 місяці	1,4976	Приймаємо	2
3	Кількість запасних частин при надходжені 1 раз на 6 місяців	3,456	Приймаємо	4
4	Кількість запасних частин при надходжені 1 раз на 12 місяці	9,216	Приймаємо	10

Ине. № подп Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						Лист 103	
					КНУ.РБ.133.25.82с.04 ПЗ		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат			

Висновки до частини II

1. Основним недоліком базової конструкції напірного гідроциліндру є абразивне спрацювання поверхонь штока та ущільнень втулки. Також при тривалій роботі в умовах високого тиску у контакті з оливою гумові ущільнення поступово руйнуються.
2. Метою удосконалення конструкції напірного гідравлічного циліндру є зміна конструкції ущільнення на таке, яке б змогло б протистояти високому тиску, хімічному впливу оливи, гідроабразивному зношенню.
3. Запропоновано задля удосконалення ущільнень напірного гідроциліндру встановити спеціальних ущільнювальних вузлів із поршковими та еластичними кільцями, встановленими в ступінчастих канавках на поршні, що забезпечують надійне ущільнення при дії тиску.
4. Пропонована конструкція ущільнення має наступні переваги: підвищена надійність ущільнення за рахунок гідродинамічного ефекту тиску робочої рідини на поршневе кільце; захист гумових кілець від пошкоджень; адаптація до зносу завдяки саморегулюванню зазорів.
5. Проведено дослідження напружень та запасу міцності удосконаленої конструкції втулки, у якій зроблено додаткові канали та канавки для встановлення додаткових ущільнень.
6. Встановлено, що напруження у матеріалі втулки від тиску робочої рідини в основному концентрується біля каналів та у додаткових канавках для ущільнень. Запас міцності удосконаленої втулки становить 9,1, що є цілком прийнятним.
7. Проведено дослідження напружень та запасу міцності у запропонованому кільці ущільнення та у штоці, яким ковзає це кільце.
8. Встановлено, що максимальні напруження зосереджені по кромках кільця розрізного, особливо на гострих кутах. Поверхня штоку має незначні осередки напруження. Мінімальний запас міцності становить 4,5, що є цілком достатнім.

Ив. № подл	Подп. и дата		Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл	Ив. № дубл.	Взам. инв. №
------------	--------------	--	-------------	--------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	--------------

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної кваліфікаційної бакалаврської
роботи

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

Тема роботи:

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту класифікатора
спірального 2КСН-30»

Частина III: «Розробка технології ремонту класифікатора спірального
2КСН-30»

Виконав: студент групи ГМБ-21 _____ Р.Ю.Микитюк

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

					КНУ.РБ.133.25.83с.03 ПЗ		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Розробка технології ремонту класифікатора спірального 2КСН-30		
Разраб.	Микитюк						
Пров.	Чумак						
Т. контр.	Чумак						
Н. контр.							
Утв.	Хруцький				ГМО ГМБ-21		
					Лит	Лист	Листов
						106	149

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 34 с., 3 рис., 11 табл., 25 літературних джерел.

Метою роботи є розробка технології ремонту напірних гідроциліндрів верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА. Об'єкт роботи – процес відновлення напірних гідроциліндрів верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА.

Розроблено технологічні схеми ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА. Розроблені заходи діагностики стану напірного гідроциліндру без його розбирання та наведено ознаки граничного або аварійного зношення. Алгоритм діагностики технічного стану гідроциліндра складається з підготовка до діагностики; візуальний огляд; перевірка герметичності; віброакустичний та/або тепловізійний аналіз; контроль ходу штока та переміщення поршня. Розроблено етапи підготовчих заходів верстату СБШ-250МНА до ремонтних робіт. Розроблено загальну схему ремонту напірного гідроциліндру. Розроблено технологію розбирання напірного гідроциліндру. Визначено перелік інструменту, що потребує розбирання: кран-балка (вантажопідйомність не менше 2 т);,; монтажна платформа; спеціальні знімачі для ущільнень, стопорних кілець, втулок; торцеві й трубчасті ключі відповідного розміру (до 80 мм); промислові нагрівачі (для зняття тугих посадок); ключі на 17 для болтів М12. Розроблено технологію миття напірного гідроциліндру та його окремих деталей. Розроблено технологію дефектації вузлів напірного гідроциліндру та створено їх дефектні карти. Розроблено технологію збирання напірного гідроциліндру. Встановлено, що основними видами зношування деталей напірного гідроциліндру є абразивне зношування. Проведено аналіз методів відновлення та, запропоновано відновлення внутрішньої поверхні циліндру та зовнішньої поверхні штоку за допомогою покриття (нікель-хром-бор-кремній), що наноситься високошвидкісним напиленням. Розроблено технологію нанесення захисного покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній). Строк виконання відновлення штоку 24,78 хв, циліндра - 24,77 хв.

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. і дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.03 ПЗ				Лист
									107

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

6. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ СБШ-250 МНА

6.1. Технічна діагностика напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА

Розглянемо методи діагностування технічного стану напірного гідроциліндра верстату та алгоритм проведення діагностики.

Силові гідроциліндри є ключовими елементами гідроприводу гірничих машин, відповідальними за виконання робочих операцій. Надійність і довговічність гідроциліндра визначають ефективність функціонування всієї машини.

Гідроциліндри в умовах гірничого виробництва, зокрема на верстаті СБШ-250МНА, працюють у складних умовах — під дією високих тисків, вібрацій, абразивного пилу, динамічних навантажень. Своєчасне виявлення дефектів дозволяє уникнути аварій, скоротити простої техніки, знизити витрати на ремонт.

Основні методи діагностики гідроциліндрів [18-22]:

1. Візуально-оптична діагностика

Мета: виявлення зовнішніх пошкоджень, витоків рідини, зносу ущільнень.

Інструменти: візуальний огляд, оптичні ендоскопи, ультрафіолетові лампи з індикаторною рідиною.

Переваги: швидкість, простота, дешевизна.

Обмеження: неможливість оцінки внутрішнього стану.

2. Акустико-емісійний метод

Мета: виявлення мікротріщин, внутрішніх дефектів матеріалу.

Принцип: фіксація акустичних хвиль, що виникають при руйнуванні мікроструктури.

Обладнання: сенсори акустичної емісії, фільтри, аналізатори сигналів.

Переваги: висока чутливість.

Обмеження: потребує досвідченого персоналу та специфічних умов.

3. Гідравлічні випробування на герметичність

Інв. № подп.	Подп. і дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. і дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ
					109

Мета: перевірка ущільнень, виявлення внутрішніх і зовнішніх протікань.

Методика: подача робочої рідини під тиском і спостереження за реакцією системи.

Переваги: точність в умовах реального навантаження.

Обмеження: потреба у зупинці машини.

4. Віброакустична діагностика

Мета: виявлення несправностей ковзання, люфтів, зносу деталей.

Принцип: аналіз вібраційного спектра, що генерується при роботі гідроциліндра.

Обладнання: вібросенсори, спектроаналізатори.

Переваги: безконтактний контроль.

Обмеження: потрібна база сигналів для інтерпретації.

5. Тепловізійний контроль

Мета: виявлення зон підвищеного тертя або витоків рідини.

Інструмент: тепловізор.

Переваги: швидкість, можливість виявлення прихованих дефектів.

Обмеження: чутливість до зовнішніх температурних факторів.

6. Лінійні переміщення та контроль ходу штока

Мета: виявлення внутрішніх витоків, неповного ходу поршня.

Інструменти: лінійні датчики, індуктивні/оптичні сенсори.

Переваги: точність у виявленні функціональних порушень.

Алгоритм діагностики технічного стану гідроциліндра

1. Підготовка до діагностики:

- Очистити гідроциліндр від бруду та залишків мастила.
- Забезпечити доступ до всіх елементів гідроциліндра.
- Зупинити машину або вивести гідроциліндр з експлуатації.

2. Візуальний огляд:

- Перевірити корпус, шток, ущільнення, місця з'єднань.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 110
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					

- вчасно виявити дефекти;
- попередити аварійні ситуації;
- підвищити надійність гірничої машини;
- зменшити витрати на ремонт.

Застосування комбінації методів — від простих візуальних до сучасних віброакустичних та тепловізійних — забезпечує об'єктивну оцінку ресурсу та функціональної придатності гідроциліндрів в умовах гірничого виробництва.

6.2. Розробка технологічної схеми ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА

При здійсненні капітального ремонту обладнання особлива увага приділяється організації підготовчих заходів. Цей етап включає кілька важливих кроків: складання попереднього списку виявлених дефектів на основі даних останнього обстеження обладнання та інформації, що була зібрана раніше; підготовку повного комплексу технічної документації для проведення ремонту (робочі креслення, технічні вимоги до ремонту, альбоми з картами дефектації тощо); розробку плану виконання ремонтних робіт; формування заявок на необхідні запасні частини, матеріали та інструменти, а також їх закупівлю та доставку до місця ремонту. У рамках плану виробництва ремонтних робіт визначаються методи виконання завдань, засоби механізації процесів, потреба в інструментах, пристосуваннях, а також кількість та розподіл працівників [21].

Проектування технологічного процесу ремонту передбачає наступні дії: розробку послідовності та методів виконання кожного виду ремонтних робіт; створення схем збирання та розбирання обладнання з вказівкою механізованих засобів; складання переліку деталей для складальних операцій; нормування трудових затрат; формулювання технічних завдань для створення спеціального обладнання та оснащення; визначення методів та інструментів контролю якості [21].

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
(робочі креслення, технічні вимоги до ремонту, альбоми з картами дефектації тощо); розробку плану виконання ремонтних робіт; формування заявок на необхідні запасні частини, матеріали та інструменти, а також їх закупівлю та доставку до місця ремонту. У рамках плану виробництва ремонтних робіт визначаються методи виконання завдань, засоби механізації процесів, потреба в інструментах, пристосуваннях, а також кількість та розподіл працівників [21]. Проектування технологічного процесу ремонту передбачає наступні дії: розробку послідовності та методів виконання кожного виду ремонтних робіт; створення схем збирання та розбирання обладнання з вказівкою механізованих засобів; складання переліку деталей для складальних операцій; нормування трудових затрат; формулювання технічних завдань для створення спеціального обладнання та оснащення; визначення методів та інструментів контролю якості [21].					
Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

Лист 112

Зазвичай робочі креслення обладнання, технічні вимоги до ремонту та альбоми з картами дефектації надходять від заводу-виробника. Якщо ж креслення відсутні, для деталей, що потребують виготовлення чи відновлення, створюються ескізи з натури. У разі, коли паралельно з капітальним ремонтом планується модернізація обладнання, готуються креслення нових вузлів та деталей, а також організовується їх виробництво [21].

У таблиці 6.1 наведено технологічного процесу ремонту гідродомкратів бурового верстату.

Таблиця 6.1 - Технологічний процес ремонту напірних гідроциліндрів бурового верстату [13]

п/п	Операція	Устаткування та інструмент
1	Очищення гідроциліндра від бруду і мастила	Таль 1,5 т, ганчір'я, миючі засоби
2	Розбирання гідроциліндра	Ключі, молотки, знімачі, таль 1,5 т
3	Очищення гідроциліндра від старої фарби	Ванна із спецрозчином
4	Миття і сушка деталей	Ванна для миття або мийна машина
5	Контроль і сортування	Інструмент для перевірки геометричних розмірів, прилади для ультразвукового, рентгенівського і іншого контролю
6	Ремонт деталей гідроциліндра	Устаткування для зварювання, наплавлення, металізації, гальванічні ванни та ін.
7	Складання і регулювання	Ключі, преси, молотки, скоби, індикатори, таль 1,5 т і тому подібне
8	Змазування гідроциліндра	
9	Випробування гідроциліндра	Електроприлади, прилади для визначення температури, тиску і ін.
10	Фарбування гідроциліндра	Краскопульт, сушильна піч
11	Сушка гідроциліндра	Сушильна камера

6.3. Розбирання напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА

Розглянемо технологічні особливості, вимоги до обладнання та техніки безпеки розбирання гідравлічних циліндрів.

У процесі капітального ремонту гірничої техніки значну роль відіграє етап розбирання агрегатів, який охоплює приблизно 10–15 % загального обсягу

Ине. № подп. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 113
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

ремонтних робіт і забезпечує до 70 % комплектуючих, придатних для повторного використання [20].

Розбирання — це поетапне відокремлення виробу на складові компоненти, включаючи демонтаж, якщо він необхідний. Перед початком розбирання проводиться очищення зовнішніх поверхонь і попередній візуальний огляд, за результатами якого оформлюється акт приймання, що фіксує попередній технічний стан виробу [20].

Роботи виконуються у відповідних зонах ремонтних цехів, обладнаних вантажопідйомними механізмами, інструментами, стелажми та спеціальними пристроями. Розбирання проводиться згідно з технологічною картою, яка визначає послідовність операцій, тип інструменту, витрати часу та вимоги до якості виконання [20].

Особливості розбирання напірного гідравлічного циліндра.

Гідроциліндри, зокрема великогабаритні (маса 1040 кг, довжина 2,1 м, діаметр 200 мм), потребують дотримання особливої обережності та використання спеціалізованого обладнання. Основними труднощами є точне центроване витягування поршня та штока, а також уникнення пошкодження ущільнень і хромованих поверхонь.

Для таких циліндрів застосовується наступне обладнання:

- Вантажопідйомні пристрої: кран-балка (вантажопідйомність не менше 2 т), траверса, балансири;
- Монтажна платформа з фіксувальними упорами для циліндрів;
- Спеціальні знімачі для ущільнень, стопорних кілець, втулок;
- Прес-станок (для демонтажу втулок, підшипників);
- Механізовані ключі: електричні, пневматичні гайковерти;
- Торцеві й трубчасті ключі відповідного розміру (до 80 мм);
- Промислові нагрівачі (для зняття тугих посадок);
- Захисні щити, екрани, індивідуальні засоби безпеки.
- Ключі на 17 для болтів М12.

Перед демонтажем фіксуються взаємні положення деталей (кернуванням, фарбуванням), які згодом підлягають збиранню у тому ж положенні, з метою

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 114
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

збереження припрацювання поверхонь. Не допускається знеособлення деталей, які утворюють робочі пари.

Послідовність розбирання

1. Підготовка робочого місця: прибирання, перевірка справності кранів і інструменту.
2. Встановлення циліндра на фіксуючу платформу або стенд.
3. Випуск тиску, злив залишків робочої рідини.
4. Демонтаж штуцерів, ущільнювальних елементів та приєднань.
5. Зняття кришки задньої опори та витягування штока з поршнем.
6. Роз'єднання поршня і штока (якщо передбачено конструкцією).
7. Витягування ущільнень, втулок, стопорів із застосуванням знімачів.
8. Візуальний огляд деталей, сортування на придатні, ті, що потребують ремонту, та непридатні.
9. Обробка місць посадки, очищення та підготовка до дефектації.

Заходи безпеки

- Роботи виконуються відповідно до затвердженої інструкції.
- Залучаються виключно кваліфіковані працівники, які пройшли інструктаж.
- Використовується сертифіковане підйомне обладнання.
- Заборонено скидати вузли на землю або допускати пошкодження робочих поверхонь.
- Усі інструменти мають бути справні, стандартного розміру, без подовжувачів.
- Захисні окуляри, каска, рукавиці, нековзне взуття — обов'язкові.
- Робоча зона повинна бути добре освітлена, очищена та звільнена від сторонніх предметів.

Дотримання зазначених вимог дозволяє не лише забезпечити якість ремонту, а й зберегти геометричну точність деталей гідроциліндра, що особливо критично для відновлення його робочих характеристик.

6.4. Миття напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА

Ине. № подп	Подп. и дата		Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

- Залучаються виключно кваліфіковані працівники, які пройшли інструктаж.
- Використовується сертифіковане підйомне обладнання.
- Заборонено скидати вузли на землю або допускати пошкодження робочих поверхонь.
- Усі інструменти мають бути справні, стандартного розміру, без подовжувачів.
- Захисні окуляри, каска, рукавиці, нековзне взуття — обов’язкові.
- Робоча зона повинна бути добре освітлена, очищена та звільнена від сторонніх предметів.

Дотримання зазначених вимог дозволяє не лише забезпечити якість ремонту, а й зберегти геометричну точність деталей гідроциліндра, що особливо критично для відновлення його робочих характеристик.

6.4. Миття напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

115

Після демонтажу обладнання проводиться очищення деталей, які можуть бути забруднені пилом, мастильними матеріалами, продуктами корозії та іншими відкладеннями. Для цього застосовуються різні миючі засоби, включаючи водні розчини хімічних сполук та синтетичні миючі препарати. Вибір способу очищення залежить від матеріалу деталей та характеру забруднень.

Для сталевих і чавунних деталей найчастіше використовують водні розчини каустичної соди (NaOH), що містять 50–80 г/л основної речовини та 8–10 г/л господарського мила. Очищення проводиться при температурі розчину 80–90 °С, після чого деталі промиваються водою, підігрітою до 50–60 °С. Такий метод ефективно видаляє жирові та механічні забруднення, але має недоліки: розчини токсичні, можуть викликати корозію металу, а також є непридатними для алюмінієвих деталей через їх руйнівний вплив на цей матеріал.

Для очищення алюмінієвих деталей рекомендується використовувати більш м'які розчини, наприклад, на основі кальцинованої соди (10–15 г/л), тринатрифосфата (25–30 г/л) або рідкого скла (10–15 г/л). Температура таких розчинів становить 80–90 °С. Сучасні синтетичні миючі засоби (СМЗ), такі як МЛ-51, МС-5, МС-6, МС-8 та Лабомід-101, набули значного поширення завдяки своїй високій ефективності, безпечності для металу та людини, а також універсальності. Вони придатні для очищення як чорних, так і кольорових металів, не вимагають додаткового промивання і є менш шкідливими для навколишнього середовища.

Особливості миття деталей гідравлічного циліндра. Очищення деталей гідравлічного циліндра потребує особливої уваги через специфіку їх конструкції та функціонального призначення. Наприклад, внутрішні поверхні циліндрів часто покриті масляними відкладеннями, продуктами зносу та іржею, які можуть негативно впливати на герметичність системи. Для ефективного очищення таких деталей використовуються методи струменевого очищення або занурення в миючий розчин.

Струменеве очищення є одним із найбільш ефективних методів, оскільки забезпечує не лише хімічну взаємодію миючого засобу з забрудненнями, а й механічну дію потоку рідини. Цей процес виконується в спеціальних миючих

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № инв.	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	116

Для занурення деталей у миючий розчин використовуються ванни різних конструкцій, включаючи виварочні ванни. У таких ваннах деталі витримуються протягом 6–20 годин (залежно від ступеня забруднення) при температурі розчину 80–90 °С. Після такого очищення деталі промиваються гарячою водою для зняття залишків миючого засобу.

При виконанні очищення деталей важливо дотримуватися правил техніки безпеки. Миття слід проводити у спеціально обладнаних приміщеннях з твердою підлогою та встановленими системами відведення миючих розчинів. Устаткування для миття має бути оснащено витяжною вентиляцією, а всі працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, такі як гумові рукавички, чоботи, фартухи та захисні окуляри. Для захисту шкіри рук рекомендується застосовувати спеціальні захисні пасти.

Таблиця 6.2 - Технологічний процес миття деталей напірного гідроциліндру

[23]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструменти
1	2	3
Миття великогабаритних деталей		
1	Розташувати окремі деталі гідроциліндру таким чином, щоб до усіх поверхонь був доступ	Кран 1,5-2 т, стропи.
2	Попередньо обмити деталі гідроциліндру води	Насос, шланг, бак з водою
3	Обмити деталі гідроциліндру струменем води з розчином синтетичних миючих засобів	Насос, шланг, бак з розчином миючих засобів

Технічні умови		
4	На поверхні деталей гідроциліндру забруднення не допускаються; якщо воно є - провести на повторне миття додатково застосувавши металеві щітки, ганчір'я	
5	Обдути деталі гідроциліндру стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-ГАРО або ін.
6	Контроль ВТК. Перевірити якість миття деталей гідроциліндру	
Миття дрібних деталей		
7	Розкласти деталі в сітчасті кошики, піраміди і начепити на підвісний конвеєр мийної машина, великі деталі	Сітчасті кошики, піраміди, ловців, стропи, мийна машина ОМ-4267, електрична таль ТЗ 05
8	Промити деталі в мийній машині при робочій температурі розчину	Мийна машина ОМ-4267
9	Зняти деталі з конвеєра і обдути стислим повітрям до повного видалення вологи	Таль електрична ТЗ 00, стропи
Миття кріпильних виробів		
10	Завантажити кріпильні вироби у ванну, включити установку і промити їх впродовж 10 -15 хв	Сітчасті кошики, установка для миття ОМ-6068, таль електрична Те06, стропи
11	Вивантажити кріпильні вироби і обдути стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-1АРО
12	Контроль ВТК. Перевірити якість миття і направити вироби на ділянку дефектації	

6.5. Дефектація деталей напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА

Після очищення деталей від забруднень проводиться оцінка їх технічного стану. Цей процес називається дефектацією і полягає у визначенні придатності деталей до подальшого використання. Для кожного елементу розроблені спеціальні технічні вимоги, які зазначені у вигляді карт або інструкцій. У результаті перевірки деталі поділяються на три категорії:

1. Придатні — це деталі, розміри та параметри яких знаходяться в межах допустимих норм. Їх направляють на склад готових деталей або безпосередньо на збирання.
2. Підлягають ремонту — це деталі, які мають пошкодження або спрацювання, що можуть бути усунені за допомогою ремонту. Після визначення маршруту відновлення їх передають на відповідні ділянки або зберігають до початку ремонту.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				
					Лист				118

3. Непридатні — це деталі, які неможливо відремонтувати або відновлення є економічно недоцільним. Їх направляють на склад брухту.

Для зручності сортування деталі маркують фарбами різних кольорів:

- зелений або жовтий — придатні;
- білий або синій — підлягають ремонту;
- червоний — непридатні.

Особливості дефектації деталей гідравлічного циліндра.

Гідравлічний циліндр — це відповідальний елемент системи, тому його деталі піддаються ретельному контролю. Основні види дефектів, які можуть бути виявлені, включають:

1. Механічні пошкодження:

- Тріщини (поверхневі та внутрішні);
- Раковини (порожнечі в металі);
- Задирки та подряпини на робочих поверхнях;
- Деформація (вигини, скручування).

2. Корозійні ушкодження:

- Іржа;
- Виїдання поверхні хімічними агентами.

3. Спрацювання матеріалу:

- Знос поверхонь тертя (штоку та внутрішньої поверхні циліндра);
- Зменшення товщини стінок.

4. Геометричні відхилення:

- Неправильна форма отворів або деталей;
- Відхилення від паралельності або перпендикулярності поверхонь.

5. Приховані дефекти:

- Внутрішні тріщини;
- Шлакові включення;
- Порожнечі всередині металу.

Методи виявлення дефектів

Для контролю стану деталей гідравлічного циліндра застосовуються різні

методи:

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 119
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					

1. Візуальний контроль:

- Перевірка зовнішнього стану деталей за допомогою лупи або мікроскопа.
- Виявлення задирок, подряпин та корозії.

2. Вимірювання розмірів:

- Використання універсального вимірювального інструменту (штангенциркуль, мікрометр, індикаторні нутроміри).
- Контроль за допомогою шаблонів, калібрів та пробок.

3. Контроль геометрії:

- Визначення погнутості на контрольній плиті за допомогою щупів або індикаторів годинного типу.
- Перевірка на призмах або в центрах токарного верстата.

4. Виявлення прихованих дефектів:

- Кольоровий метод: нанесення спеціального розчину на поверхню деталі для виявлення тріщин шириною 20–30 мкм.

- Люмінесцентний метод: занурення деталі у флюоресціючу рідину та опромінення ультрафіолетовими променями для виявлення тріщин шириною більше 10 мкм.

- Магнітний метод: намагнічування деталі та виявлення тріщин за допомогою магнітного порошку.

- Ультразвуковий метод: виявлення внутрішніх дефектів (тріщин, раковин, шлакових включень) шляхом аналізу сигналів, що відбиваються від неоднорідностей.

Опис технологічного процесу дефектації напірних гідроциліндрів бурового верстату наведено у таблиці 6.3. Для штока та циліндра створюються окремі дефектні карти (таблиці 6.4 та 6.5), де вказані основні параметри, методи контролю та допустимі відхилення.

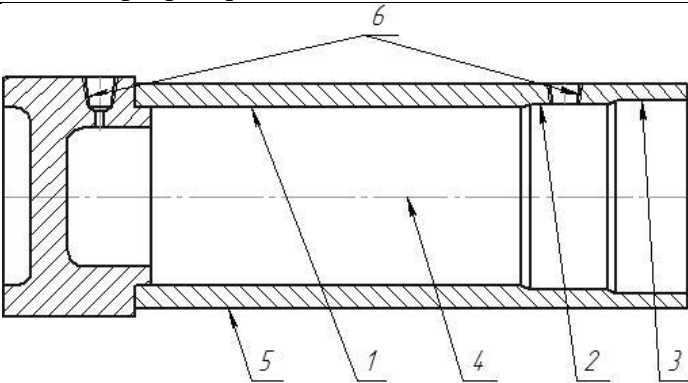
Таблиця 6.3 - Технологічний процес дефектації деталей машин

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
-----	-------------------------------------	-------------------------------------

Инов. № подп.	Подп. и дата	Инов. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					120

1	Покласти деталь гідроциліндру на стіл для дефектації	Таль електрична, стропи, стіл
2	Зовнішнім оглядом виявити такі дефекти: видимі тріщини, як, скручування, спрацювання поверхонь.	Лупа, крейда, банка з гасом ганчірки
3	Підготувати деталь гідроциліндру для визначення захованих дефектів. Обшліфувати наждачним папером риски і подряпини	Наждачний папір, ганчір'я
5	Перевірити місця кріплення на спрацювання	Мікрометр, штангенциркуль
6	Перевірити розміри отворів кріплення	Мікрометр, штангенциркуль
7	На принципах контролю маркірувати деталь відповідно до групи спрацювання	банка з фарбою
8	Заповнити відомість дефектів	
9	Доставити придатну деталь до відділення комплектації, деталі які підлягають ремонту, на ділянку ремонту, браковані деталі на склад металобрухту	Таль електрична, стропи, ящиків тара

Таблиця 6.4 - Дефектна карта циліндру

КНУ, кафедра гірничих машин і обладнання			Дефектна карта			
			Гідроциліндр напірний			
			3145.00.000			
			Циліндр			
			3145.00.010			
			1			
			Відновлення хромуванням			
			Hrc 45.50			
№ поз	Найменування дефекту	Спосіб встановлення дефекту і вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номінальні	Без ремонту	З ремонтом	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Спрацювання по діаметру 240 Н8 мм	Вимір, пробка 240 _(-1,75)	240	238,3	240,1	Відновлення хромуванням
2.	Спрацювання по діаметру 250 Н9 мм	Вимір, пробка 250 _(-1,75)	250	248,5	250,2	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
3	Спрацювання по діаметру 263 Н9 мм	Вимір, пробка 263 _(-1,75)	263	261,35	263,2	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
4.	Згин циліндру	Вимір штангельциркуль шаблон				Маркувати як брак
5	Тріщини поверхні на	Візуальний огляд,				Маркувати як брак
6	Спрацювання різьблення	Візуальний огляд, шаблон				Відновлення наплавленням під

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

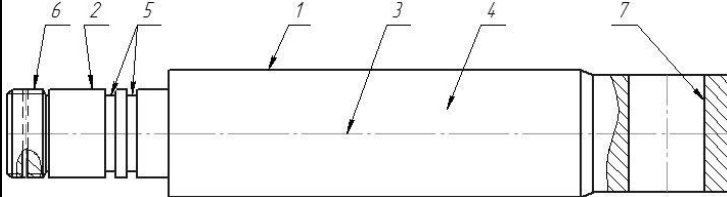
Лист

121

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № дубл.			
Подп. и дата			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
			Дат

					шаром флюсу
--	--	--	--	--	-------------

Таблиця 6.5 - Дефектна карта штоку

КТУ, кафедра гірничих машин і обладнання			Дефектна карта			
			Гідроциліндр напірний			
			3145.00.000			
			Шток			
			3145.00.020			
			1			
			Відновлення хромуванням			
			Hrc 45.50			
№ поз	Найменування дефекту	Спосіб встановлення дефекту і вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номінальний	Без ремонту	З ремонтом	
1.	Спрацювання по діаметру 170 f8 мм	Вимір, скоба 170 _(-1,75)	170	168,35	170,1	Відновлення хромуванням
2.	Спрацювання по діаметру 130 h9 мм	Вимір, скоба 130 _(-1,75)	130	128,4	130,1	Відновлення наплавленням під шаром флюсу
3.	Згин осі	Вимір штангельциркуль шаблон				Маркувати як брак
4.	Тріщини на поверхні	Візуальний огляд,				Відновлення наплавленням під шаром флюсу
5	Спрацювання канавок ущільнення	Вимір штангельциркуль шаблон				Відновлення наплавленням під шаром флюсу
6	Спрацювання різьблення	Візуальний огляд, шаблон				Відновлення наплавленням під шаром флюсу
7	Спрацювання по діаметру 70D11	Вимір, пробка 130 _(-1,75)	70	69,1	70,2	Відновлення наплавленням під шаром флюсу

Ине. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ине. № дубл.				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

6.6. Комплектування і збирання напірних гідроциліндрів верстату СБШ-250МНА

Складання гідравлічного циліндра є важливим етапом ремонту, який визначає надійність і працездатність обладнання. Цей процес передбачає послідовне з'єднання окремих деталей у підвузли, а потім — у готовий вузол. Якість складання безпосередньо впливає на технічні характеристики відремонтованого циліндра, його герметичність, міцність та довговічність.

Етапи комплектації та складання

1. Комплектація:

- Перш ніж почати складання, необхідно перевірити комплектність деталей. Усі елементи (шток, корпус циліндра, ущільнювальні кільця, поршень, гайки, шайби тощо) повинні бути відремонтовані або замінені на нові.
- Особливу увагу приділяють стану ущільнювальних елементів, оскільки саме вони забезпечують герметичність системи.
- Всі деталі перед складанням ретельно очищаються, перевіряються на відповідність технічним вимогам і змащуються спеціальними мастильними матеріалами.

2. Попереднє складання:

- На цьому етапі проводиться збирання підвузлів, таких як поршень із штоком, корпус циліндра з направляючими елементами.
- Підвузли перевіряються на відсутність перекосів, правильність спряження поверхонь і легкість переміщення.

3. Остаточне складання:

- Підвuzzi з'єднуються в єдиний вузол. Шток з поршнем встановлюється всередину корпусу циліндра.
- Ущільнювальні кільця розташовуються в спеціально передбачених канавках. Важливо забезпечити рівномірний натяг і відсутність деформацій.
- Кінцеві кріпильні елементи (гайки, шайби) затягуються з використанням спеціального обладнання для контролю моменту затягування.

4. Контроль якості:

Підп. і дата		відповідність технічним вимогам і змащуються спеціальними мастильними матеріалами.
Взам. інв. №		2. Попереднє складання: - На цьому етапі проводиться збирання підвузлів, таких як поршень із штоком, корпус циліндра з направляючими елементами. - Підвузли перевіряються на відсутність перекосів, правильність спряження поверхонь і легкість переміщення.
Інв. № дубл.		3. Остаточне складання: - Підвузли з'єднуються в єдиний вузол. Шток з поршнем встановлюється всередину корпусу циліндра. - Ущільнювальні кільця розташовуються в спеціально передбачених канавках. Важливо забезпечити рівномірний натяг і відсутність деформацій. - Кінцеві кріпильні елементи (гайки, шайби) затягуються з використанням спеціального обладнання для контролю моменту затягування.
Підп. і дата		4. Контроль якості:
Інв. № подп		

						Лист
Ли	Ізм.	№ докум.	Підп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	123

- Після складання проводиться перевірка герметичності циліндра. Для цього використовують гідравлічні стани або насоси, які створюють тиск у системі.
- Перевіряється легкість переміщення штока та відсутність протікання робочої рідини.

Обладнання та інструменти для складання гідроциліндра

Для якісного складання гідравлічного циліндра необхідне спеціальне обладнання та інструменти:

- Гідравлічні преси: використовуються для запресовування деталей, таких як ущільнювальні кільця, направляючі елементи або шток.
- Динамометричні ключі: забезпечують точний контроль моменту затягування болтів та штуцерів.
- Нагрівальні пристрої: для нагрівання деталей перед запресовуванням (електричні печі, масляні ванни).
- Охолоджувальні установки: для охолодження деталей (використовуються сухий лід або рідкий азот).
- Штангенциркулі, мікрометри, індикатори годинникового типу: для перевірки розмірів та геометрії деталей.
- Молотки з м'яким облицюванням: для збирання невеликих елементів без ризику пошкодження.
- Технологічні стенди: для фіксації циліндра під час складання.

Особливості складання гідравлічного циліндра

1. Різбові з'єднання:

- При складанні різбових з'єднань важливо дотримуватися черговості затягування болтів. Зусилля затягування вказується у технічній документації.
- Неправильне затягування може призвести до перекосів або обриву різби.

2. З'єднання з натягом:

- Для установки поршня на шток застосовують методи нагрівання або охолодження. Наприклад, поршень нагрівають у маслі до температури 80–100 °С, після чого він легко надівається на шток.
- Корпус циліндра може бути попередньо нагрітий для полегшення монтажу внутрішніх елементів.

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					

3. Встановлення ущільнювальних елементів:

- Ущільнювальні кільця перед установкою перевіряються на відсутність тріщин, задирок або деформацій.
- Для запобігання пошкодження кілець під час запресовування використовують спеціальні кондуктори або направляючі.

4. Перевірка функціональності:

- Після складання циліндр тестується під тиском для перевірки герметичності.
- Шток перевіряється на легкість ходу та відсутність заїдань.

Таким чином, якісне складання гідравлічного циліндра вимагає точного дотримання технологічного процесу, використання спеціального обладнання та інструментів, а також ретельного контролю кожного етапу. Це забезпечує надійність та довговічність обладнання, мінімізує ризик виникнення проблем під час експлуатації.

Таблиця 6.6 - Технологічний процес комплектування гідроциліндру [23]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
Підготовка		
1	Оглянути деталі, які поступили до комплектації	Зовнішні огляд
Технічні умови		
	До комплектації відділення необхідно щоб приходили тільки ті деталі, які мають зелений і синій колір маркірування, деталі, які пройшли ремонт та нові деталі	
2	Внести деталі, які поступили в журнал обліку руху деталей і складових частин	Журнал
3	Розкласти деталі на палетах та підставках на ремонтному майданчику	
Технічні умови		
	Деталі укладати згідно з номерами	
Комплектування		
4	Відібрати деталі за номенклатурою і кількістю відповідно з комплектаційною відомістю для кожної складальної одиниці, покласти їх в комплектаційні корзини	Корзини комплектаційні
Технічні умови		
	Відібрані деталі повинні мати в з'єднанні зазор або натяг згідно таблиць з'єднань	
5	Відправити підібрані комплекти до ділянки складання	Візок комплектації
6	Відзначити в журналі обліку руху деталей і складених частин про відправлені комплекти	

Таблиця 6.7 - Технологічна карта збирання напірних гідроциліндрів бурового верстату

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				
					125				

Номер операції	Технологічна карта збирання	Найменування вузла: напорний гідроциліндр			
		Цех	Ділянка	Місце складання	Кількість вузлів
					2
	Зміст операції	Деталі, які беруть участь у складанні		Засоби виробництва	
		Номер деталі	Кількість деталей	Найменування	Кількість
1	2	3	4	5	6

Найменування вузла: шток

1		2	1		
	Приварити	3	1	Зварювальне обладнання	1
	Приварити	1	1	Зварювальне обладнання	1

Найменування вузла: поршень

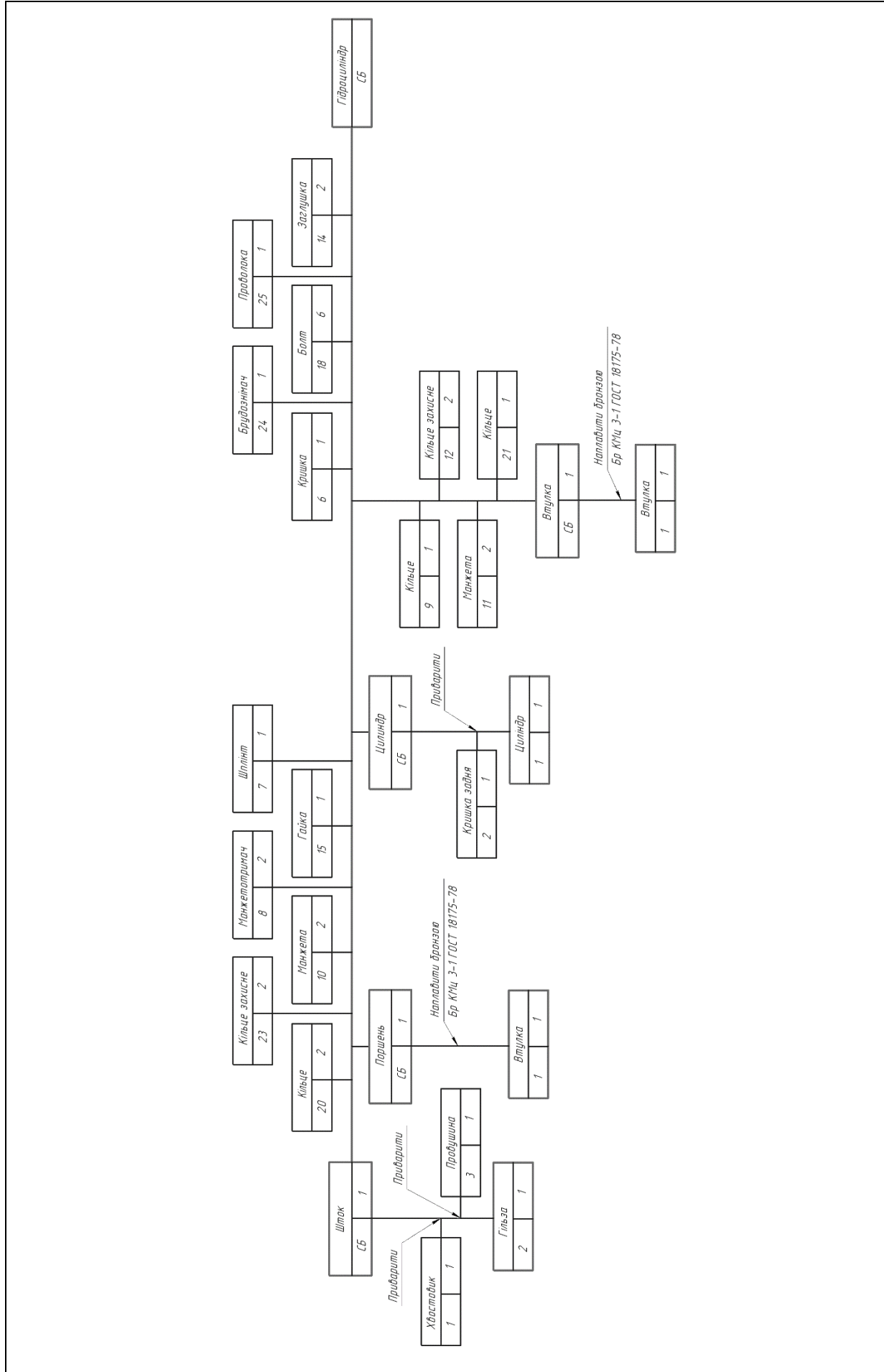
1	Наплавити	1	1	Наплавочне обладнання	1
---	-----------	---	---	-----------------------	---

Найменування вузла: циліндр

1		1	1		
	Приварити	2	1	Зварювальне обладнання	1
1	Наплавити	1	1	Наплавочне обладнання	1
3	Вставити	20	2		
4	Вставити	2	1		
5	Вставити	23	2		
6	Вставити	10	2		
7	Вставити	8	2		
8	Закрутити	15	1	Ключи гайкові	2
9	Розігнути	7	1		
10	Вставити	26	1		
11	Вставити	21	1		
12	Вставити	11	2		
13	Вставити	12	2		
14	Вставити	9	1		
15	Вставити	1	1		
16	Вставити	6	1		
17	Вставити	24	1		
18	Закрутити	18	6	Ключи гайкові	2
19	Вставити	25	1		
20	Закрутити	14	2	Ключи гайкові	2

Ине. № дубл.	Ине. № инв. №	Подп. и дата
Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № подп.
Ли	Изм.	№ докум.
Подп.	Дат	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат



7 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ НАПІРНОГО ГІДРОЦИЛІНДРУ ВЕРСТАТУ СБШ-250 МНА

7.1. Аналіз методів відновлення поверхонь гідроциліндра

У гідроциліндрах основними контактними елементами, які зазнають зносу, є:

- Зовнішня поверхня поршня (контакт з ущільненнями);
- Внутрішня поверхня гільзи (циліндра), що безпосередньо контактує з робочим тілом і ущільненнями.

Основні причини пошкоджень:

- Абразивний знос через забруднення;
- Корозія від вологи або некондиційної робочої рідини;
- Мікропошкодження через гідроудари або дефекти матеріалу.

Аналіз відомих методів відновлення поверхонь, що може бути застосований наведено у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Аналіз методів відновлення

Метод	Характеристика	Переваги	Обмеження
Хонінгування	Фінішне шліфування поверхні гільзи абразивними каменями	Висока точність, відновлення геометрії	Не усуває глибокі пошкодження, лише легкий знос
Гальванічне хромування	Нанесення шару твердого хрому на внутрішню поверхню	Зносостійкість, антикорозійний захист	Складне обладнання, обмеження по довжині
Наплавлення (плазмове, електродугове)	Локальне нарощування металу із подальшою механічною обробкою	Відновлення великих зносів, тріщин	Високий ризик деформацій, потрібно точне центрування
Напилення (термічне, холодне)	Покриття зносостійкими матеріалами (NiCr, WC тощо)	Мінімальна термодформація, швидкість	Потрібна висока адгезія, іноді потрібне додаткове шліфування
Полімерні композити (наприклад, металопластик, епоксидні смоли з наповнювачем)	Ремонт локальних пошкоджень методом заливки	Простота, дешевизна	Не застосовується при значному зносі або в умовах високого тиску
Втулкування	Встановлення нової гільзи всередину старої	Повна заміна робочої поверхні	Ускладнене виготовлення та центрування втулки

Ине. № подп.					Подп. и дата	Ине. № инв.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	Ине. № инв.	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ						Лист
											128

Можна попередньо рекомендувати для конкретного випадку ($\varnothing 240$ мм, $L=2100$ мм) термічне напилення HVOF з наступним хонінгуванням.

Обґрунтування: Велика довжина ускладнює точне хромування або наплавлення через ризик деформації.

Відносно невеликий діаметр дозволяє використати термічне напилення, наприклад, HVOF (вискошвидкісне напилення) з карбідів або електродугове напилення сталі/нікелевих сплавів.

Подальше хонінгування забезпечить точну геометрію й шорсткість, необхідну для ущільнень.

Метод забезпечує відновлення із високою зносостійкістю та корозійною стійкістю, без перегріву або викривлення стінок гільзи.

Як альтернативу можна розглянути втулкування з використанням гідрофобної бронзи або нікелевої втулки можливо лише в разі критичних пошкоджень, коли не можна врятувати основний матеріал.

Однак, враховуючи глибокий і вузький отвір, такий як у гідроциліндрі $\varnothing 240$ мм та $L=2,1$ м, застосування HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) напилення всередині значно обмежене конструктивно.

Стандартні HVOF-головки не призначені для внутрішнього напилення — вони розпилюють покриття в напрямку, перпендикулярному осі головки, і мають обмежений доступ до отворів глибиною понад 300–500 мм. Тепло, гази та швидкість потоку у HVOF важко керовані в умовах вузького каналу, що унеможливорює напилення на великій довжині з дотриманням якості шару.

Розглянемо альтернативи HVOF для внутрішнього напилення довгих циліндрів (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 - Альтернативи HVOF для внутрішнього напилення довгих циліндрів

Метод	Можливість для $\varnothing 240$ мм, $L=2,1$ м	Особливості
High Velocity Air Fuel (HVAF)	Дуже складно, ті ж обмеження, що й у HVOF	Рідко застосовується для внутрішніх поверхонь
Cold Spray (холодне газодинамічне напилення)	Можливо за спецконструкції форсунки	Температура нижча, деформацій менше, але обладнання унікальне

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Ив. № дубл.

Взам. инв. №

Ив. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Изм. №

Покриття	Твердість (HRC)	Товщина шару	Адгезія	Темп. стійкість	Застосування
NiCrBSi (нікель-хром-бор-силіцій)	50–60 HRC (після плавлення)	0.2–1.0 мм	Дуже добра	до 1000 °С	Валопроводи, гідроциліндри
FeCrAl (залізо-хром-алюміній)	~35–45 HRC	0.2–0.5 мм	Середня	до 800 °С	Менш зносостійке, краще для корозії

NiCrBSi після плавлення створює щільний, металургійно зв'язаний шар, який чудово переносить:

- тиск до 35–40 МПа;
- високі зусилля стирання;
- температури до 1000 °С (але нам потрібно лише 90).

FeCrAl — хороше антикорозійне покриття, але менш зносостійке, гірше тримає навантаження та має нижчу адгезію, особливо при товщині шару <0,4 мм.

Висновок.

Обираємо покриття NiCrBSi з подальшим переплавленням (ремелтингом), що:

- формує щільний металургійно зв'язаний шар;
- дає високу твердість та адгезію;
- забезпечує довговічність при циклічному навантаженні;
- витримає і 20 МПа, і зусилля 0,9 МН.

Умова: після напилення шар обов'язково плавиться ацетиленовим пальником або індукційним нагрівом, щоб отримати щільну структуру без пор.

Технологія відновлення

- Механічна підготовка: шліфування, знежирення.
- Напилення NiCrBSi (електродугове або плазмове).
- Ремелтинг (плавлення шару).
- Фінішна механічна обробка — хонінгування.
- Перевірка на герметичність та якість зчеплення.

7.2. Запропонований спосіб відновлення гідроциліндрів верстату

Покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній) широко застосовується для відновлення зношених поверхонь, зокрема в гідроциліндрах, завдяки високій

Поп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Поп. и дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				Лист
									131

зносостійкості, корозійній стійкості та здатності витримувати значні навантаження [22-25].

Призначення та області застосування NiCrBSi-покриття [22]

- Відновлення поверхонь поршнів і циліндрів гідравлічних системі;
- Захисту від зносу та корозії в умовах високих температур;
- Покриття деталей машин, що працюють в агресивних середовищах.

Характеристики покриття:

- Твердість: до 60 HRC;
- Пористість: менше 1% при HVOF-нанесені;
- Адгезія: понад 80 МПа;
- Температурна стійкість: до 1000° С;
- Товщина шару: від 0,2 до 1 мм.

Технологія нанесення [22]

1. Підготовка поверхні: очищення та шорсткування для покращення адгезії;
2. Нанесення порошку: з використанням HVOF-методу;
3. Плавлення шару: при температурі близько 1050 °С для утворення щільного металургійного зв'язу;
4. Остаточна обробка:шліфування та полірування до необхідної геометрії.

Щоб нанести покриття NiCrBSi на внутрішню поверхню гідроциліндра діаметром Ø240 мм і довжиною 2,1 м*, необхідно спеціалізоване обладнання для внутрішнього термічного напилення (Internal Thermal Spraying). Оскільки покриття наноситься всередину вузького й довгого циліндра, типова HVOF-система потребує модифікації або використання спеціального внутрішнього пальника [22-25].

Основне обладнання для нанесення NiCrBSi всередині Ø240×2100 мм [22-25]

1. Пальник для внутрішнього напилення (Internal HVOF / Flame Spray Gun)
Модель:GTV Internal HVOF Gun або Metallisation MK74i-FS (рис 7.1);
- Діапазон внутрішніх діаметрів: від ≥ 100 мм до 600 мм

Инев. № подп	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
					Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	
					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					лист
										132

- Робоча довжина напilenня: до 2,5 м (з подовжувачем)
- Кут розпилення: боковий (90° до осі) – для рівномірного нанесення на внутрішню стінку
- Охолодження: водяне або повітряне
- Газове живлення: кисень + водень / пропан
- Матеріали: NiCrBSi, FeCrAl, WC-Co, ін.

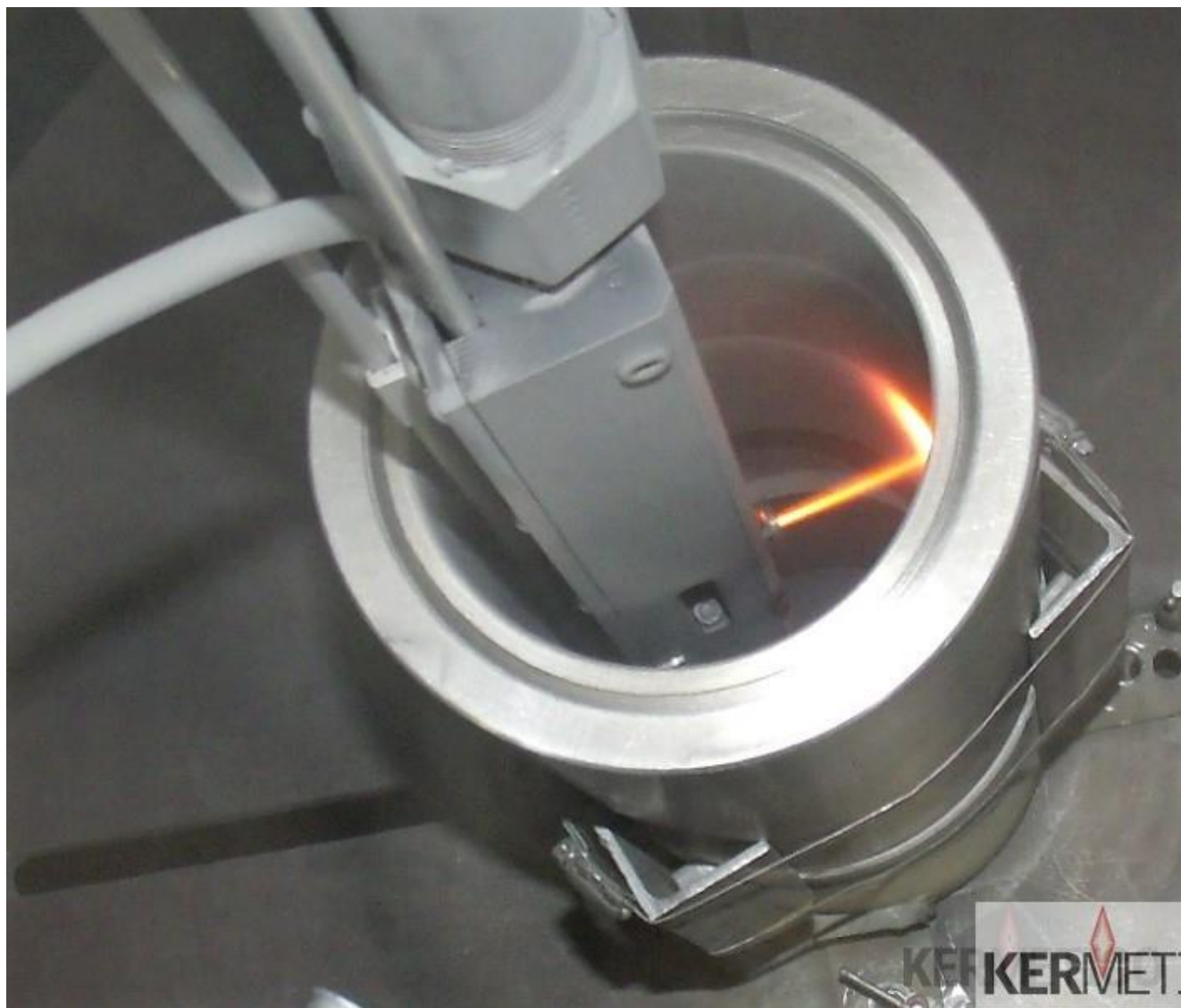


Рис 7.1 - Пальник для внутрішнього напilenня (Internal HVOF / Flame Spray Gun) [22]

2. Механічна система подачі та обертання пальника, необхідна для:

- Центрування пальника у довгій трубі (2,1 м)
- Точне переміщення по осі циліндра

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	
Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	
						Лист
						133

- Обертання або зворотно-поступальний рух

3. Порошковий подавач (рис 7.2)

Модель: GTV PF 2/2 або Oerlikon Twin 10-C

- Продуктивність: 1–50 г/хв

- Контроль подачі: ваговий/об'ємний

- Подача в пальник через інжектор



Рис 7.2 – порошковий подавач [22]

Инва. № подл.	Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

4. Газова система

- Балони або система подачі кисню, водню або пропану
- Редуктори та фільтри
- Система контролю витрати газів (масовий витратомір)

5. Охолодження

- Водяна помпа + теплообмінник
- Мін. витрата: ~4–6 л/хв

Таблиця 7.4 - Геометричні вимоги [22]

Параметр	Значення
Мін. внутрішній діаметр	≥ 100 мм
Макс. довжина циліндра	≤ 2500 мм
Робочий зазор між пальником і стінкою	~50–80 мм
Мін. товщина шару покриття	~0,2 мм

Таким чином, для відновлення внутрішньої поверхні гідроциліндра Ø240 мм і L=2,1 м методом нанесення NiCrBSi оптимальним є використання спеціалізованого внутрішнього пальника HVOF/Flame Spray, розміщеного на рухомому маніпуляторі, із порошковою та газовою подачею, охолодженням і системою контролю руху.

7.3. Розрахунок припусків на технологічні операції відновлення

Розрахунок межопераційних розмірів проводимо для зовнішньої поверхні штока гідроциліндра діаметром $170 \text{ f8} \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,106 \end{pmatrix}$, та внутрішньої поверхні циліндру діаметром $240 \text{ H8} \begin{pmatrix} +0,072 \\ 0 \end{pmatrix}$ як найбільш зношуваних поверхонь.

Поп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Поп. и дата		Инв. № подл.		Лист
										135
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					

4. Визначаємо допуски на чорнову механічну обробку відновлених отворів і їх розміри після відновлення

- для валу

$$2z^{111} = 2 (R_{zB.} + T_{B.}) = 2 (0,080 + 0,3) = 0,38 \text{ мм}$$

$$d_{B.} = d_{ч.о} + 2z^{111} = 170,66 + 0,38 = 171,04 \text{ мм}$$

- для отвору

$$2z^{111} = 2 (R_{zB.} + T_{B.}) = 2 (0,080 + 0,3) = 0,38 \text{ мм}$$

$$d_{B.} = d_{ч.о} - 2z^{111} = 239,34 - 0,38 = 238,96 \text{ мм}$$

де $R_{zB.}$ - шорсткість поверхні деталі; $T_{B.}$ - дефектний шар деталі; $d_{B.}$ - діаметр деталі після чорнової обробки.

5. Визначаємо товщину нарощуваного шару для деталей

- для валу

$$h = (d_{B.} - d_{п.п.о})/2 = (171,04 - 167,967)/2 = 1,53 \text{ мм}$$

- для отвору

$$h = (d_{B.} - d_{п.п.о})/2 = (241,82 - 238,96)/2 = 1,43 \text{ мм}$$

7.4. Розрахунок процесу відновлення високошвидкісним напиленням HVOF

Початкові дані:

- для штока

- діаметр деталі (d) — 170мм;

- довжина частини (L), що наплавляється, - 2595мм

- знятий шар металу при підготовці до напилення $h_1 = 1,53$ мм;

- для циліндру

- діаметр деталі (D) — 240мм;

- довжина частини (L), що наплавляється, - 2497мм

- знятий шар металу при підготовці до напилення $h_1 = 1,43$ мм;

1. Напилення виконується за допомогою системи високошвидкісного напилення третього покоління з профільними соплами Лаваля ТСЗП-HVOFGTV

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
											137

К2 з витратою порошку до $q = 15 \text{ кг/год} = 250 \text{ г/с}$. Щільність порошку NiCrBSi складає $\gamma = 14 \text{ г/см}^3$.

2. Товщина слою, що напилюється

– для штока

$$h = z + h_1 = 1,688 + 1,53 = 3,218 \text{ mm},$$

– для циліндру

$$h = z + h_1 = 1,688 + 1,43 = 3,118 \text{ mm},$$

де Z – величина припуску на механічну обробку після напилення;

$$z = z_1 + z_2 + \delta = 1 + 0,25 + 0,438 = 1,688 \text{ mm},$$

де $z_1 = 1$ мм – припуск на точіння; $z_2 = 0,25$ – припуск на шліфування; $\delta = 0,35(z_1 + z_2) = 0,35(1 + 0,25) = 0,438$ мм – допуск на величину припуску.

3. Швидкість обертання деталі приймаємо $v=10 \text{ м/хв} = 1000 \text{ см/хв}$.

4. Кількість обертів шпинделя верстата

– для штока

$$n = \frac{1000 \cdot \nu}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 10}{314 \cdot 17} = 187,3 \text{ об/хв.}$$

– для циліндру

$$n = \frac{1000 \cdot \nu}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10}{3,14 \cdot 24} = 132,7 \text{ об/хв.}$$

5. Величина продольної подочі напилувача. Залежить від діаметру напилуваної поверхні. Обираємо $s = 1 \text{ мм/об} = 0,1 \text{ см/об}$.

6. Товщина металу, що наноситься за 1 прохід

$$h' = \frac{q \cdot k}{v \cdot s \cdot \gamma} = \frac{250 \cdot 0,75}{1000 \cdot 0,1 \cdot 14} = 0,134 \text{ CM} = 1,34 \text{ MM}$$

7. Необхідна кількість проходів напилувача для отримання потрібного шару напилення

– для штока

$$n' = \frac{h}{h'} = \frac{3,218}{1,34} = 2,414 \approx 3$$

Підп. і дата					- для циліндру $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10}{3.14 \cdot 24} = 132,7 \text{ об/хв.}$
Взам. інв. №					5. Величина продольної подочі напилувача. Залежить від діаметру напилуваної поверхні. Обираємо $s = 1 \text{ мм/об} = 0,1 \text{ см/об}$.
Інв. № дубл.					6. Товщина металу, що наноситься за 1 прохід $h' = \frac{q \cdot k}{v \cdot s \cdot \gamma} = \frac{250 \cdot 0,75}{1000 \cdot 0,1 \cdot 14} = 0,134 \text{ см} = 1,34 \text{ мм}$
Підп. і дата					7. Необхідна кількість проходів напилувача для отримання потрібного шару напilenня - для штока $n' = \frac{h}{h'} = \frac{3,218}{1,34} = 2,414 \approx 3$
Інв. № подл					

					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист 138
Лп	Изм.	№ докум.	Підп.	Дат		

– для циліндру

$$n' = \frac{h}{h'} = \frac{3,188}{1,34} = 2,25 \approx 3$$

8. Витрати порошку

– для штока

$$G = \pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot \gamma = 3,14 \cdot 17 \cdot 259,5 \cdot 0,3232 \cdot 14 = 62678 \text{ г} = 62,68 \text{ кг}$$

– для циліндру

$$G = \pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot \gamma = 3,14 \cdot 24 \cdot 249,7 \cdot 0,3232 \cdot 14 = 84906 \text{ г} = 84,9 \text{ кг}$$

9. Основний час наплення

– для штока

$$T_o = n' \cdot 0,006 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot \gamma}{q \cdot k} = 3 \cdot 0,006 \cdot \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 259,5 \cdot 0,3232 \cdot 14}{250 \cdot 0,75} = 8,15_{\text{XB}}$$

– для циліндру

$$T_o = n' \cdot 0,006 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot \gamma}{q \cdot k} = 3 \cdot 0,006 \cdot \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 249,7 \cdot 0,3232 \cdot 14}{250 \cdot 0,75} = 8,12_{\text{XB}}$$

10. Додаткові витрати часу

– для штока

$$- \quad T_{\text{доп}} = 0,2T_0 = 0,2 \cdot 8,15 = 1,63 \text{ XB}$$

– для циліндру

$$T_{\text{доп}} = 0,2T_0 = 0,2 \cdot 8,12 = 1,624 \text{ XB}$$

11. Норма часу на напилення

– для штока

$$T_{\text{нн}} = T_{\text{доп}} + T_0 = 8,15 + 1,63 = 9,78 \text{ хВ}$$

– для циліндру

$$T_{\text{нн}} = T_{\text{доп}} + T_0 = 8,12 + 1,624 = 9,744 \text{ хВ}$$

12. Штучно-калькуюльційний час

– для штока

$$T_{\text{IIIK}} = 15 + T_{\text{HH}} = 15 + 9,78 = 24,78 \text{ XB.}$$

– для циліндру

$$T_{\text{IIIK}} = 15 + T_{\text{HH}} = 15 + 9,744 = 24,744 \text{ XB.}$$

Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. і дата	Инв. № подл	10. Додаткові витрати часу
					- для штока $T_{\text{доп}} = 0,2T_o = 0,2 \cdot 8,15 = 1,63 \text{ хв}$ - для циліндру $T_{\text{доп}} = 0,2T_o = 0,2 \cdot 8,12 = 1,624 \text{ хв}$
Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. і дата	Инв. № подл	11. Норма часу на напилення
					- для штока $T_{\text{нн}} = T_{\text{доп}} + T_o = 8,15 + 1,63 = 9,78 \text{ хв}$ - для циліндру $T_{\text{нн}} = T_{\text{доп}} + T_o = 8,12 + 1,624 = 9,744 \text{ хв}$
Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. і дата	Инв. № подл	12. Штучно-калькуляційний час
					- для штока $T_{\text{шк}} = 15 + T_{\text{нн}} = 15 + 9,78 = 24,78 \text{ хв.}$ - для циліндру $T_{\text{шк}} = 15 + T_{\text{нн}} = 15 + 9,744 = 24,744 \text{ хв.}$
					<i>КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ</i>
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Лист
139

Провівши розрахунки щодо удосконалення способу відновлення посадкових місць штока та циліндру гідроциліндру високошвидкісним напиленням HVOF., можна зробити наступний висновок, що при застосуванні такого способу відновлення значно підвищується твердість відновленої поверхні тертя, знижується час ремонтних робіт і підвищується їх якість у порівнянні із базовими способом.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					Лист
										140

Висновки до частини III

1. Розроблено технологічні схеми ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА.
2. Розроблені заходи діагностики стану напірного гідроциліндру без його розбирання та наведено ознаки граничного або аварійного зношення.
3. Розроблено етапи підготовчих заходів верстату СБШ-250МНА до ремонтних робіт
4. Розроблено загальну схему ремонту напірного гідроциліндру.
5. Розроблено технологію розбирання напірного гідроциліндру. Визначено перелік інструменту, що потребує розбирання.
6. Розроблено технологію миття напірного гідроциліндру та його окремих деталей.
7. Розроблено технологію дефектації вузлів напірного гідроциліндру та створено їх дефектні карти.
8. Розроблено технологію збирання напірного гідроциліндру.
9. Проведено аналіз зношування напірного гідроциліндру. Встановлено, що основними видами зношування деталей напірного гідроциліндру є абразивне зношування.
10. Проведено аналіз методів відновлення та, враховуючи особливості конструкції, запропоновано відновлення внутрішньої поверхні циліндру та зовнішньої поверхні штоку за допомогою покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній), що наноситься високошвидкісним напиленням.
11. Розроблено технологію нанесення захисного покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній).
12. Строк виконання відновлення штоку 24,78 хв, циліндра - 24,77 хв.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист 141
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз конструкції напірного гідроциліндру верстату шарошкового буріння СБШ-250МНА. Визначено призначення та область застосування, наведено технічну характеристику. Визначено місце напірного гідроциліндру у напірному механізмі та у гідравлічній мережі.
2. Проведено розрахунок на міцність циліндру від тиску робочої рідини. Встановлено, що максимальне напруження становить 178 МПа, а середнє напруження характерне для більшості обсягу матеріалу циліндра становить до 100МПа.
3. Встановлено, що підвищене напруження концентрується по поверхні циліндра і по канавці стопорного кільця, а максимальне напруження концентрується у зоні зварного шва, що поєднує трубу та нижню кришку циліндра, тому рекомендується змінити конструкцію кришки так, щоб тут було скруглення або циліндрична грань.
4. Встановлено, що деформація внутрішнього простору циліндричної частини циліндра становить 0,0646 мм, що може вплинути на якість посадки поршня.
5. Встановлено, що мінімальний запас міцності становить 3,5 по кромці, де концентруються максимальні напруження. Запас міцності по стінкам циліндру, днищу та по канавці стопорного кільця становить 8. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна.
6. Проведено розрахунок на втому циліндра. Встановлено, що циліндр практично повністю витримує 1 000 000 циклів навантаження і тільки на кромці зварного шва, де концентрується максимальне напруження, граничне значення циклів навантаження становить 500 000 циклів.
7. Встановлено, що практично весь циліндр витримає 120% строку служби (або 1 200 000 циклів навантаження) і тільки перевантажена кромка зварного шва витримає 100%.
8. Встановлено, що у найбільш навантаженому місці, навантаження потрібно зменшити у 1,2 рази, у найменш навантаженому місці навантаження можна

Инв. № подл	Подп. и дата		Взам. инв. №	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Подп. и дата		Инв. № подл
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				Лист
								142	

циліндра становить 0,0646 мм, що може вплинути на якість посадки поршня.

5. Встановлено, що мінімальний запас міцності становить 3,5 по кромці, де концентруються максимальні напруження. Запас міцності по стінкам циліндру, днищу та по канавці стопорного кільця становить 8. Таким чином, конструкція циліндру достатньо міцна.

6. Проведено розрахунок на втому циліндра. Встановлено, що циліндр практично повністю витримує 1 000 000 циклів навантаження і тільки на кромці зварного шва, де концентрується максимальне напруження, граничне значення циклів навантаження становить 500 000 циклів.

7. Встановлено, що практично весь циліндр витримає 120% строку служби (або 1 200 000 циклів навантаження) і тільки перевантажена кромка зварного шва витримає 100%.

8. Встановлено, що у найбільш навантаженому місці, навантаження потрібно зменшити у 1,2 рази, у найменш навантаженому місці навантаження можна

збільшити у 10 разів. В середньому для основного обсягу матеріалу циліндра навантаження можна збільшити у 1,2-1,7 разів.

9. Встановлено, що строк служби циліндру у 3,66 рази більший за строк служби верстата.

10.Проведено розрахунок на стійкість від робочого навантаження для найбільш небезпечного випадку, коли гідроциліндр створює робоче навантаження у 905кН, а шток максимально висунуто.

11.Встановлено коефіцієнт критичного поздовжнього навантаження (BLF) для штоку, що становить 2,2. Це означає, що страта стійкості не прогнозується.

12.Проведено дослідження стійкості штока від радіального навантаження для найбільш небезпечного випадку, коли шток максимально висунуто і навантаження прикладено до провущини перпендикулярно осі штока.

13.Встановлено, що критичним радіальним навантаженням на провущину штоку є навантаження у 8000 Н при якому максимальне напруження у матеріалі штоку від радіального навантаження становить 76,5 МПа, а зона локалізації максимального напруження розташована біля втулки гідроциліндру, що тримає сам шток, запас міцності становить 2,8 а вигин штока становить 8,22 мм.

14.Основним недоліком базової конструкції напірного гідроциліндру є абразивне спрацювання поверхонь штока та ущільнень втулки. Також при тривалій роботі в умовах високого тиску у контакті з оливою гумові ущільнення поступово руйнуються.

15.Метою удосконалення конструкції напірного гідравлічного циліндру є зміна конструкції ущільнення на таке, яке б змогло б протистояти високому тиску, хімічному впливу оливи, гідроабразивному зношенню.

16.Запропоновано задля удосконалення ущільнень напірного гідроциліндру встановити спеціальних ущільнювальних вузлів із поршковими та еластичними кільцями, встановленими в ступінчастих канавках на поршні, що забезпечують надійне ущільнення при дії тиску.

17.Пропонована конструкція ущільнення має наступні переваги: підвищена надійність ущільнення за рахунок гідродинамічного ефекту тиску робочої

Инев. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.
---------------	--------------	--	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------

рідини на поршневе кільце; захист гумових кілець від пошкоджень;
адаптація до зносу завдяки саморегулюванню зазорів.

18.Проведено дослідження напружень та запасу міцності удосконаленої конструкції втулки, у якій зроблено додаткові канали та канавки для встановлення додаткових ущільнень.

19. Встановлено, що напруження у матеріалі втулки від тиску робочої рідини в основному концентрується біля каналів та у додаткових канавках для ущільнень. Запас міцності удосконаленої втулки становить 9,1, що є цілком прийнятним.

20.Проведено дослідження напружень та запасу міцності у пропонованому кільці ущільнення та у штоці, яким ковзає це кільце.

21. Встановлено, що максимальні напруження зосереджені по кромках кільця розрізного, особливо на гострих кутах. Поверхня штоку має незначні осередки напруження. Мінімальний запас міцності становить 4,5, що є цілком достатнім.

22.Отже, запропонована конструкція ущільнення є цілком роботоспроможною, а міцність деталей є достатньою.

23. Розроблено технологічні схеми ремонту напірного гідроциліндру верстату СБШ-250МНА.

24.Розроблені заходи діагностики стану напірного гідроциліндру без його розбирання та наведено ознаки граничного або аварійного зношення.

25.Розроблено етапи підготовчих заходів верстату СБШ-250МНА до ремонтних робіт

26. Розроблено загальну схему ремонту напірного гідроциліндру.

27. Розроблено технологію розбирання напірного гідроциліндру. Визначено перелік інструменту, що потребує розбирання.

28. Розроблено технологію миття напірного гідроциліндру та його окремих деталей.

29. Розроблено технологію дефектації вузлів напірного гідроциліндру та створено їх дефектні карти.

30. Розроблено технологію збирання напірного гідроциліндру.

31.Проведено аналіз зношування напірного гідроциліндру. Встановлено, що основними видами зношування деталей напірного гідроциліндру є абразивне зношування.

32.Проведено аналіз методів відновлення та, враховуючи особливості конструкції, запропоновано відновлення внутрішньої поверхні циліндру та зовнішньої поверхні штоку за допомогою покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній), що наноситься високошвидкісним напиленням.

33.Розроблено технологію нанесення захисного покриття NiCrBSi (нікель-хром-бор-кремній).

34.Строк виконання відновлення штоку 24,78 хв, циліндра - 24,77 хв.

Инев. № подп	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
						145
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

Лист
146

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.с. 222098. Осипчик Н. Ф., Логвинович И. П., Закржевский Е. В. Силовой гидроцилиндр. Заявлено 23.01.1967. Опубликовано 17.07.1968
2. А.с. 543763. Федотов Э. И., Гридин А. Д., Стариннее В. В., Подохина Т. С., Сологубов Н. В., Вавилов В. В., АкуЯин А. В. Силовой гидроцилиндр шахтной крепи. Заявлено 05.05.1974. Опубликовано 25.01.1977
3. А.с. 911044. Н.Т.Богатырев. Гидрозамок для силового гидроцилиндра шахтной стойки. Заявлено 22.04.1980. Опубликовано 07.03.1982
4. А.с. 1030504. Казаринова М.А., Синяковский Ю.И., Авксенов Е.И., Аристов С.М. Гидроцилиндр механизма шагания экскаватора. Заявлено 24.03.1982. Опубликовано 23.07.1983
5. А.с. 1041649. Г.Л.Лобов, В.С.Кострицкий, С.М.Аристов. Гидроцилиндр механизма шагания экскаватора. Заявлено 01.04.82. Опубликовано 15.09.83
6. А.с. 1423823. В.И. Бабийчук, Г.Л. Ступишин. Силовой цилиндр. Заявлено 30.09.85. Опубликовано 15.09.88
7. А.с. 1774889. А. И. Батров. Гидросистема синхронизации гидроцилиндров. Заявлено 20.08.90. Опубликовано 07.11.92
8. Бритаев В.А., Замышляев В.Ф. Горные машины и комплексы. Учебное пособие для техникумов.-М: Недра, 1984.- 288с.;
9. Зайков В.И., Берлявский Г.П. Эксплуатация горных машин и оборудования: Учебник для вузов.-4-е изд., стер. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.- 257 с.
- 10.Квагинидзе В.С., Козовой Г.И., Чакветадзе Ф.А., Антонов Ю.А., Корецкий В.Б. Буровые станки на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет: Учебное пособие. — М.: Издательство «Горная книга», 2012. — 291 с.: ил.;
- 11.Курбатова О.А., Павлюченко В.М. Монтаж и ремонт горных машин и электрооборудования: Учеб. пособие.-Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004.- 286 с.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ
					147

- 12.Лисовик Л.К., Огибинин Б.П. Горные машины для открытых горных работ.
– М.:Недра, 1979. – 264с.
- 13.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування.-Кривий Ріг.-Видавничий центр КНУ.-28с.
- 14.Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых горных работ: Учебник для вузов - 2-е изд., перераб. и доп.- м.:Недра, 1985.- 544 с.;
- 15.Подерни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для вузов.- 6-е изд., переаб. и доп. – М: Издательство Московского государственного горного уныверситета, 2007.- 680с.;
- 16.Сафохин М.С., Катанов Б.А. Машинист бурового станка на карьере. ,Учебник для средних профессионально-технических училищ. 4-е изд., перераб. и доп.-М: Недра, 1984.-308с.;
- 17.Станок буровой шарошечный среднего типа СБШС-250 Н. Техническое описание.-Краматорск: НКМЗ, 2003.-54с.;
- 18.Техническое обслуживание и ремонт горного оборудования: Учебник для нач. проф. Образования / Ю.Д. Глухарев, В.Ф. Замышляев, В.В. Карамзин и др.; Под ред. В.Ф. Замышляева.-М.: Издательский центр «Академия», 2003.- 400с.
- 19.Трегубов Н.М., Акастелов Л.Ф. Ремонт горных машин.-М.: «НЕДРА», 1978.-109 с.
- 20.Цеков В.И. Ремонт деталей металлургических машин.-2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987.-320 с.
- 21.Шиповский И.А. Эксплуатация и ремонт оборудования шахт: Учеб. пособие для вузов.-М.: Недра, 1987.-215 с.
- 22.COATING TORCHES. URL: <https://www.gtv-mbh.de/en/equipment-technology/coating-torches.html>

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	описание: Краматорск: НКМЗ, 2003. 576с.;
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	18.Техническое обслуживание и ремонт горного оборудования: Учебник для нач. проф. Образования / Ю.Д. Глухарев, В.Ф. Замышляев, В.В. Карамзин и др.; Под ред. В.Ф. Замышляева.-М.: Издательский центр «Академия», 2003.- 400с.
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	19.Трегубов Н.М., Акастелов Л.Ф. Ремонт горных машин.-М.: «НЕДРА», 1978.-109 с.
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	20.Цеков В.И. Ремонт деталей металлургических машин.-2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987.-320 с.
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	21.Шиповский И.А. Эксплуатация и ремонт оборудования шахт: Учеб. пособие для вузов.-М.: Недра, 1987.-215 с.
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	22.COATING TORCHES. URL: https://www.gtv-mbh.de/en/equipment-technology/coating-torches.html

					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
						148
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

23. GTV Internal HVOF Gun. URL: https://www.gtv-mbh.com/fileadmin/user_upload/Downloads_EN/Produktblaetter/Internal_HVOF_EN.pdf)

24. Metallisation Internal Flame Spray. URL: <https://www.metallisation.com/product/mk74i-internal-flame-spray/>

25. Sulzer Metco Internal Coating. URL: <https://www.oerlikon.com/metco/en/products-services/coating-equipment/thermal-spray-systems/>)

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист 149
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ