

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Удосконалення конструкції поршня гідроциліндра
плоскошліфувального верстата 3Л722В-80»

Виконав: студент групи Маш-42сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Дикий Юрій Юрійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о. доц. Шеремета Р.Б.

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
«_____» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Дикому Юрію Юрійовичу

1. Тема роботи: **«Удосконалення конструкції поршня гідروциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80»**

Керівник роботи к.т.н., в.о. доц. Шеремета Роман Богданович
затверджені наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк подання здобувачем роботи 21.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічні характеристики плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 та його гідравлічної системи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Аналіз гідроциліндрів та їх застосування.

2. Розробка конструкції поршня.

3. Технологічна частина.

4. Охорона праці та безпека виробництва.

5. Економічна частина.

Висновки.

Бібліографічний список

5. Перелік графічно-ілюстраційного матеріалу:
Аналіз типів та застосування гідроциліндрів.
Конструкція поршня гідроциліндра.
Технологія виготовлення поршня гідроциліндра.
Результати розрахунку економічної ефективності.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	Шеремета Р. Б., в.о. доц. каф. машинобудування		
4	Городецький І. М. доц. каф. фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

7. Дата видачі завдання 27.11.2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>27.01.24-17.02.24</i>	
2	<i>Написання другого розділу</i>	<i>20.02.24-17.03.24</i>	
3.	<i>Написання третього розділу</i>	<i>20.03.24-26.05.24</i>	
4.	<i>Написання четвертого розділу</i>	<i>29.05.24-02.06.24</i>	
5.	<i>Написання п'ятого розділу</i>	<i>05.06.24-16.06.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>19.06.24-21.06.24</i>	

Здобувач _____.(Юрій ДИКИЙ)
 (підпис)

Керівник роботи _____ (Роман ШЕРЕМЕТА)
 (підпис)

УДК: 658.51:631.3

Кваліфікаційна робота: с. 64 текст. част., 37 рис., 6 табл., 26 джерел.

Удосконалення конструкції поршня гідроциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80. Дикий Ю.Ю. Кафедра машинобудування. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Дана дипломна робота присвячена підбору ущільнення поршня гідроциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 відповідно до його умов роботи та розробки конструкції поршня гідроциліндра для його становлення. Також розробці технологічного процесу виготовлення поршня на верстаті з ЧПК і написання програми для його обробки з використанням системи автоматизованого проектування SolidWorks SolidCAM.

У даній роботі розглянуто питання охорони праці та безпеки виробництва при роботі електрообладнанням. Здійснені розрахунки економічної ефективності виготовлення розробленої конструкції поршня гідроциліндра.

Зміст

1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ НА ПРАКТИЦІ	8
1.1. Характеристика процесу шліфування	8
1.2. Загальна характеристика шліфувальних верстатів	11
1.3. Гідроциліндри	14
1.4. Гідростанція плоскошліфувального верстата 3Л722В-80.....	19
1.5. Гідроциліндр верстата 3Л722В-80.....	21
1.6. Постановка завдання	22
2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПОРШНЯ.....	23
2.1. Вибір ущільнення поршня	23
2.2. Конструкція поршня.....	26
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРШНЯ ГІДРОЦИЛІНДРА.....	29
3.1. Визначення типу виробництва	29
3.2. Вибір заготовки.....	31
3.3. Визначення технологічності виробу.....	32
3.4. Технологічний процес виготовлення поршня	34
3.5. Вибір обладнання	40
3.6. Вибір інструменту	42
3.7. Написання керуючої програми для токарного верстату з ЧПК.....	45
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА.....	50
4.1. Електробезпека	50
4.1.1 Електротравматизм та дія електричного струму на організм людини	50
4.1.2 Допустимі значення струмів і напруг	50

4.1.3 Технічні способи та засоби захисту при переході напруг на нормально неструмовідні частини електроустановок	51
4.2. Пожежна безпека	52
4.2.1 Способи та засоби гасіння пожеж	53
4.2.2 Вогнестійкість будівель та споруд	54
4.3. Безпека верстатних пристроїв	56
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	58

ВСТУП

Розвиток та підвищення продуктивності виробництва можливі завдяки значному зростанню рівня автоматизації у виробничих процесах. У останні роки великого поширення набули роботи щодо створення нових високоефективних автоматизованих виробництв та реконструкції існуючих на основі використання сучасного обладнання та засобів управління на всіх етапах виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення конструкції поршня гідроциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 шляхом використання сучасного ущільнення та розробка технології його виготовлення.

Для досягнення цієї мети потрібно вирішити кілька завдань, зокрема: аналіз конструкції деталі, розробка технологічного процесу виготовлення, вибір способу отримання заготовки, розрахунки параметрів різання та вибір необхідного обладнання та інструментів. Для успішного вирішення цих завдань важливо, щоб технологічне обладнання було точним і здатним до переналаштування в процесі експлуатації.

1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ НА ПРАКТИЦІ

1.1. Характеристика процесу шліфування

У машинобудуванні широко використовується обробка заготовок шліфуванням. Воно забезпечує виготовлення деталей з малими відхиленнями форми, розмірів, малою шорсткістю поверхні і високою продуктивністю.

Шліфуванням називають процеси обробки заготовки ріжучим інструментом, робоча частина якого містить частинки абразивного матеріалу. Оброблена поверхня являє собою сукупність мікрослідів абразивних зерен і має малу шорсткість [1]. Як правило, ріжучий інструмент виконують у вигляді шліфувального круга, головки, бруска.

Шліфувальний круг 1 (рис. 1.1) - пористе тіло, що складається з великого числа абразивних зерен 2, скріплених між собою зв'язкою 3. Між зв'язкою і зернами розташовані пори 4. Зерна шліфувального круга утворені з матеріалів високої твердості [3]. Їх число досягає десятків і сотень тисяч.

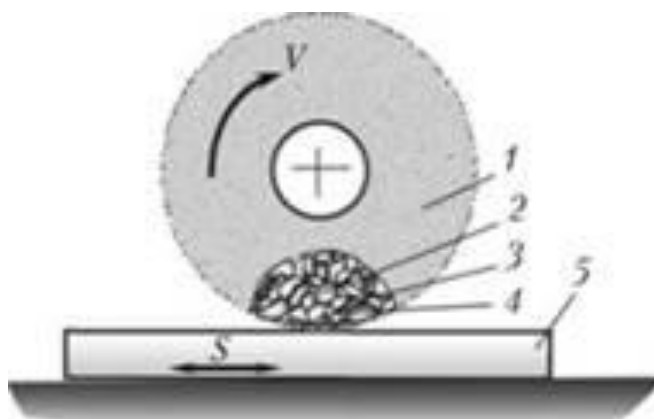


Рис. 1.1. Схема шліфування:

1 – шліфувальний круг; 2 – зерна; 3 – зв'язка; 4 – пори; 5 – заготовка

Робочий профіль шліфувального круга складається з ріжучих крайок абразивних зерен, що знаходяться на різній відстані від поверхні. Внаслідок цього при даній товщині зрізу (глибині шліфування) частина різальних крайок зерен, що виходять на робочу поверхню круга, здійснює зняття стружки.

Знімання стружки великим числом безладно розташованих зерен призводить до сильного подрібненню і виділення теплоти в зоні контакту. Для зменшення теплового впливу шліфування проводять при рясної подачі мастильно-охолоджуючих рідин.

Процес виконують на шліфувальних верстатах різного призначення. Розглянемо деякі його види та способи.

Для здійснення шліфування необхідно, щоб заготовля та шліфувальний круг мали певні відносні руху, без яких різання неможливо. Головним рухом різання є обертання інструмента (абразивного круга), рух подачі повідомляється заготовлі чи інструменту. Розрізняють шліфування периферією і торцем круга.

У першому випадку формотворною є зовнішня частина кола, що утворює якої паралельна осі його обертання, у другому - торець кола.

Залежно від розташування і форми оброблюваної поверхні заготовки 2 (рис. 1.4) шліфування підрозділяють на наступні види: зовнішнє, коли обробляється зовнішня поверхня заготовки; внутрішнє, коли обробляється внутрішня поверхня; плоске, коли обробляється плоска поверхня; профільне, коли обробляється поверхню, утворює якої являє собою криву або ламану лінію.

Кругле зовнішнє шліфування здійснюють поєднанням наступних рухів (рис. 1.2, а-в): обертання шліфувального круга 1 (головний рух різання V_k), шліфований заготовки 2 навколо своєї осі (кругова подача зі швидкістю V_z), прямолінійного зворотно-поступального переміщення заготовки або шліфувального кола уздовж своєї осі (подовжня подача $S_{пр}$); поперечного переміщення шліфувального круга на заготовлю або навпаки (поперечна подача S_p). При шліфуванні з поздовжньою подачею поперечна здійснюється періодично наприкінці кожного подвійного або ординарного ходу столу верстата.

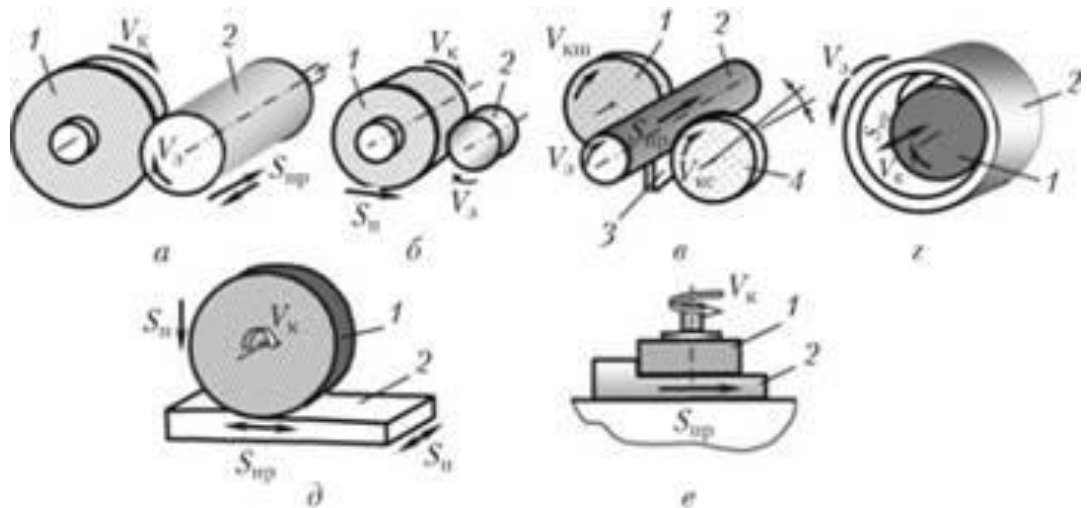


Рис. 1.2. Схеми основних видів шліфування:

а – зовнішнє методом поздовжньої подачі; б – зовнішнє методом поперечної подачі; в – зовнішнє безцентрове; г – внутрішнє методом поздовжньої подачі; д – плоске периферією круга при поступальному русі деталі; е – плоске торцем круга при поступальному русі деталі; $V_{до}$, V_z , $V_{кш}$, $V_{пк}$ – руху відповідно кола, заготовки, шліфуючого кола, провідного кола

При круглому зовнішньому шліфуванні методом зрізання (рис. 1.2, б) висота кола більше довжини оброблюваної деталі, тому необхідності в поздовжньої подачі немає, а поперечна проводиться безперервно протягом обробки.

Процес шліфування на без центрових шліфувальних верстатах характеризується високою продуктивністю. Заготовки обробляють в незакріпленому стані, і для них не потрібно центрових отворів.

Профільне шліфування здійснюється із застосуванням профілю круга, відповідного контуру поверхні оброблюваної деталі.

Метод шліфування забезпечує точність обробки до 6-7-го квалітету і шорсткість оброблюваної поверхні $R_a = 1,25 \div 0,32$ мкм для звичайного, $R_a = 0,38 \div 0,08$ мкм для точного і $R_a = 0,08 \div 0,02$ мкм для оздоблювального шліфування.

1.2. Загальна характеристика шліфувальних верстатів

Шліфувальні верстати поділяються на такі види: круглошліфувальні верстати для зовнішнього і внутрішнього шліфування, безцент-рово-шліфувальні, плоскошліфувальні і спеціалізовані [3].

Круглошліфувальні верстати (рис. 1.3) для зовнішнього шліфування бувають прості (неуніверсальні), універсальні, врізні і спеціальні [4]. На цих верстатах можна шліфувати деталі діаметром до 450 мм при довжині до 5600 мм. Універсальні верстати цього типу дозволяють виконувати внутрішнє шліфування отворів діаметром до 200 мм з осьовою довжиною до 125 мм.

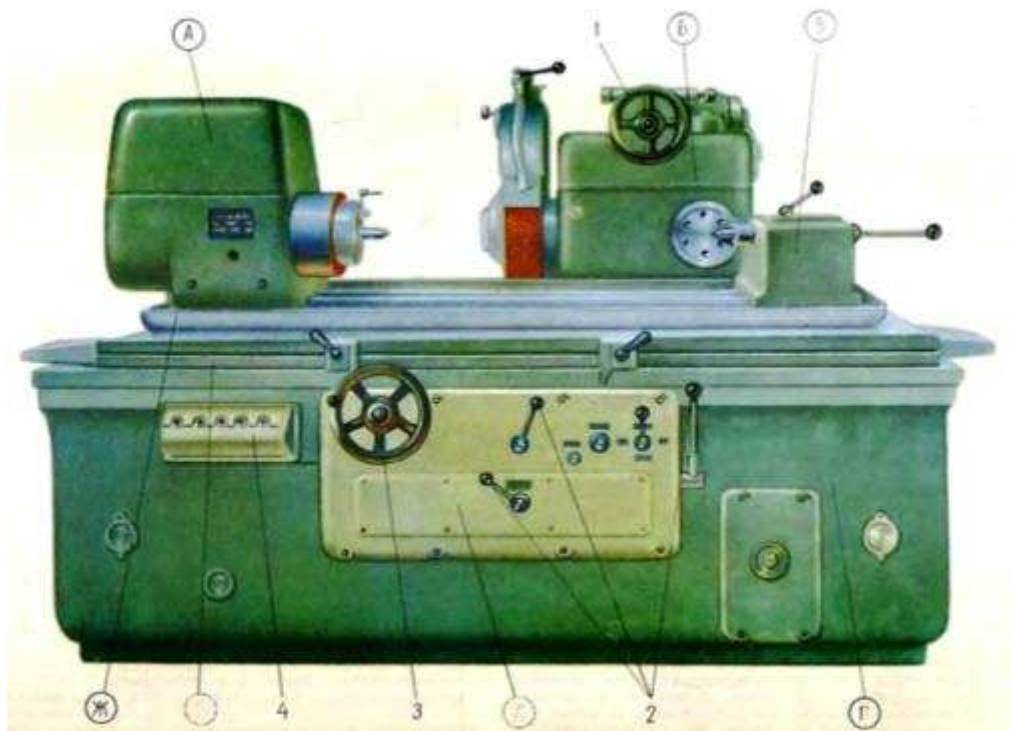


Рис. 1.3. Круглошліфувальний верстат

Внутрішньо-шліфувальні верстати дають змогу обробляти отвори діаметром від 3 до 800 мм довжиною до 800 - 1000 мм.

Зовнішній вигляд внутрішньо-шліфувального верстата показано на рис. 1.8. Всі вузли верстата несе масивна станина (Д) з двома взаємно перпендикулярними направляючими для ручного встановлювального

переміщення шпindelної бабки (А) і поздовжньо-поступального руху шліфувальної бабки (Б). Заготовка встановлюється в патроні на шпинделі шпindelної бабки і обертається зі швидкістю v , відносно осі шпинделю. Ця вісь разом з бабкою може повертатися в горизонтальній площині на кут до 45° , що дозволяє шліфувати внутрішні конуси. Під час роботи заготовка закривається щитком. Шліфувальний круг обертається зі швидкістю V_k . Керування гідросистемою верстата здійснюється з панелі (Г), а електричної схеми - з панелі 8. Торцешліфувальний пристрій дозволяє за один установ виконувати обробку торця заготовки.

Безцентрово-шліфувальні- напівавтомати- призначені для шліфування поверхонь тіл обертання з зовнішнім діаметром від 0,2 до 360 мм при довжині деталей до 320 мм, а також обробки отворів діаметром до 150 мм. Верстати дають змогу обробляти конічні отвори з кутом до 60° .

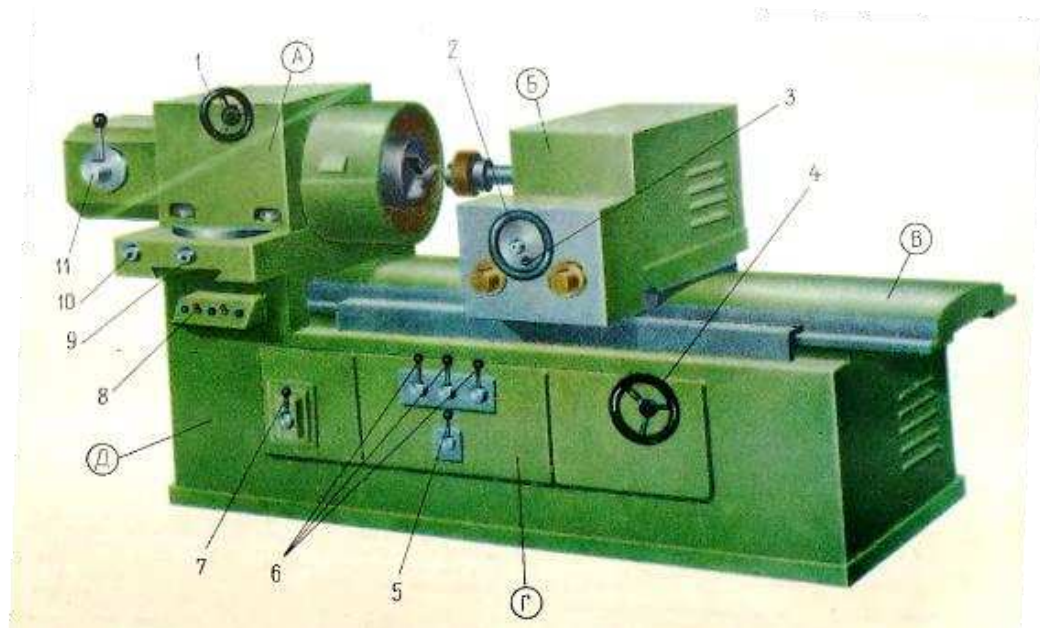


Рис. 1.4. Зовнішній вигляд внутрішньо-шліфувального верстата.

Налагоджування верстатів займає досить багато часу, що робить раціональним їх використання тільки в масовому або великосерійному виробництвах.

Плоскошліфувальні верстати бувають двох видів: з круглим і прямокутним столами.

Зовнішній вигляд плоскошліфувального верстата з прямокутним столом показано на рис. 1.5. Всі вузли такого верстата розташовуються на Т-подібній станині (А) з поздовжніми направляючими для стола (Б), призначеному для закріплення деталей, що піддаються обробці. Для закріплення деталей з феромагнітних матеріалів часто застосовують магнітні плити, які встановлюють на столі. По поперечних і вертикальних направляючих пересувається шпиндельна бабка 1 з електродвигуном, який обертає шпиндель з кругом (Г). Шпиндельна бабка 1 розташована на стійці з вертикальними направляючими. Круг закрито кожухом, який запобігає розбризкуванню змащувально-охолоджувальної рідини та попаданню абразивних частинок і стружки в повітря. Керування верстатом здійснюється від гідропанелі (Д) і кнопкової станції 5.

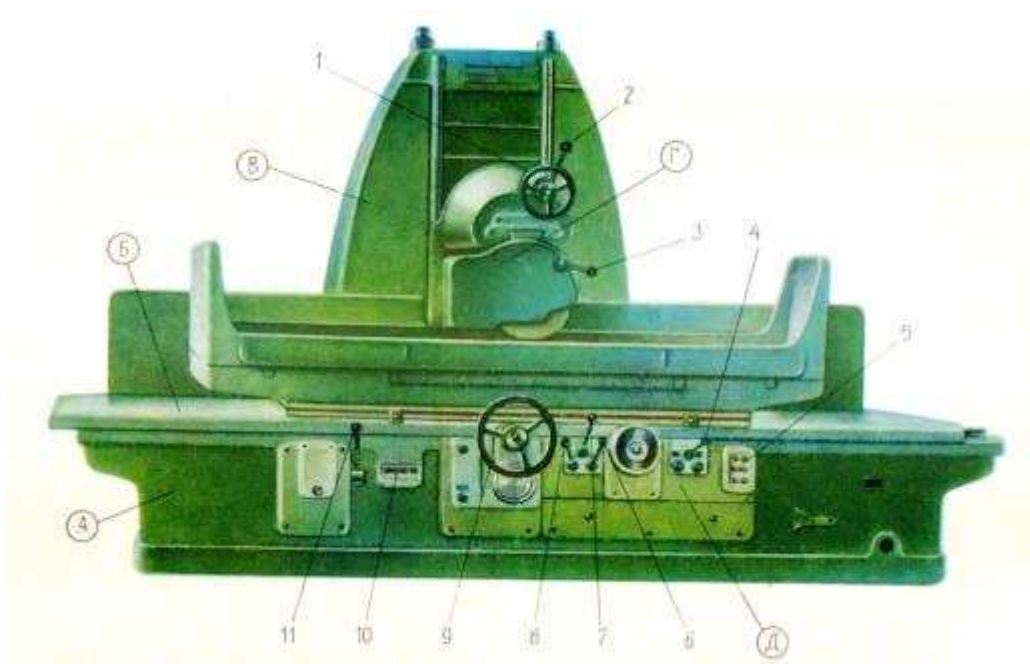


Рис. 1.5. Плоскошліфувальний верстат з прямокутним столом

На верстатах такого виду обробляють лінійні горизонтальні, вертикальні, нахилені і фасонні поверхні завдовжки до 2000 мм і завширшки до 630 мм.

Плоскошліфувальні верстати з круглим столом дозволяють обробляти деталі діаметром від 20 до 1000 мм. Закріплення деталей здійснюється за

допомогою круглого магнітного стола, який дає змогу встановлювати і знімати деталі без зупинення верстата.

Характерними особливостями шліфування є велика питома робота різання і високе локальне нагрівання металу в зоні різання, що зумовлює пластичну деформацію поверхневого шару металу [3]. Для зменшення впливу зазначених чинників на якість оброблених поверхонь при шліфуванні здійснюють інтенсивне охолодження і змащування деталі, що обробляється, і інструмента. Охолодження можна здійснювати поливанням місця контакту шліфувального круга з деталлю, або прокачуванням рідини через шпарини круга. Недоліком першого способу є те, що навколо круга, який обертається з великою швидкістю, створюється повітряна подушка, яка перешкоджає відбиранню тепла. Другий спосіб забезпечує краще охолодження, але вимагає застосування більш складних систем подавання рідини і непридатний для використання з деякими типами абразивного інструмента (наприклад, зі щільними структурами).

Для забезпечення високої якості поверхневого шару металу дуже важливою є заключна стадія шліфування - виходжування.

Для запобігання огранюванню деталей, яке зумовлене хвилястістю круга, доцільно періодично змінювати швидкість обертання круга або деталі.

Отже основний повздовжній рух або рух подачі шліфувального верстата виконується за допомогою гідравлічного циліндра, який в свою чергу приводиться в рух гідравлічним насосом через систему магістралей та клапанів.

1.3. Гідроциліндри

Гідравлічний циліндр - це об'ємний гідродвигун, в основі роботи якого лежать зворотно-поступальні рухи [6]. Принцип його дії дуже схожий на принцип дії пневмоциліндра. Єдиною суттєвою відмінністю, яку можна

виділити є те, що розрізняються робочі рідини. Гідроциліндри за своєю суттю є об'ємними гідродвигунами, призначеними для перетворення енергії рідини в механічну енергію, що забезпечує поступальний рух. Вихідним може виступати як шток, так і корпус циліндра рис. 1.6.

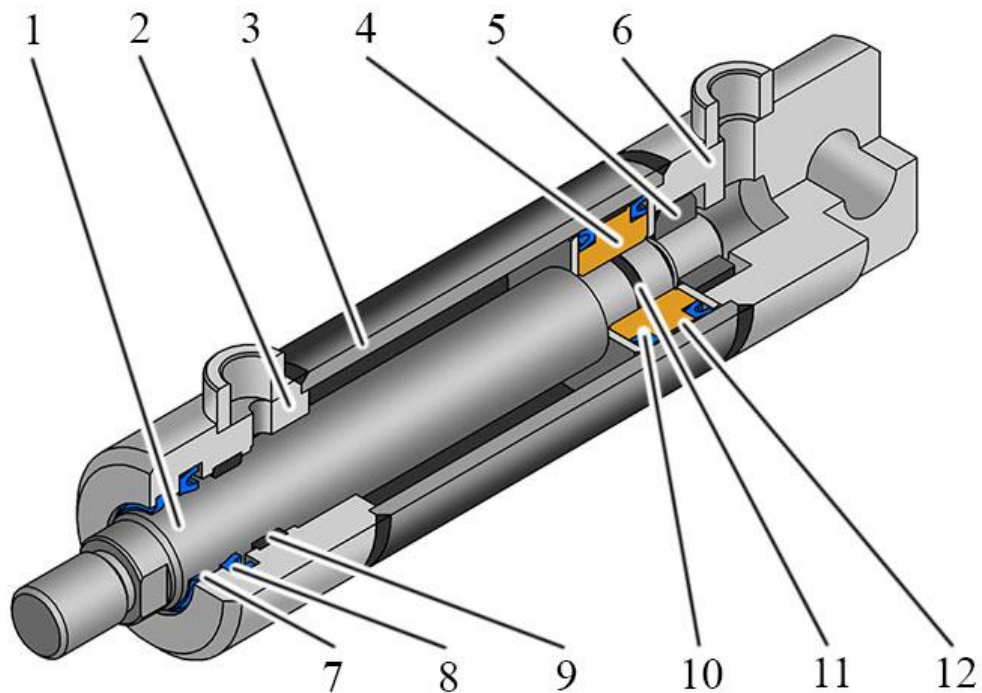


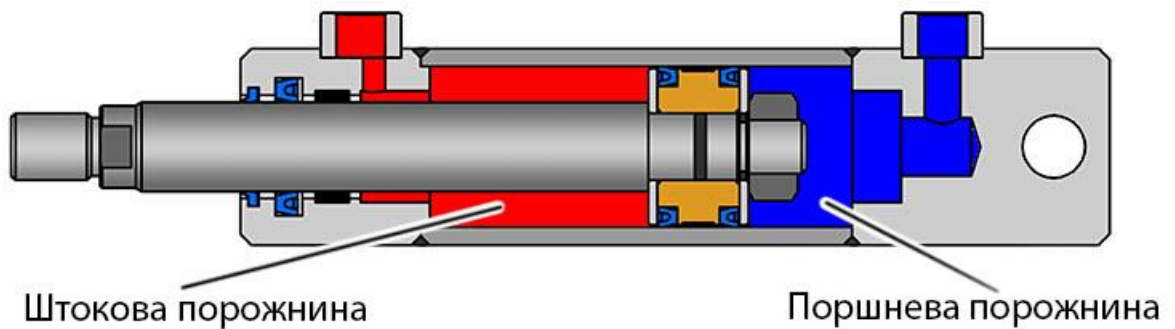
Рис. 1.6. Зовнішній вигляд гідроциліндра:

1 – шток; 2 – передня кришка; 3 – гільза; 4 – поршень; 5 – гайка;
6 – задня кришка; 7 – брудознімач; 8 – манжета штокова; 9 – кільце
направляюче штокове 10 – манжета поршнева; 11 – кільце гумове;
12 – кільце направляюче поршневе.

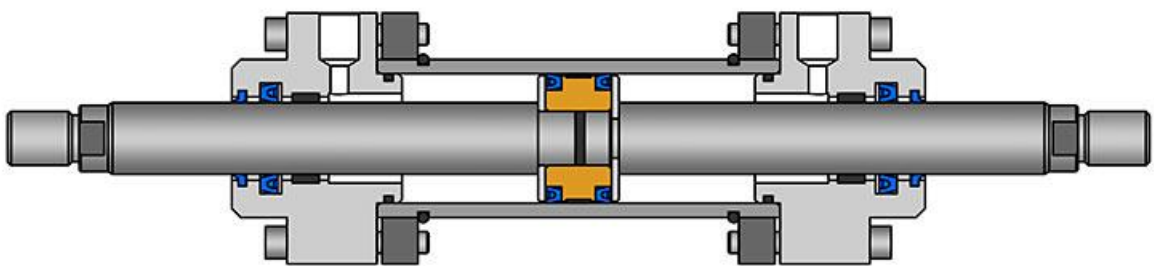
Залежно від робочого циклу, швидкостей і зусиль, які повинні приводити в рух робочі органи верстатів, дорожньо-будівельної, комунальної, лісозаготівельної техніки, застосовують гідроциліндри різних типів з різними способами їх включення в гідравлічну схему об'ємного приводу.

Гідроциліндри за конструктивною ознакою можна розділити на два типи: одностороннього і двостороннього виконання рис. 1.7 [7, 8]. У першому

випадку, рух вихідного вала під дією робочої рідини можливо тільки в одному напрямку, а в другому - рух штока під дією робочої рідини здійснюється в двох протилежних напрямках. Циліндри двосторонньої дії виготовляються з одностороннім, двостороннім і телескопічним штоком, також можуть бути забезпечені демпфуючим пристроєм, що забезпечує зменшення швидкості переміщення вихідної ланки в кінці ходу.



а)



б)

Рис. 1.7. Типи гідроциліндрів за конструктивною ознакою:

а – одностороннього виконання; б – двостороннього виконання.

У телескопічних гідроциліндрах один шток розміщений у порожнині іншого штока рис. 1.12. Це дозволяє отримати більшу величину переміщення вихідної ланки при постійних габаритах, тому що в телескопічних циліндрах перехід може перевищувати довжину гільзи.

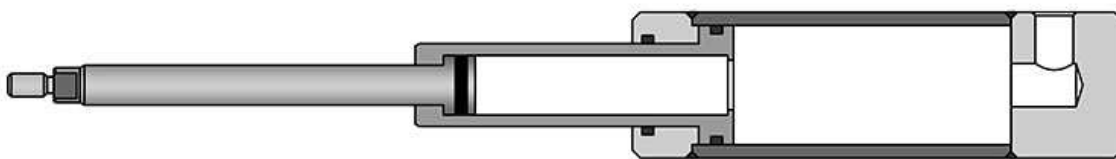


Рис. 1.8. Телескопічний гідроциліндр

У гідравлічних циліндрах із пружинним поверненням при надходженні робочої рідини поршневу порожнину здійснюється робочий хід, пружина, розташована в штоковій порожнині стискається - шток висувається рис. 1.13. Зворотний хід здійснюється за рахунок зусилля пружини, поршнева порожнина при цьому з'єднується зі зливом. Пружина може встановлюватися як у поршневій, так і в штоковій порожнині.

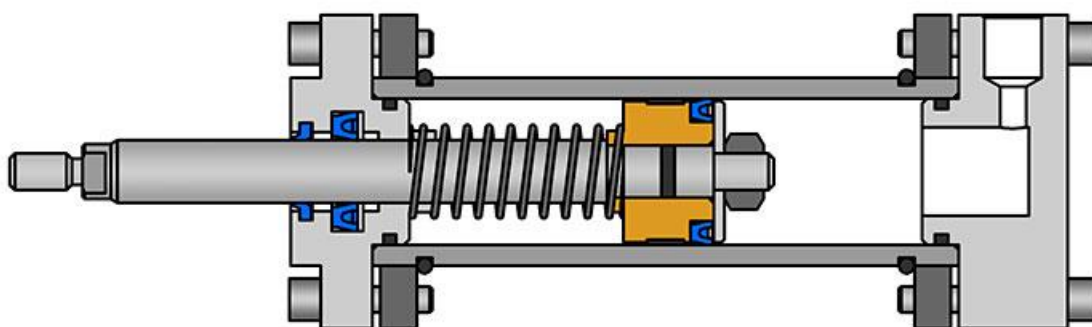


Рис. 1.8. Гідравлічний циліндр із пружинним поверненням

За умовами застосування гідравлічні циліндри діляться на три основні групи:

- для приводу в дію важільних механізмів робочого обладнання, здійснення повторюється циклічно корисної роботи (одноковшові екскаватори, фронтальні навантажувачі, лісонавантажувачі);
- для переміщення робочих органів, здійснення корисної роботи в процесі руху (скрепери, автогрейдери, бульдозери, верстати);

- для установки робочих органів в певне положення або установки виносних опор, що забезпечують стійке положення машини.

Ущільнення гідроциліндрів зобов'язані бути дуже герметичними і зручними у випадках монтажу, а також вони повинні практично не давати тертя, бути маленького розміру і бути повністю сумісні з робочою рідиною рис. 1.9. Як у будь-якого механізму, у них є і нерухомі частини, як правило, це невеликі кільця з гуми у яких круглий перетин [9, 10]. Наприклад, в рухомому з'єднанні між поршнем і штоком використовують гумові та гумово-тканинні манжети, їх встановлюють разом з кільцями, зробленими з фторопласту. Фторопластові кільця не дають видавлюватися манжетам з посадочних канавок, коли на них впливає тиску робочої рідини.



Рис. 1.9. Ущільнення гідроциліндрів

При виборі гідроциліндра потрібно звертати увагу на матеріали, використані для виготовлення гідроциліндра та технологію їх виробництва. Це може розсіяти найменші сумніви в наявності яких-небудь дефектів в гідроциліндрах, які позначаються на працездатності всієї гідросистеми в цілому.

1.4. Гідростанція плоскошліфувального верстата 3Л722В-80

Плоскошліфувальний верстат 3Л722В-80 з прямокутним столом та горизонтальним шпинделем оснащений столом 400x1600 мм, здатен обробляти заготовки масою не більше 1000 кг на столі та не більше 600 кг на магнітній плиті. Швидкість переміщення стола можуть безступінчасто змінюватися від 2 до 25 м/хв.



Рис. 1.10. Плоскошліфувальний верстат 3Л722В-80

Верстат оснащений гідростанцією РГ48-3Д722-02 призначеною для живлення гідросистеми та дистанційного керування рухом його гідрофікованих органів [11]. Гідростанція РГ48-3Д722-02 працює на чистих мінеральних оліях кінематичною в'язкістю від 20 до 213 мм²/с, з чистотою не грубіше 13-го класу за ГОСТ 17216-71 та температурою від плюс 10 до плюс 50 °С.

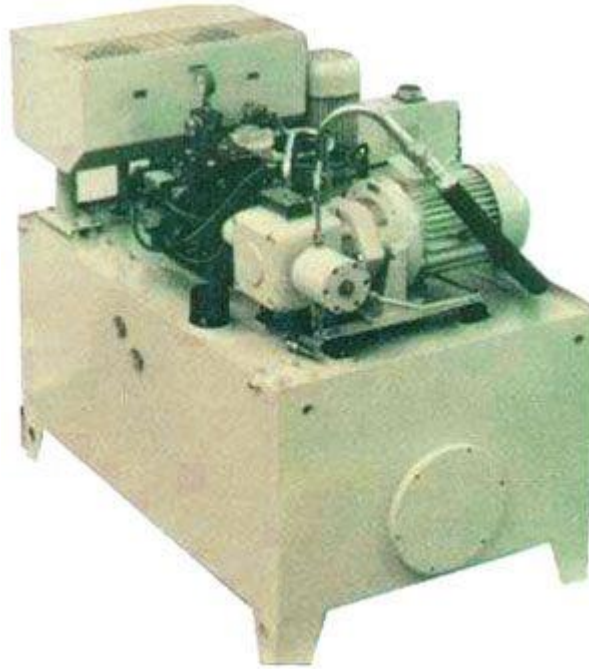


Рис. 1.11. Гідростанція РГ48-3Д722-02

Основні технічні дані комплектного гідроприводу:

- номінальна місткість гідробака 400 дм³ (л)
- тип регульованого пластинчастого насоса 2Г12-55АМ-40
- номінальна подача насоса 1,57 дм³/с (100 л/хв)
- номінальний тиск насоса 4,0 МПа (40 bar)
- діапазон налаштування тиску (у положенні "Стоп" столу) 2,2...2,8 МПа
- тиск в системі при швидкості столу, не більше 1,4 МПа
- швидкість руху гідроциліндра столу 1-25 м/хв

Рекомендовані марки масел: ВНДІ НП-403 ГОСТ 16728-78; Т22 ГОСТ 32-74,1 ІГНСп-20, ІГП-18.

1.5. Гідроциліндр верстата 3Л722В-80

У плоскошліфувальному верстаті 3Л722В-80 для головного руху стола вирисовується гідравлічний привод. Гідроциліндр двостороннього виконання розміщений під столом верстату і при подачі масла у поршневу порожнину штовхає стіл в одному або у іншому напрямку. Поршень гідроциліндра виконаний з чавуну, а для ущільнення застосовано поршневі кільця по два з кожного боку рис. 1.12. його довжина становить 80 мм.



Рис. 1.12. Поршень гідроциліндра верстату 3Л722В-80

Шток гідроциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 складається із двох частин які кріпляться до поршня штифтами.

У плоскошліфувальному верстаті ЗЛ722В-80 та інших верстатах зі схожою конструкцією поршня гідроциліндра часто виходить з ладу поршень, можуть обламатися поршневі кільця або бортики поршня у місці їх кріплення. Це у свою чергу може призвести до пошкодження внутрішньої поверхні гільзи гідроциліндра, утворення “задирів” та погіршення роботи гідроциліндра в цілому.

1.6. Постановка завдання

Для заміни пошкодженого поршня та поршневих кілець підібрати нове ущільнення. Для його використання описати технологічний процес виготовлення відповідного поршня.

2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПОРШНЯ

2.1. Вибір ущільнення поршня

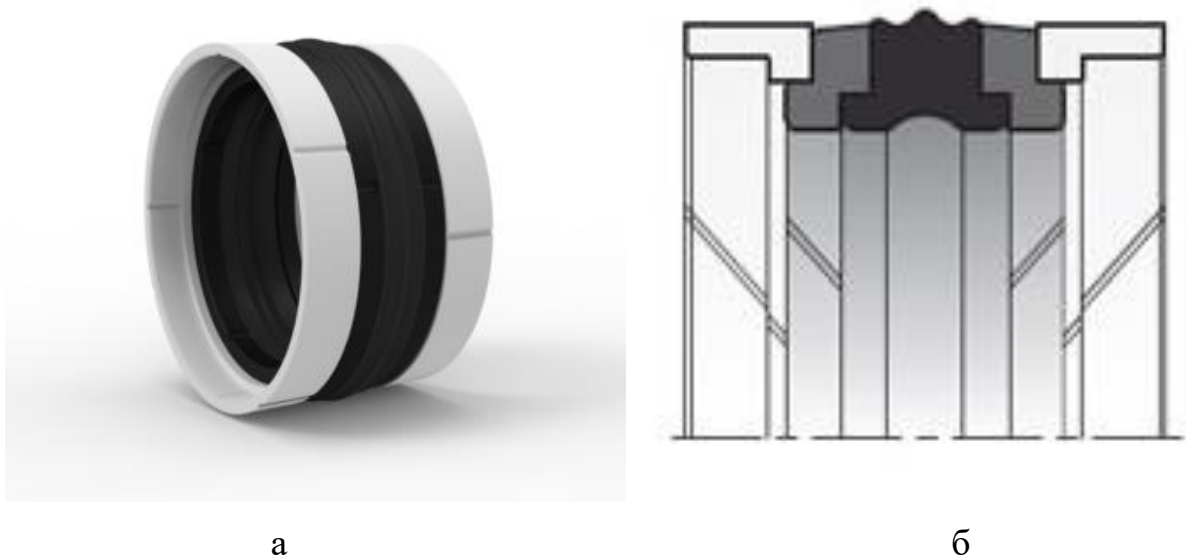
Для підбору ущільнювача для поршня гідроциліндра шліфувального станка необхідно враховувати кілька ключових факторів, зокрема тип і характеристики робочого середовища, умови експлуатації, а також специфікації гідроциліндра.

Виходячи з характеристик верстату та його гідростанції максимальний тиск може досягати 28 бар, максимальна швидкість руху стола а відповідно і поршня гідроциліндра становить 25 м/хв (0,42 м/с). Робоча рідина це синтетична олива кінематичною в'язкістю від 20 до 213 мм²/с робоча температура якої коливається в межах від плюс 10 до плюс 50 °С.

Підібрати необхідно по внутрішньому діаметру гідроциліндра. Для розглянутого плоскошліфувального верстату 3Л722В-80 внутрішній діаметр гідроциліндра становить 63 мм.

Для ущільнення поршня гідроциліндра запропоновано використати KASTAS типу K18 рис. 1.18. Тому для даного випадку обираємо модель ущільнення K18-063-047/1, де внутрішній діаметр становить 47 мм, зовнішній – 63 мм, ширина канавки – 18,4 мм [12]. Вартість такого ущільнення становить 257 грн.

Основний еластичний елемент – це гідрований бутадієн-нітрильний каучук (HNBR) [13]. Полімер NBR частково або повністю гідрований з подвійним бутадієном зв'язком. Вулканізований з перекисом, HNBR стійкий до високої температури та окислення. Маючи більш високу термостійкість та кращі механічні властивості, ніж стандартні сполуки NBR, HNBR рекомендується використовувати при температурі від -30°C до 150°C. Він широко використовується, особливо в автомобільній галузі та для спеціальних застосувань у мобільній гідравліці.



а

б

Рис. 1.18. Ущальнення KASTAS – K18:
а – загальний вигляд; б – вигляд в розрізі

Компактне ущальнення поршня K18 — це п'ятикомпонентне компактне ущальнення подвійної дії, яке складається з еластомерного ущальнювального елемента (матеріал NBR), опорних кілець із термопластичного еластомеру (TPE) та термопластичних напрямних кілець (матеріал POM). Він підходить для багатьох гідравлічних циліндрів завдяки конструкції з низьким коефіцієнтом тертя та чудовим статичним і динамічним ущальненням. Усі матеріали за хімічною стійкістю підходять для використання з мінеральною оливою.

Переваги:

- Чудова герметичність і низьке тертя завдяки спеціальній конструкції;
- Немає потреби в додатковому направляючому кільці при низьких і середніх навантаженнях завдяки компактній конструкції;
- Економне рішення для ущальнення;
- Проста конструкція канавок на цільному поршні;
- Тривалий термін служби;

- Легке встановлення завдяки прорізанім направляючим і опорним кільцям.

Приклад застосування даного ущільнення зображено на рис. 1.19 [13].

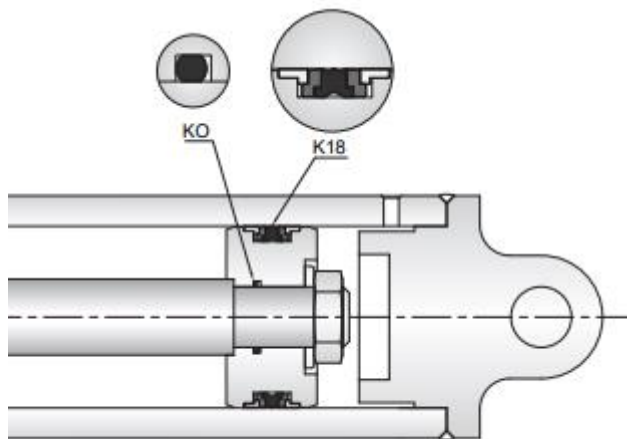


Рис. 1.19. Приклад застосування даного ущільнення K18

Ущільнення може ефективно працювати за температури масла до 105 °С, витримує максимальний тиск 400 bar а також максимальну швидкість переміщення до 0,5 м/с.

Для використання ущільнення KASTAS K-18 канавка у поршні повинна відповідати наступним вимогам рис. 1.20: західна фаска циліндра 20° довжиною 5 мм; фаска на поршні 30°; внутрішні заокруглення не більше 0,4 мм; зовнішні заокруглення не більше 0,2 мм; допуски розмірів $d(h9)$, $ds(h8)$, $B(-0/+0.2)$, $d1(\pm 0.1)$, $s(-0/+0.2)$.

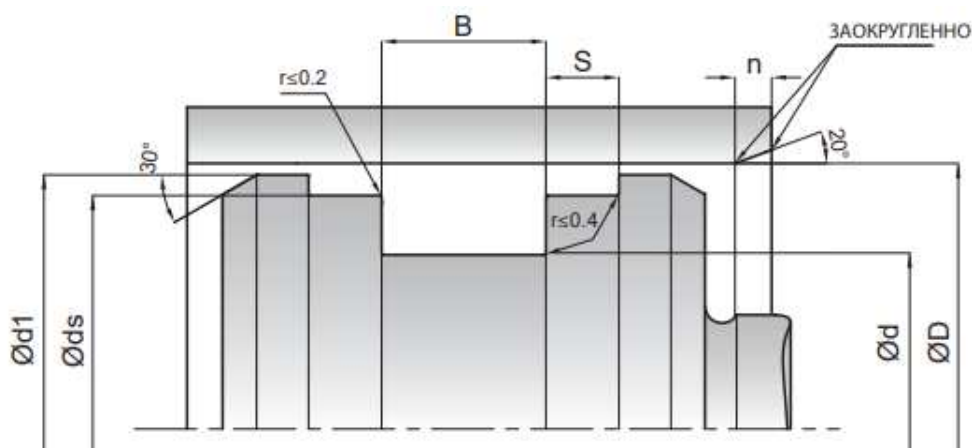


Рис. 1.20. Рекомендації до розмірів канавки для ущільнення K-18

Також для ущільнення зазору між поршнем гідроциліндра необхідно використати ущільнююче кільце (O-ring) KASTAS K0 рис. 1.19, внутрішній діаметр $22,4 \pm 0,24$ мм, товщина $2,65 \pm 0,09$ мм. Рекомендована канавка на глибину 2 мм та шириною 3,4 мм а також фаска на штоці довжиною 1,5 мм з кутом 15° без заусенців. Його вартість становить 6,7 грн.

2.2. Конструкція поршня

Оскільки конструкція плоскошліфувального верстату 3Л722В-80 обумовлює використання зведеного штоку, що за допомогою штифтів кріпиться до поршня, і враховуючи геометричні розміри вибраного ущільнення, запропоновано наступну конструкцію поршня гідроциліндра рис. 1.17, 1.18.

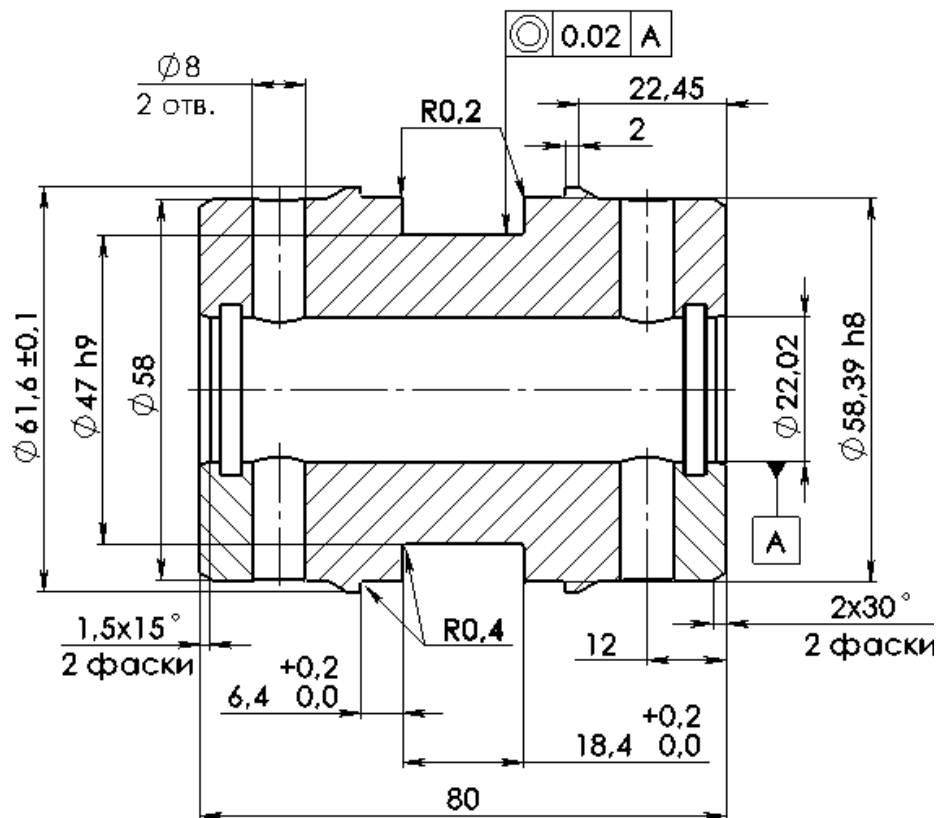


Рис. 1.17. Конструкція поршня гідроциліндра.

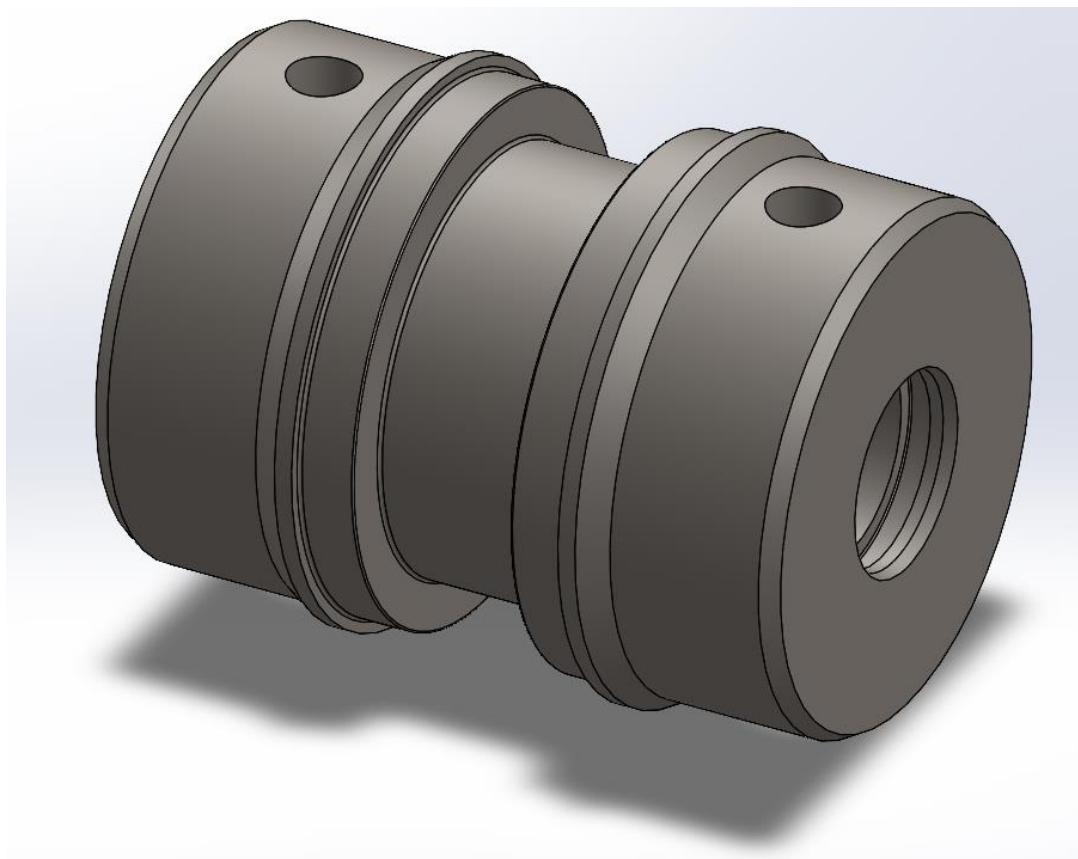


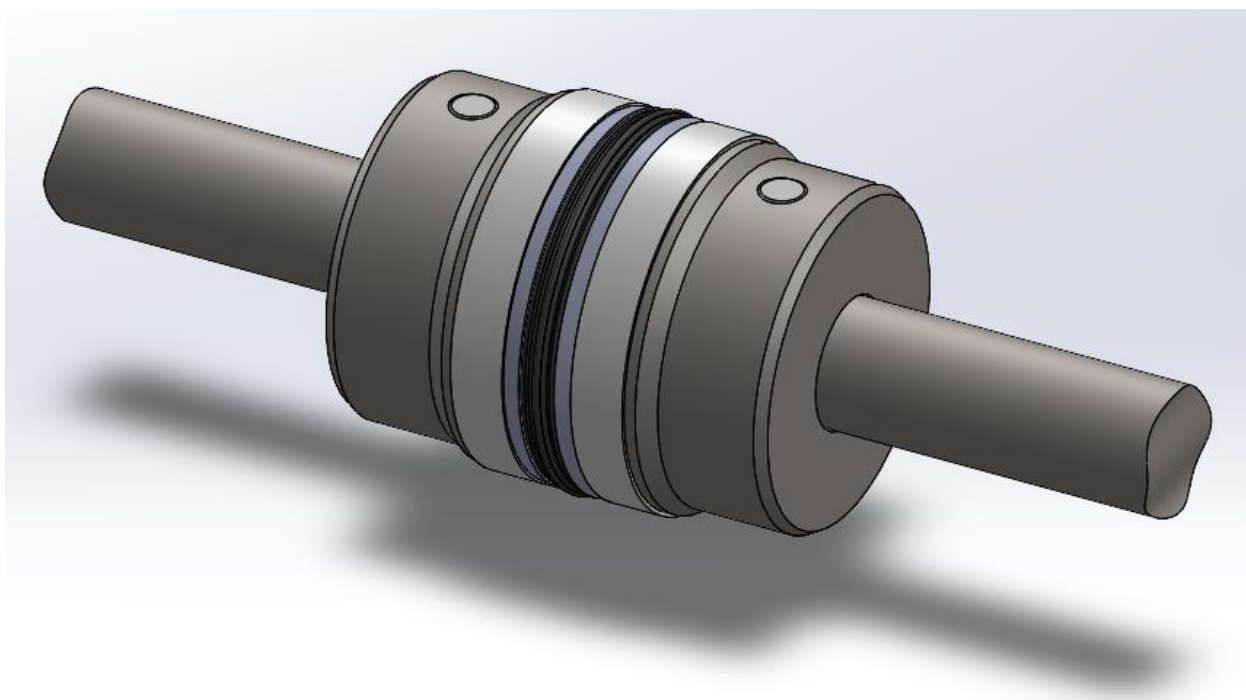
Рис. 1.18. Загальний вигляд поршня гідроциліндра.

Оскільки діаметр штоків становить рівно 22 мм, то в даному випадку внутрішній отвір поршня необхідно виконати із невеликим зазором у 0,02 мм.

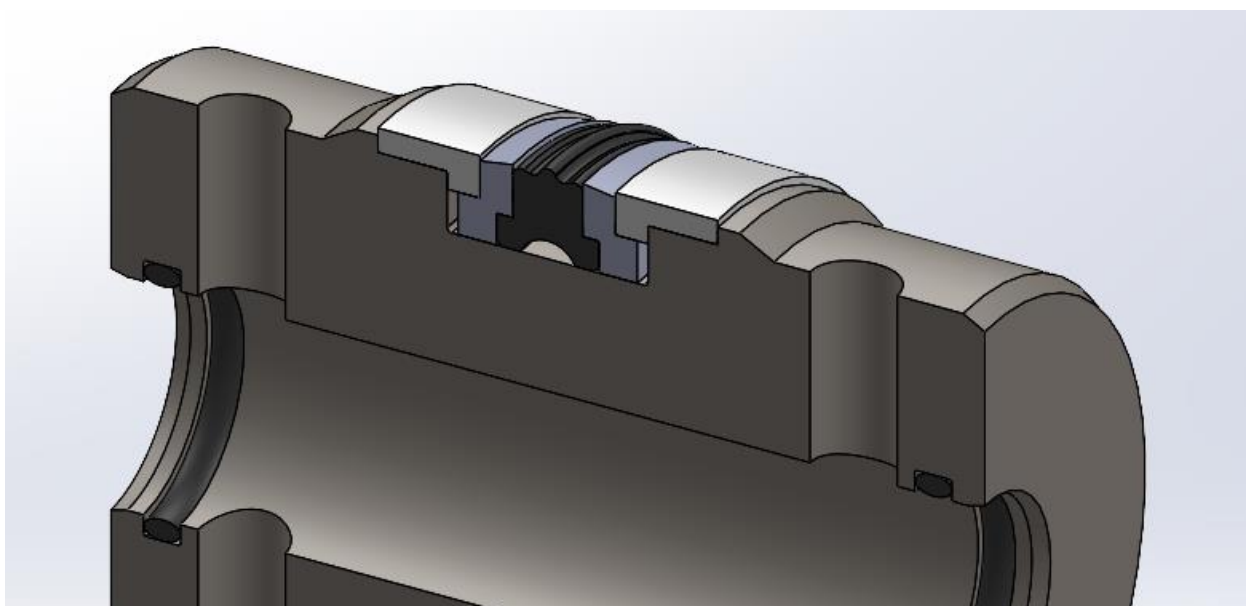
Розміри для місця під ущільнення відповідають необхідним для обраного типу ущільнення. Максимальний діаметр поршня становить 61,63 мм, а довжина поршня – 80 мм.

Для фіксації поршня до штоків будуть використані два штифти, для чого на відстані 12 мм від торця поршня з обох боків виконано отвори діаметром 8 мм.

На рис. 1.19 а, показано загальний вигляд поршня гідроциліндра в зборі з ущільненням та зафіксованими за допомогою штифтів двох штоків, а також вигляд встановленого ущільнення на поршні у розрізі рис. 1.19 б.



а



б

Рис. 1.19. Поршень гідроциліндра:

а – загальний вигляд в зборі; б – вигляд у розрізі.

Для виготовлення поршня гідроциліндра підбрано матеріал сталь 45 – це конструкційна вуглецева сталь з вмістом вуглецю приблизно 0,45%, а також містить присадки, що оптимізують її фізико-механічні властивості.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРШНЯ ГІДРОЦИЛІНДРА

3.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва є важливою характеристикою виробничого процесу і визначається такими факторами, як асортимент продукції, обсяг виробництва, його стабільність, спеціалізація та регулярність [14]. Існують різні типи виробництва, серед яких варто відзначити одиничне, серійне та масове.

Серійне виробництво є найбільш поширеним у практиці, і воно, в свою чергу, може бути дрібно-, середньо- або великосерійним, залежно від кількості виготовлених виробів у партії та значення коефіцієнта закріплення операцій. У цьому типі виробництва часто виготовляються насоси, мотори, металорізальні верстати та інші вироби. Використовуються різні пристрої та обладнання, такі як універсальні та швидкодіючі пристосування, спеціалізовані інструменти, а також універсальне і спеціалізоване устаткування [15].

У виробництві з великою серійністю часто використовуються верстати з числовим керуванням (ЧПК), обробні центри (ОЦ), автоматичні лінії та інше обладнання, що сприяє підвищенню рівня автоматизації.

Тип виробництва визначається на початковому етапі проектування виробничого процесу, оскільки від цього залежать всі організаційно-технічні характеристики [16].

Для визначення типу виробництва використаємо наступні дані:

- Річний обсяг виробництва – 1000 шт. на рік або 84 шт. за місяць.
- Орієнтовний час, необхідний для виготовлення – 0,5 год.
- Орієнтовна маса поршня визначена з 3D моделі створеної у програмі SolidWorks $m = 1,28$ кг.

Для визначення типу виробництва в залежності від трудомісткості обробки деталі та обсягу випуску за місяць можна використати таблицю 3.1. А залежно від річного обсягу і аси деталі – використати таблицю 3.2.

Таблиця 3.1.

Тип виробництва залежно від кількості виробів та трудомісткості обробки деталі

T, год	Місячний випуск виробів N_m , шт.				
	Понад 2500	до 1	2 – 4	Понад 5	-
250-2500	до 3	3 – 8	9 – 60	Понад 60	-
25-250	до 5	8 – 30	31 – 350	351 – 1500	Понад 1500
2,5-25	до 8	9 – 50	51 – 600	601 – 3000	Понад 3000
0,25-2,5	-	до 80	81 – 800	801 – 4500	Понад 4500
до 0,25	-	-	-	1000 – 6000	Понад 6000
Тип виробництва	Одиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Велико-серійне	Масове

Таблиця 3.2.

Тип виробництва залежно від обсягу виробництва та маси деталі

Тип виробництва	Річний обсяг випуску виробів N_p , шт		
	Важкі $M > 100$ кг	Середні $10 < M < 10$ кг	Легкі $M < 10$ кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньосерійне	100-300	200-500	500-5000
Великосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 - 50000
Масове	Понад 1000	Понад 5000	Понад 50000

Виходячи з таблиць 3.1 та 3.2 для даних умов виробництво поршня гідروциліндра буде середньо-серійне.

3.2. Вибір заготовки

В галузі приладобудування застосовують різні методи отримання заготовок, і вибір конкретного методу залежить від ряду факторів, таких як конструкція виробу, матеріал, тип виробництва, вимоги до точності, шорсткості та економічність виробництва [17]. На сьогоднішній день серед найбільш прогресивних методів отримання заготовок в приладобудуванні можна виділити наступні:

- Лиття в кокіль: Цей метод передбачає заливання розплавленого матеріалу у спеціальні форми (кокілі), які мають виробничий контур. Після застигання матеріалу отримується готова заготовка.

- Лиття в піщані форми: В даному випадку розплавлений матеріал заливають у піщані форми, що мають форму виробу. Після застигання і відвертання матеріалу отримують готову заготовку.

- Гаряче та холодне штампування: Ці методи передбачають формування заготовок шляхом обробки пластичного матеріалу під дією тиску і температури. Гаряче штампування використовується для обробки нагрітого матеріалу, тоді як холодне - для обробки матеріалу при кімнатній температурі.

- Порошкова металургія: Цей метод включає суміш металевих порошків, яка стискається і нагрівається для отримання заготовки.

- Безштампова обробка тиском: Використовується для обробки матеріалу без використання штампу. Застосовується в основному для листових матеріалів.

- 3D друк: Цей метод передбачає шарування матеріалу згідно з тривимірними моделями, що створюється за допомогою комп'ютерного програмування. Отримання заготовок відбувається шляхом додавання матеріалу, що дозволяє створювати складні геометричні форми.

Оскільки форма поршня не має складної конфігурації то оптимальним рішенням буде використати для його виготовлення круг діаметром 65 мм. Довжина заготовки становить 85 мм.

3.3. Визначення технологічності виробу

Технологічність - це комплекс властивостей виробу, які забезпечують оптимальне використання ресурсів, таких як час, кошти і матеріали, під час підготовки виробництва [18, 19]. Ці властивості також важливі при виготовленні, експлуатації та ремонті деталей. Виріб вважається технологічним, якщо він відповідає стандарту ГОСТ 14.201-83. Згідно з цим стандартом, технологічність може бути оцінена за допомогою кількісних і якісних показників.

Для оцінки якості процесу виготовлення деталі використовується коефіцієнт використання матеріалу, що можна обчислити за такою формулою:

$$K_m = M_d / M_z \quad (3.1)$$

де M_d та M_z – маса деталі та заготовки відповідно, кг.

Маса деталі та заготовки розраховується за наступними формулами:

$$M = V \cdot \rho \quad (3.2)$$

де V – об'єм деталі або заготовки, m^3 ;

ρ – густина матеріалу, $kg \cdot m^3$.

Масу деталі визначено у програмі SolidWorks виходячи з її 3D моделі та задавши відповідний матеріал, в нашому випадку це сталь 45. Об'єм заготовки визначено виходячи з габаритних розмірів деталі та стандартних розмірі металопрокату, а саме діаметр становить 65 мм, а довжина поршня – 85 мм. Маса заготовки становить 2,2 кг.

$$K_m = M_d / M_z = 1,01 / 1,81 = 0,56$$

Тепер перейдемо до основних показників технологічності, які включають в себе коефіцієнт точності виготовлення, коефіцієнт шорсткості і коефіцієнт

уніфікації елементів. Для обчислення коефіцієнта точності виготовлення деталі ми використаємо формулу:

$$K_T = 1 - \frac{1}{IT_{\text{сер}}} \quad (3.3)$$

де $IT_{\text{сер}}$ – середній квалітет точності виготовлення деталі:

$$IT_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n IT_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (3.4)$$

де IT_i – показник точності на поверхнях, n – кількість поверхонь [18].

$$IT_{\text{сер}} = (7 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 1 \cdot 12) / 10 = 81 / 10 = 8,1$$

Середній коефіцієнт точності рівний:

$$K_T = 1 - 1 / IT_{\text{сер}} = 1 - 1 / 8,1 = 0,87$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{V_{\text{сер}}} \quad (3.5)$$

де $V_{\text{сер}}$ – середній умовний показник шорсткості:

$$V_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (3.6)$$

де V_i – показник шорсткості на окремих поверхнях, n – кількість цих поверхонь.

$$V_{\text{сер}} = (0,8 \cdot 7 + 1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 1) / 10 = 12 / 10 = 1,2$$

Отже коефіцієнт шорсткості поверхні рівний:

$$K_{\text{ш}} = 1 / 1,2 = 0,83$$

Загальний коефіцієнт технологічності буде рівний:

$$K = 0,2 \cdot K_M + 0,5 \cdot K_T + 0,3 \cdot K_{\text{ш}} = 0,2 \cdot K_M + 0,5 \cdot K_T + 0,3 \cdot K_{\text{ш}} = 0,796$$

Оскільки комплексний показник технологічності входить у допустимі норми $0,5 < K = 0,73 < 1$, то деталь є технологічною та не вимагає доопрацювання.

3.4. Технологічний процес виготовлення поршня

На рис. 3.4 б зображено поверхні поршня гідроциліндра в порядку їх обробки в процесі виготовлення.

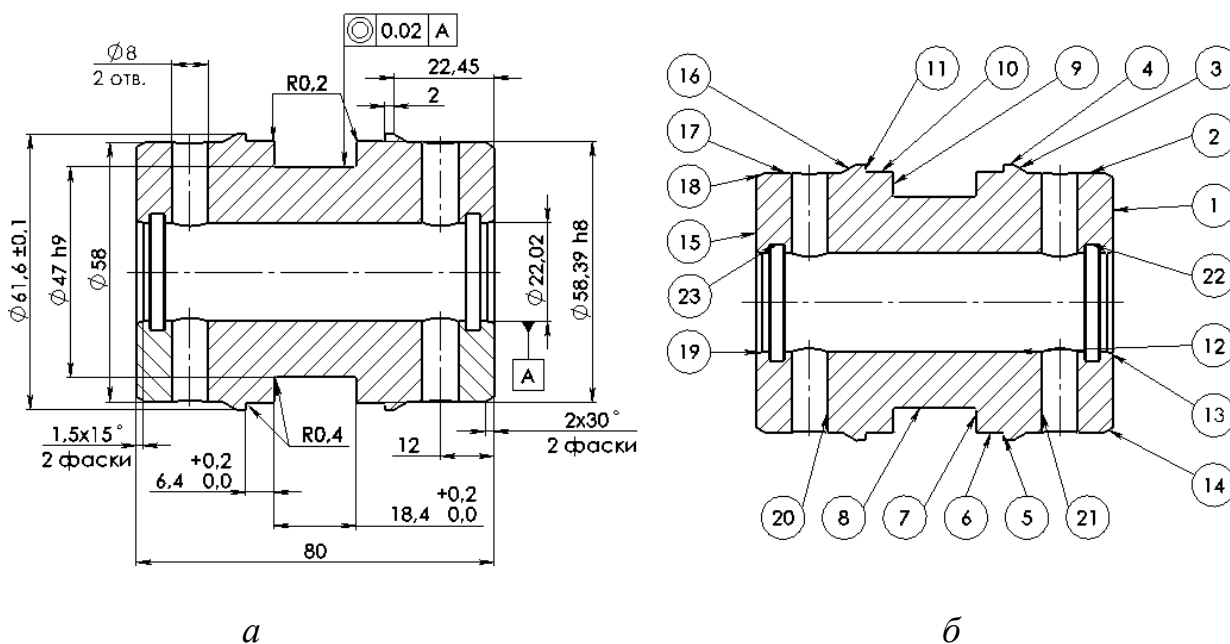


Рис.3.4. Креслення поршня гідроциліндра *a* та оброблювані поверхні *б*.

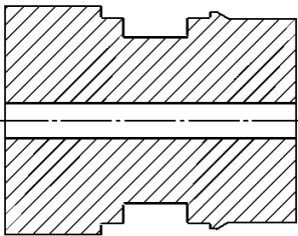
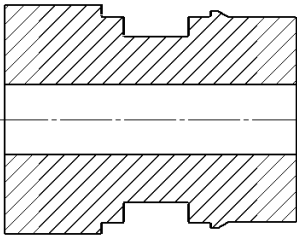
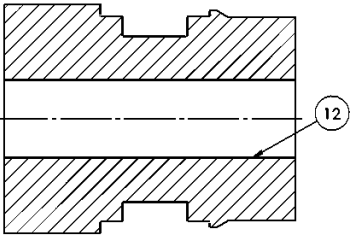
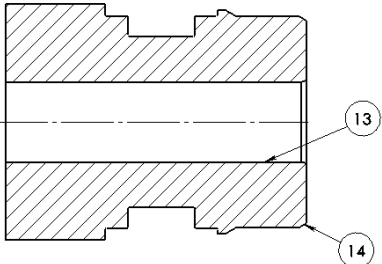
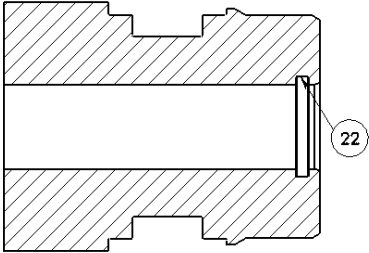
Оскільки при виготовленні поршня необхідно буде виконати фаски з обох боків, то процес токарної обробки буде здійснено за дві установки. При чому проточку внутрішнього отвору $\Phi 22,02$ мм (поверхня 12) необхідно виконати за одну установку із канавкою під ущільнення (поверхні 6, 8, 10).

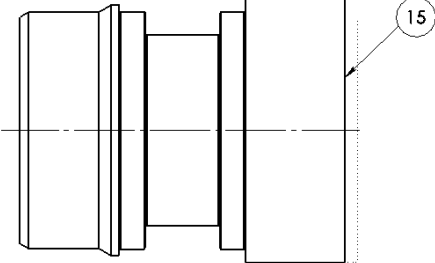
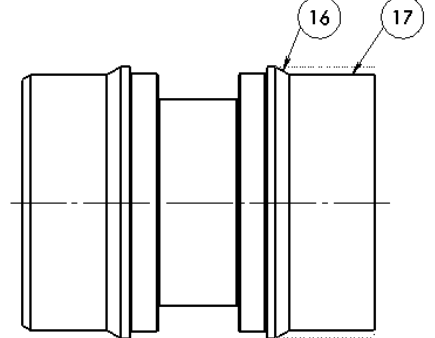
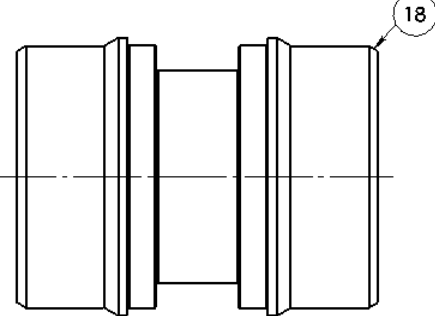
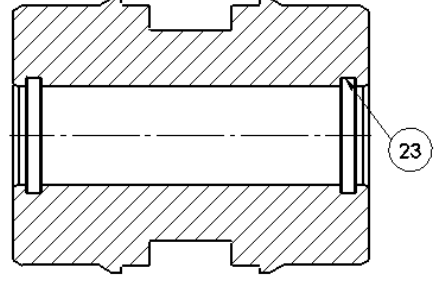
У таблиці 3.1. показано послідовність операцій та їх ескізи виготовлення поршня гідроциліндра.

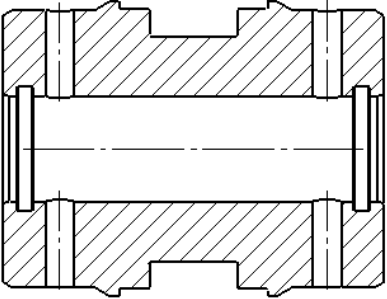
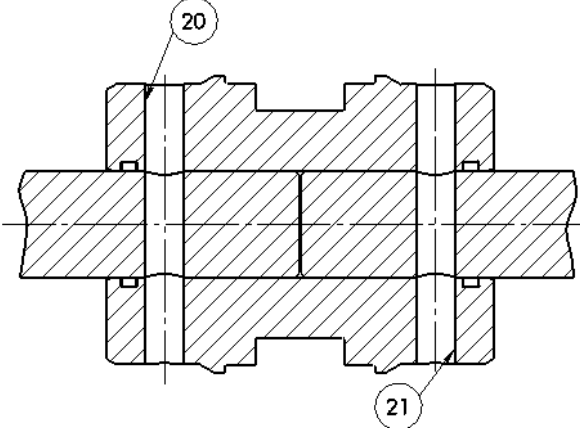
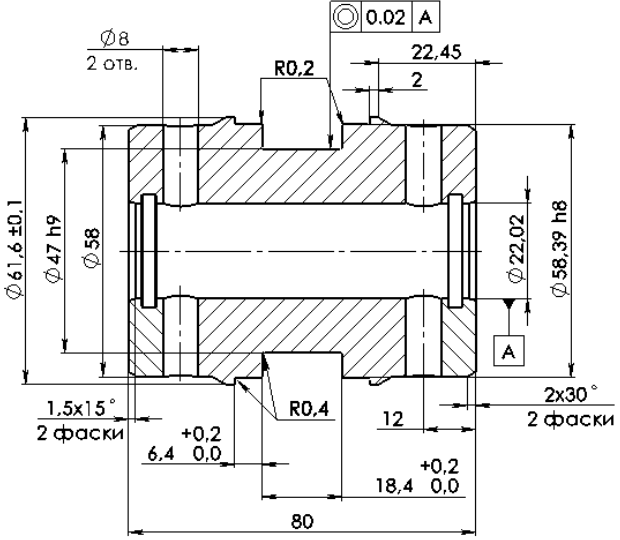
Таблиця 3.1.

Послідовність операцій виготовлення поршня.

№ п/п	Опис операції	Ескіз операції
1	2	3
1	Заготівельна. Встановити заготовку в патрон.	
2	Торцювати поверхню 1	
3	Проточити поверхні 2, 3, 4.	
4	Проточити канавку для ущільнення на поверхнях 8-11.	

№ п/п	Опис операції	Ескіз операції
1	2	3
5	Просверлити наскрізний отвір діаметром 10 мм.	
6	Розсверлити отвір діаметром 20 мм.	
7	Розточити отвір діаметром 20,02 мм, поверхня 12.	
8	Виконати дві фаски на поверхнях 13 і 14.	
9	Проточити канавку під o-ring	

№ п/п	Опис операції	Ескіз операції
1	2	3
10	Превстановити заготовку та торцювати поверхню 15	
11	Проточити поверхні 16 та 17	
12	Виконати дві фаски на поверхнях 18 і 19.	
13	Проточити канавку під o-ring	

№ п/п	Опис операції	Ескіз операції
1	2	3
14	Виконати зацентровки та просвердлити два отвори діаметром 6 мм.	
15	Просвердлити два отвори діаметром 8 мм для штифтів в парі з двома штоками. Поверхні 20 та 21	
16	Провести технічний контроль.	

Для операцій точіння зовнішньої поверхні заготовки припуск на обробку складає від 1,5 до 3 мм. Припуск на чистову обробку – 0,2 мм. Глибина чистового точіння $t_2 = 0,2$ мм, чорнового $t_1 = 2$ мм. Швидкість різання для чорнового точіння $V_1 = 100$ мм/хв, чорнового $V_2 = 200$ мм/хв.

Подача при чорновому точінні становить $S_1 = 0,5$ мм/ об, для чистового точіння – $S_2 = 0.1$ мм/об.

Визначимо частоту обертання шпинделя для обробки поверхні діаметром 58 мм:

$$n_1 = \frac{1000V_1}{\pi D_1} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 58,2} = 547,2 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000V_2}{\pi D_1} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 58} = 1098,2 \text{ об/хв}$$

де V - швидкість різання, м/хв;

D – діаметр заготовки, мм.

Для операції свердління отвору діаметром 10 мм на глибину 85 мм глибина різання t , мм:

$$t = 0.5D = 0.5 \cdot 10 = 5 \text{ мм}$$

Подача $S = 0,2$ мм/об.

Швидкість різання при частоті обертання шпинделя 600 об/хв:

$$V = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{600 \cdot 3.14 \cdot 10}{1000} = 18.84 \text{ м/хв}$$

Оскільки глибина отвору перевищує десять діаметрів свердла, то операцію свердління слід виконувати із застосуванням автоматичних циклів свердління з частковим виводом свердла з отвору для виводу сружки.

Для операції свердління отвору діаметром 20 мм на глибину 85 мм глибина різання t , мм:

$$t = 0.5(D - d) = 0.5 \cdot (20 - 10) = 5 \text{ мм}$$

Швидкість різання при частоті обертання шпинделя 400 об/хв:

$$V = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{400 \cdot 3.14 \cdot 20}{1000} = 25,12 \text{ м/хв}$$

3.5. Вибір обладнання

Для виготовлення поршня гідроциліндра необхідно два верстати токарний та свердлильний. Для токарної обробки виберемо верстат з числовим програмним керуванням – *HAAS ST-10* рис. 3.1 [21]. Високопродуктивні токарні центри HAAS серії ST були створені для забезпечення гнучкості налаштування, надзвичайної жорсткості та високої температурної стабільності. ST-10 має дуже маленьку площу, але незважаючи на це надає велику робочу зону. До переваг можна віднести: дуже маленьку займану площу; високу частоту обертання шпинделя та швидкість подачі; підходить для високопродуктивної роботи.



Рис. 3.1. Токарний верстат з ЧПК *HAAS ST-10*.

Токарний верстат з ЧПК *HAAS ST-10* оснащений гідравлічним патроном з максимальною частотою обертання 6000 об/хв з потужністю 11,2 кВт та револьверною головою з приводним інструментом на 12 позицій рис. 3.2.



Рис. 3.2. Револьверна голова верстату *HAAS ST-10*

Для виконання свердлильних операцій обрано свердлильний верстат 2М112 рис. 3.3.



Рис. 3.3. Свердлильний верстат 2М112.

Також необхідний мірильний та слюсарний інструмент.

3.6. Вибір інструменту

Для торцювання заготовки (операція 2 і 10) а також повздовжнього зовнішнього точіння (операції 3 і 11) використано державку для пластин SANDVIK T-Max P з внутрішніми каналами для подачі ЗОР в місце різку рис. 3.4. Цей інструмент оптимізований для зовнішнього точіння. Використовується для профільної обробки, повздовжнього точіння а також підрізання торців. Використовують для чорнкової та чистової обробки [22].

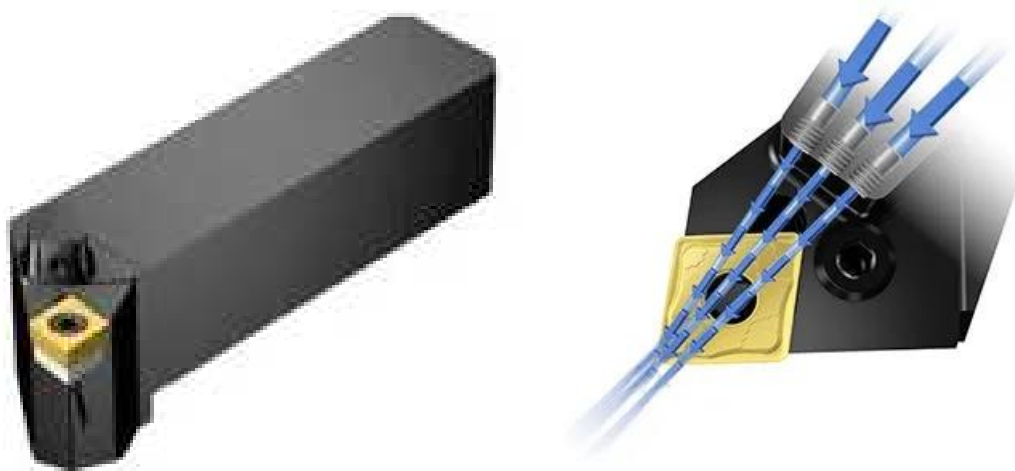


Рис. 3.4. Державка SANDVIK T-Max P для ромбічних пластин

Для розточування використано універсальна система SANDVIK CoroTurn 111 рис. 3.5. Мінімальний діаметр отвору 13 мм, хвостовик 10 мм.



Рис. 3.5. Інструмент для розточування SANDVIK CoroTurn 111

Як для зовнішнього так і для внутрішнього точіння використано ромбічні пластини SANDVIK Wiper з кутом 80° рис. 3.6. Конструкція радіуса при вершині пластин Wiper дозволяє виконувати обробку з високими подачами без погіршення якості обробленої поверхні та стружкоутворення.

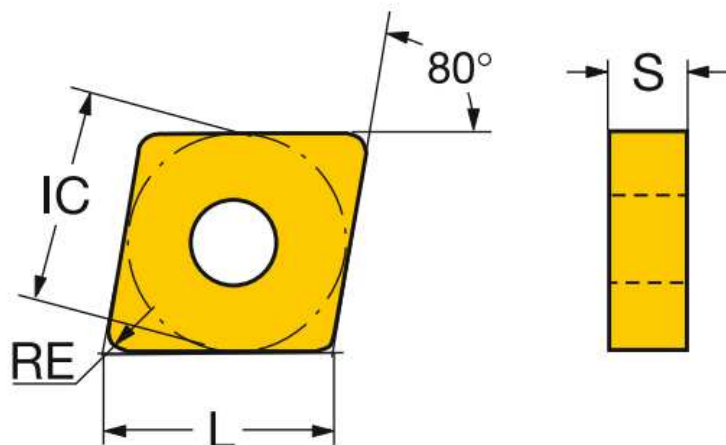


Рис. 3.6. Ромбічна пластина SANDVIK Wiper

Для відрізання та нарізання канавок використано універсальний інструмент SANDVIK CoroCut 1-2 рис. 3.7. а. Ширина вставки в межах 1,5–3 мм а глибина різання в межах 12,9–18,8 мм. При використанні прецизійної ЗОР можна досягти підвищення швидкості різання до 30-50%.

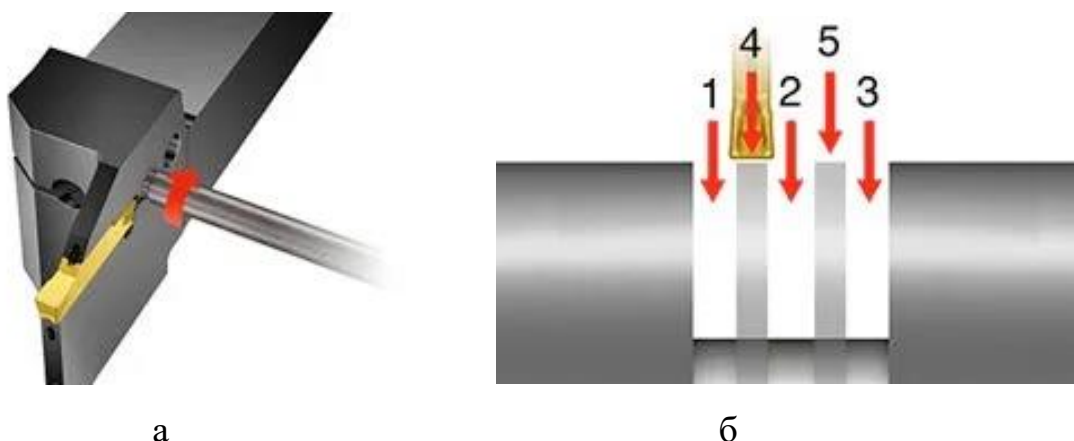


Рис. 3.7. Універсальний інструмент SANDVIK CoroCut для відрізання та нарізання канавок – а; технологія проточування канавок – б.

Для розточки внутрішніх канавок під o-ring використано різець з пластинами SANDVIK N123H2-03, рис. 3.8, ширина пластини – 3 мм.



Рис. 3.8. Різець для розточки внутрішніх канавок.

Для свердління отворів використано свердла діаметром 6, 8, 10 і 20 мм. Попередньо центрувальним свердлом виконано центрувальні отвори.



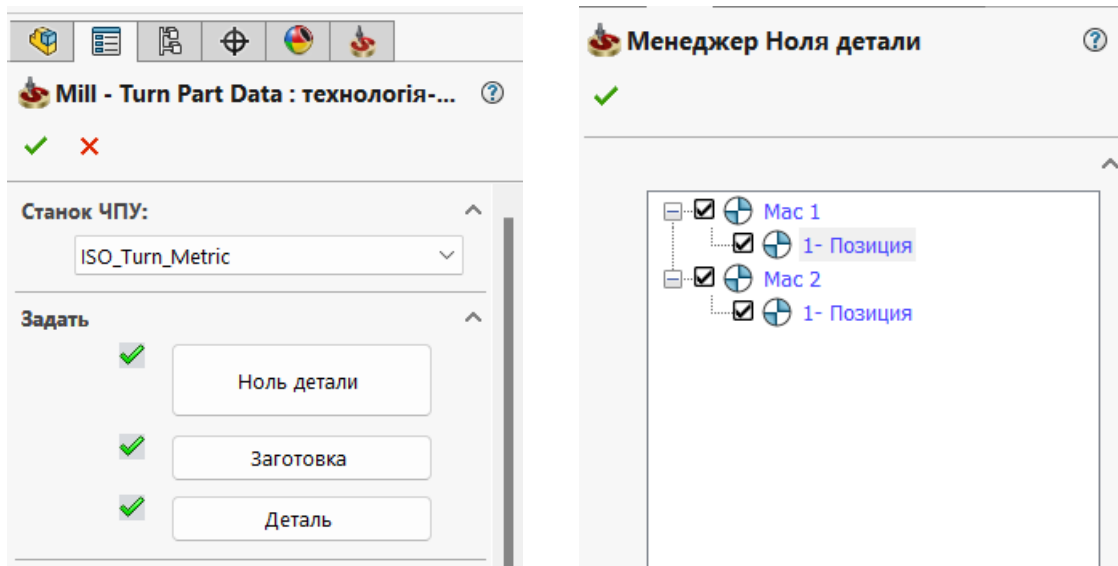
Рис. 3.9. Інструменти для свердління та центрувальних отворів.

Для технічного контролю використовуються такі інструменти як штангенциркуль, мікрометр, калібри, призма, кутник.

3.7. Написання керуючої програми для токарного верстату з ЧПК

Для написання керуючої програми для виготовлення поршня гідроциліндра на токарному верстаті з ЧПУ використано систему SolidCAM яка повністю інтегрується в SOLIDWORKS як додатковий модуль. Використана версія SolidCAM Maker, яка дозволяє виробникам, непрофесіоналам і студентам отримати доступ до повного функціоналу SolidCAM, інтегрованого в SOLIDWORKS або Autodesk Inventor, для реалізації своїх особистих проєктів. Версія поставляється з усіма CAM-модулями, включаючи iMachining. Повнофункціональна версія SolidCAM Maker є безкоштовна для приватного та освітнього використання.

Для початку роботи необхідно вибрати тип операції – токарна, токарно-фрезерна або фрезерна та вибрати відповідний верстат рис. 3.9 а. Наступним етапом є вибір габаритів заготовки ввівши величини припусків на кожную сторону, відповідно до підрозділу 3.2 діаметр заготовка становить 65 мм а довжина – 70 мм. Оскільки згідно технології виготовлення поршня гідроциліндра необхідно перевстановити заготовку, то відразу створюємо дві нульові точки: Мас 1 та Мас 2 рис. 3.10 б.



а

б

Рис. 3.10. Налаштування верстату, нулів деталі та габаритів заготовки.

Відповідно до таблиці 3.1 підрозділу 3.4 у вікні вибору інструменту Toolkit створюємо відповідні токарні інструменти, що описані в підрозділі 3.6 та встановлюємо їх на відповідні позиції у різцетримачі у випадку різців або у піноль задньої бабки для встановлення свердл рис. 3.11. Також налаштовано геометричні та технологічні параметри для кожного інструменту.

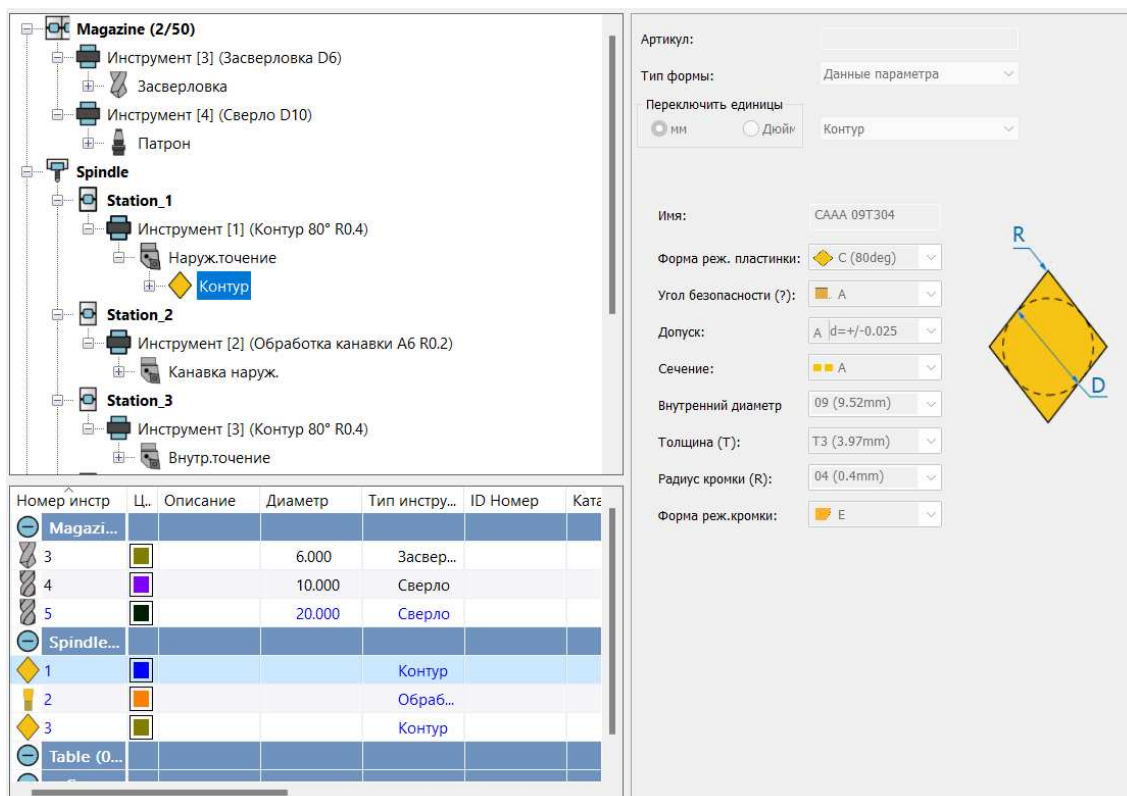


Рис. 3.11. Вікно вибору інструменту Toolkit

Для позиції Мас 1 послідовно створюємо три операції рис. 3.11: обробка торця заготовки, повздовжня проточка зовнішньої поверхні заготовки та обробка канавки під ущільнюючі кільця (операції 2, 3, 4 відповідно до таблиці 3.1 рис. 3.12).

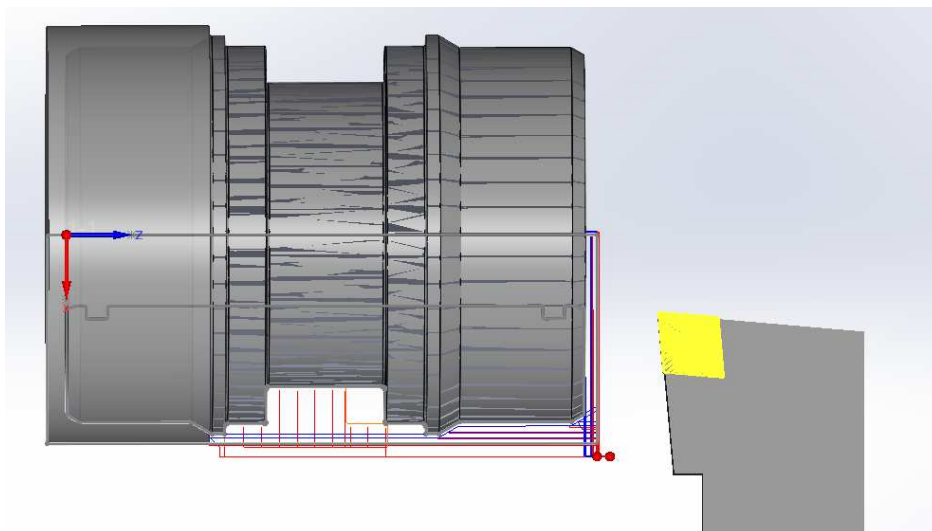
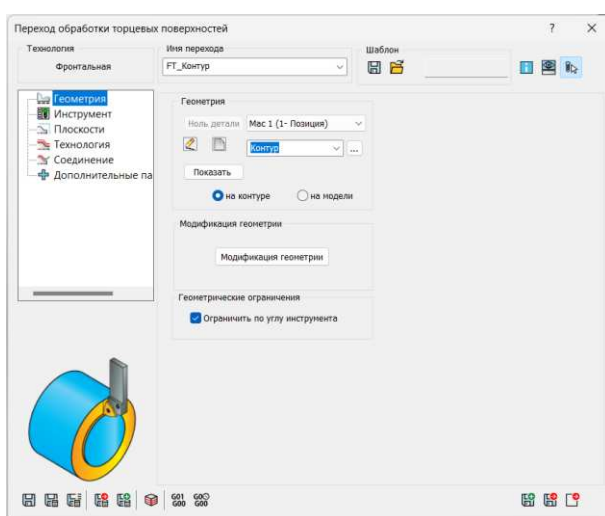
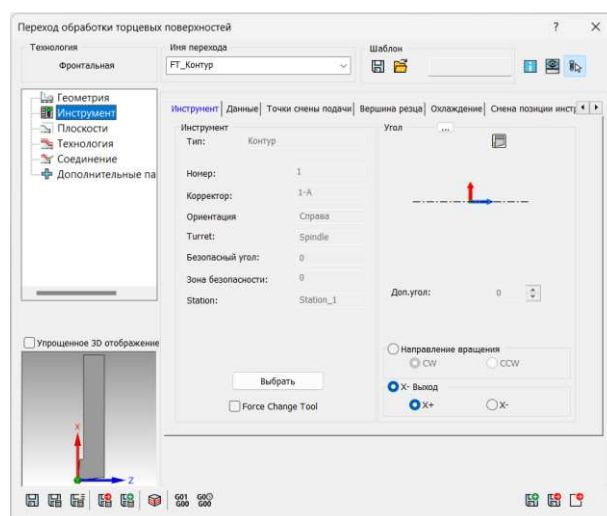


Рис. 3.12. Траєкторії операції 2, 3 та 4

Для створення нової операції необхідно на вкладці «Геометрія» вибрати контур для обробки рис. 3.13 а, та за потреби модифікувати його. Можна подовжити початок та кінець контуру до заготовки, або на задану відстань. На вкладці «Інструмент» вибирається інструмент для даної операції та за потреби можна ввести корективи в режими обробки для цієї конкретної операції рис. 3.13 б. Тут можна задати подачу для чорнового та чистового проходу, подачу підводу та відводу, частоту обертання шпинделя та задати увімкнення охолодження якщо це підтримується верстатом.



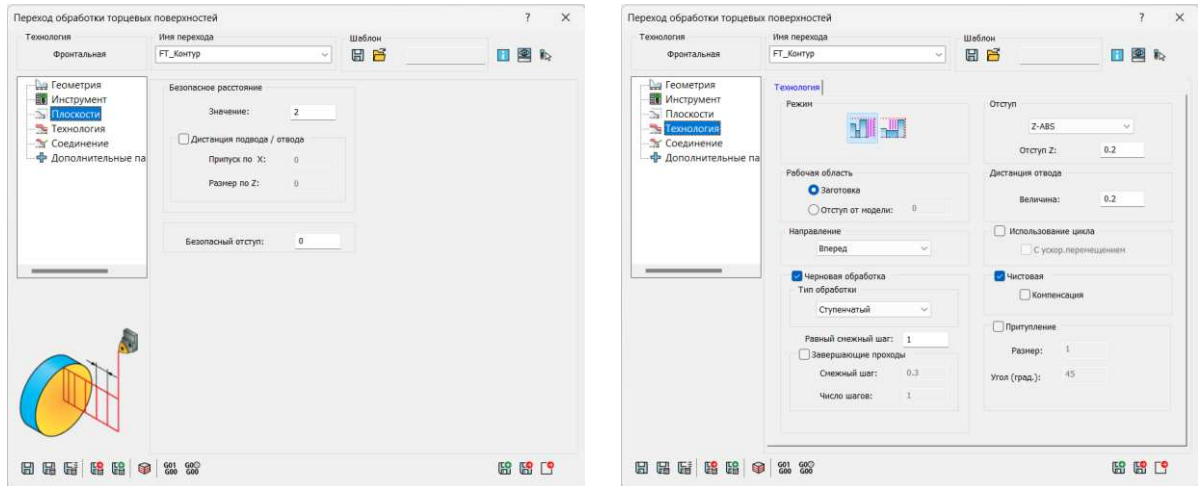
а



б

3.13. Вікно вибору контуру для обробки – а, та вибір інструменту – б.

На наступних двох вкладках «Площини» та «Технологія» можна задати відступи для безпечної площини по осях X та Z і вказати технологічні параметри обробки для даної операції, вибрати тип обробки, крок та величину відступу на чистовий прохід.



а

б

3.14. Вікно вибору безпечної площини – а, та вибір технологічних параметрів операції – б.

В результаті отримуємо G-code для виконання даної операції торцювання рис. 3.15.

Аналогічним чином створено наступні операції проточування, точіння канавки а також свердління та розточування внутрішнього отвору. Після розточування отвору на проточування канавки всі операції у позиції Mac 1 завершені рис. 3.16.

Після переустановлення заготовки використавши нульову точку Mac 2 потрібно виконати операцію торцювання зворотної частини заготовки та проточити зовнішню поверхню (операції 9, 10, 11) а також розточити канавку під O ring. Загальний код керуючої програми подано в додатку.

На цьому етапі виготовлення поршня гідроциліндра на токарному верстаті з ЧПК завершено і подальше свердління отворів під штифти виконується на класичному свердлильному верстаті 2M112.

%	N23 G0 X34.315
O5000(Поршень)	N24 G1 Z65.3
N10 G21 (METRIC SYS)	N25 X-0.4
N11 (MACHINE: ISO_TURN_METRIC)	N26 Z65.5
N12 (SETUP:)	N27 Z66.274 F0.1
N13 G54	N28 G0 Z67.3
N14 G0 G28 U0 W0	N29 X34.307
N15 T010101	N30 Z65.1
N16 (OPERATION - FT-Контур)	N31 X34.304
N17 G18	N32 G1 X-0.4
N18 G99 G97 M3 S1000	N33 Z67.1
N19 G0 X34.315 Z69.1	N34 G0 X34.315
N20 Z66.2	N35 G0 G28 U0 W0
N21 G1 X-0.4 F0.5	N36 M30
N22 Z66.4	%

Рис. 3.15. G-code для виконання даної операції №2 – торцювання

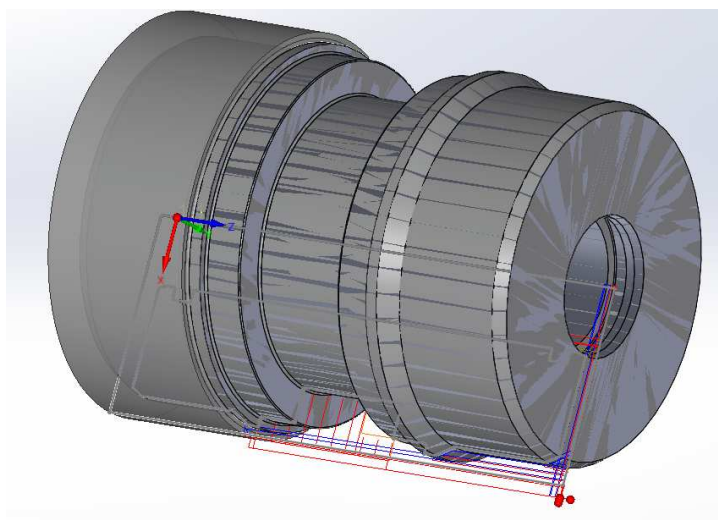


Рис. 3.16. Результат обробки у позицій Мас 1

Після завершення необхідно притупити гострі кромки деталі та провести технічний контроль готового виробу.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

4.1. Електробезпека

4.1.1 Електротравматизм та дія електричного струму на організм

людини

Щороку в Україні через ураження електричним струмом втрачають життя 1500 осіб. При аналізі виробничого травматизму видно, що кількість травм, пов'язаних із електричним струмом, дуже невелика і складає лише 1%. Проте серед загальної кількості смертельних нещасних випадків цей відсоток становить від 20% до 40% і займає провідні позиції [23]. Основними причинами таких травм на виробництві є:

- необережність робочих при роботі з електроустаткуванням;
- робота без надійних захисних та запобіжних пристосувань;
- пошкодження ізоляції чи її пробою, через що незаземлений корпус може опинитися під напругою;
- недотримання правил будови, безпечної експлуатації електроустановок та правил використання електрозахисних засобів тощо.

4.1.2 Допустимі значення струмів і напруг

Допустимі значення струмів і напруг наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі значення сили струму та напруги дотику, що проходить через тіло людини

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму t, с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	Більше 1,0
АС, 50 Гц	U, В	500	250	100	70	50	36
	I, мА	500	250	100	70	50	6
DC	U, В	500	400	250	230	200	40
	I, мА	500	400	250	230	200	15

4.1.3 Технічні способи та засоби захисту при переході напруг на нормально неструмовідні частини електроустановок

Захисне заземлення використовують для мереж з напругою до 1000В з ізольованою нейтраллю а також для мереж з напругою поза 1000В з будь-яким режимом нейтралі джерела живлення.

Захисне заземлення — заземлення точки або декількох точок у системі чи в процесі монтажу системи або в обладнанні, щоб забезпечити електробезпеку. Захисне заземлення використовується для того ,щоб у випадку коли на металевих конструктивних частинах елктроустановки, з'явиться напруга, можна було забезпечити захист людини від ураження струмом у разі торкання таких частин. Це досягається за рахунок зниження до безпечних значень напруг дотику та кроку.

Використовується в чотирьох-провідних мережах з напругою до 1000 В та з глухо-заземленою нейтраллю. Враховуючи правила улаштування електроустановок, занулення корпусів потрібно використовувати в тих самих випадках, що й захисне заземлення.

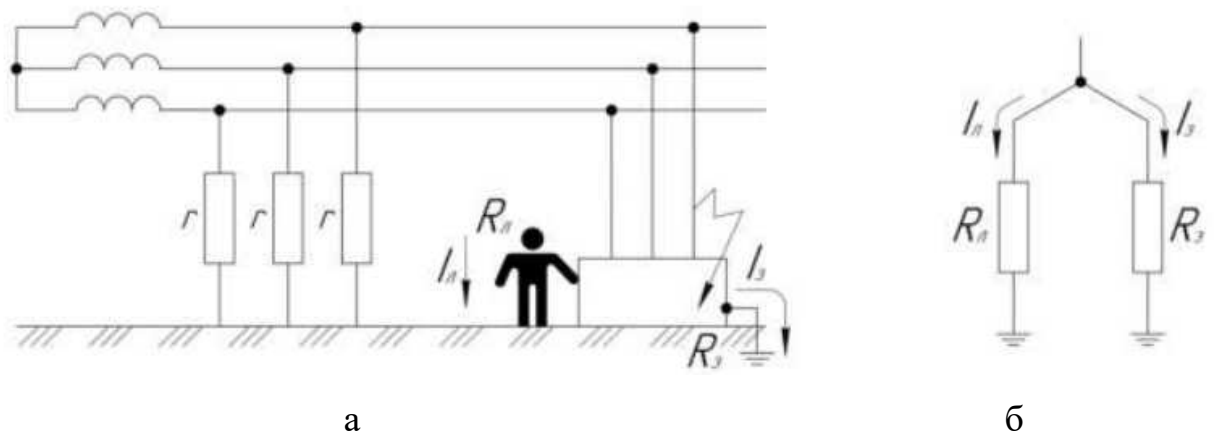


Рисунок 4.1 – Схема захисного заземлення

- а – схема доторкання людини до заземленого корпусу під напругою;
- б – еквівалентна електрична схема

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним

проводом металевих частин електроустановки, які в аварійних режимах роботи можуть опинитися під напругою, але нормально не перебувають під напругою, рис. 4.2.

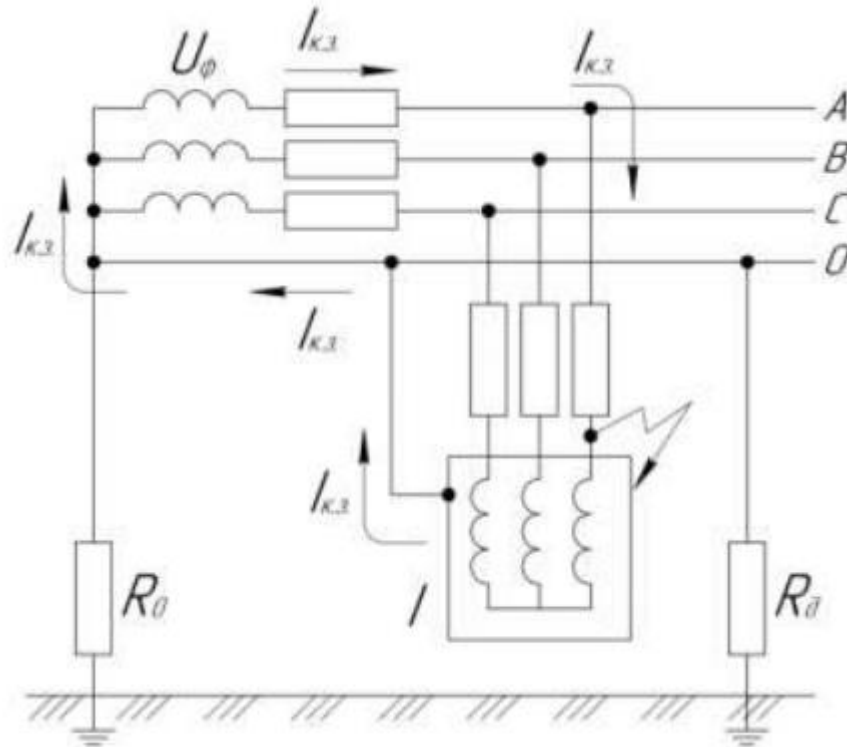


Рисунок 4.2 – Схема захисного занулення

При зануленні у випадку замикання фазного проводу мережі на корпус електроустановки виникає замикання між фазним та нульовим проводами.

Внаслідок чого електроустановка автоматично виключається апаратом захисту від струмів короткого замикання (спрацьовує автоматичний вимикач чи перегорає плавка вставка запобіжника замкненої фази). Таким чином, забезпечується хороший захист людей від ураження електричним струмомщо призведе до зменшення кількості травм на виробництві.

4.2. Пожежна безпека

Пожежа – горіння поза спеціальним вогнищем, яке розповсюджується у часі і просторі.

Пожежна безпека об'єкта – це стан, за якого з регламентованою ймовірністю виключається можливість утворення та розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, ще забезпечується захист матеріальних цінностей [24]. Основними засобами забезпечення пожежної безпеки є мінімізація умов виникнення пожежі та її наслідків. Об'єкти мають мати системи пожежної безпеки, які спрямовані на запобігання пожежі і її дії на людей та матеріальні цінності, в тому числі їх вторинних проявів. До таких факторів, відповідно до ГОСТ 12.1.004-91, належать:

- полум'я та іскри;
- сильно підвищена температура навколишнього середовища;
- знижена концентрація кисню;
- дим;
- токсичні продукти горіння й термічного розкладу.

Вторинними проявами небезпечних факторів пожежі вважаються наступні небезпеки:

- уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні та токсичні речовини та матеріали, викинуті зі зруйнованих апаратів та установок;
- електричний струм, що виник через перехід напруги на струмопровідні елементи будівельних конструкцій, апаратів, агрегатів під дією високих температур;
- небезпечні фактори вибухів, згідно ГОСТ 12.1.010, пов'язаних з пожежами; %

4.2.1 Способи та засоби гасіння пожеж

Комплекс заходів, які спрямовані на ліквідацію пожежі, яка виникла, називається пожежогасінням. Основою пожежогасіння є примусове припинення процесу горіння. На практиці є декілька способів припинення горіння, їх суть полягає у припиненні процесу горіння.

Спосіб охолодження базується на тому, що горіння речовини можливе тоді, якщо температура її верхнього шару вища температури його запалювання.

Горіння припиняється тоді, коли з поверхні горючої речовини буде відведено тепло, тобто поверхня буде нижче температури запалювання.

На чому ж базується спосіб розведення? Він базується на тому, що речовина здатна горіти, якщо вміст кисню в атмосфері за об'ємом більше 14-16%. Якщо кисню в повітрі залишається нижче вказаної величини, припиняється полуменеве горіння. Коли швидкість окислення зменшується припиняється і тління. При введенні у повітря інертних газів та пари концентрація кисню зменшується. У закритих приміщеннях кисень розводиться продуктами горіння. Спосіб ізоляції базується на тому, щоб зупинити надходження кисню в повітря до речовини яка горить, застосовуючи різні вогнегасні речовини (порошок, хімічна піна, та інше).

Спосіб хімічно гальмування реакцій горіння-це - введення у зону горіння галоїдно-похідних речовин :бромистий етал та метил, фреон та інше. Вони при попаданні у полум'я розпадаються і з'єднуються з активними центрами, припиняючи екзотермічну реакцію, внаслідок чого горіння припиняється.

Спосіб механічного зриву полягає в тому, щоб зупинити полум'я сильним струменем води, порошку або газу.

Щоб погасити велике загоряння в приміщеннях категорій А, Б, В застосовують стаціонарні установки газового, водяного, повітряно-пінного та хімічного гасіння.

4.2.2 Вогнестійкість будівель та споруд

У будівлях та спорудах поширення пожежі залежить від вогнестійкості конструкцій будівлі.

Вогнестійкість конструкції це- здатність конструкції в пожежних умовах зберігати несучу, або огорожувальну функцію.

Всі будівлі та споруди за вогнестійкістю поділяють на вісім ступенів (п'ять основних і три додаткових), які характеризуються межами вогнестійкості по основних будівельних конструкціях та межами поширення вогню по них. I ступеня -це будівлі та споруди, які мають найвищу вогнестійкість. будівельніконструкції виготовлені з негорючих матеріалів і відповідної товщини (наприклад, кам'яний або цегляний будинок). V ступінь найнижчий, будівельні конструкції яких виготовлені з горючих матеріалів(наприклад з дерева).

В таблиці 4.2. представлені межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій.

Таблиця 4.2 – Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій

Будівельні конструкції	Група займистості	Межа вогнестійкості
Стіни, що несуть навантаження, стіни сходових кліток, колони	Негорючі	2 г
Плити, настили та інші несучі конструкції покриття міжповерхових перекриттів	Важко займисті	0,75 г
Зовнішні стіни з навісних панелей	Важко займисті	0,25 г
Внутрішні перегородки	Важко займисті	0,25 г

На ділянці є обладнаний пожежний щит , набір інструментів і ємність з піском. Для того , щоби забезпечити гасіння пожежі в початковій стадії та його виникнення у внутрішній водогінній мережі цеху установлені пожежні крани.

Ділянка укомплектована пожежною сигналізацією. Для гасіння електроустаткування є передбачені вогнегасники –« ОУ-5, ОУ-8, ОХП-10, УН2Н,» .

Максимальна відстань з найвіддаленішої точки дільниці категорії Д до евакуаційного виходу у будівлі зі ступенем вогнестійкості Ша не може перевищувати 100м, а мінімальна ширина шляхів евакуації становить не менше 1 м, дверей – 0,8 м.

Згідно з Правилами устаткування електроустановок (ПУЕ) ділянка цеху на якій потрібно обробляти дану деталь- належить до сухого типу приміщення.

Згідно з ПУЕ за ступенем пожежної небезпеки приміщення де знаходяться горючі рідини ,температура спалахів яких вище 61°С відноситься до класу П-І .

Вибухонебезпечна зона класу 2- це дільниця цеху в якому вибухонебезпечне середовище при нормальних умовах експлуатації відсутнє, а якщо навіть і виникає, то дуже рідко і триває недовго.

4.3. Безпека верстатних пристроїв

ГОСТ 12.2.029-88 до верстатних пристроїв висуваються такі вимоги:

- елементи конструкцій зовні не повинні мати гострих кутів, країв та небезпечних нерівностей, коли їх наявність не являється технологічною необхідністю.
- елементи верстатних пристроїв роботі верстату не повинні заважати або обмежувати доступ до органів керування, чи створювати небезпеку для працівника.
- конструкція верстатного пристрою повинна мати надійне і зручне з'єднання з верстатом та змінними елементами. Спосіб з'єднання повинен виключити можливість зміщення та самовільного ослаблення кріплення пристрою в експлуатації..

- •пристрої маса яких більша ніж 15 кг, повинні мати такі елементи кріплення, що дозволяють механізувати їх монтаж і переміщення.
- •при ручній зміні заготовок- конструкція пристрою повинна гарантувати безпеку від випадкового защемлення частин тіла .Між заготовкою та захисним елементом допустимі зазори до 5 мм.
- зусилля для закріплення заготовки повинні бути вищими від сили різання не менше ніж в 2,5 рази.

Пристрої, спроектовані в цьому дипломному проекті задовольняють ці умови.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Для визначення вартості виготовлення поршня гідроциліндра визначимо вартість матеріалу. Маса заготовки становить 2,2 кг. Вартість круга діаметром 65 мм (матеріал – ст. 45) становить 69 грн / кг [25]. Отже Вартість заготовки становить:

$$B_3 = 2,2 \cdot 69 = 151,8 \text{ грн.}$$

Враховуючи, що значна частина матеріалу буде переведена в стружку, визначимо вартість зворотних коштів, що можна отримати за неї. Вартість прийомки чорного металу коливається в межах 7,7-8,2 грн, для розрахунків приймемо 8 грн [26].

Вагу відходів металу у вигляді стружки визначимо за формулою:

$$M_c = 2,2 - 1,28 = 0,92 \text{ кг}$$

Відповідно їх вартість:

$$B_c = 0,92 \cdot 8 = 7,36 \text{ грн.}$$

Виходячи з звіту SolidCam тривалість виготовлення поршня гідроциліндра на токарному верстаті з ЧПК скрадає 14 хвилин та 7 секунд. Робоча потужність верстату складає 11 кВт. Отже за час виготовлення однієї деталі буде використано:

$$W_{\text{ТОК}} = 11 \cdot \frac{14,12}{60} = 2,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для операції свердління отворів під штифти час виконання цієї операції складає 4,2 хв. Затрати електроенергії на цю операцію:

$$W_{\text{СВ}} = 0,6 \cdot \frac{4,2}{60} = 0,042 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарні затрати електроенергії:

$$W = W_{\text{ТОК}} + W_{\text{СВ}} = 2,6 + 0,042 = 2,642 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість електроенергії для підприємств становить 5,6 грн/кВт год, тоді затрати на електроенергію:

$$B_e = 5,6 \cdot 2,642 = 14,8 \text{ грн}$$

Вартість оплати праці оператора верстата з ЧПК складає 25 тис. грн. на місяць за 8-годинний робочий день. Визначимо вартість однієї години:

$$q = \frac{25000}{40} = 156,25 \text{ грн}$$

Враховуючи допоміжний час токарної обробки затрати на оплату праці оператора токарного верстата:

$$V_{p1} = 1,1 \cdot 14,12 \cdot 156,25/60 = 40,45 \text{ грн.}$$

Затрати на оплату праці працівника для свердління отворів при вартості однієї години 112,5 грн становить:

$$V_{p2} = 1,2 \cdot 4,2 \cdot 112,5/60 = 9,45 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на оплату праці:

$$V_p = 40,45 + 9,45 = 49,9 \text{ грн}$$

Враховуючи високу стійкість токарних пластин SANDVIK (вартість однієї пластини 295 грн.) та врахуванні того, що на пластині є 4 ріжучі кромки для виготовлення річної серії в 1000 поршнів затрати на інструмент складуть орієнтовно 9410 грн. Тоді з розрахунку на 1 поршень затрати на інструмент складають $V_I = 9,41$ грн.

Також необхідно враховувати амортизацію обладнання. Оскільки ціна свердлильного верстату 2H112 (від 8 до 18 тис. грн.) є значно менша від токарного верстату з ЧПК *HAAS ST-10*, то в розрахунках його враховувати не будемо. Ціна токарного *HAAS ST-10* складає близько 1 000 000 грн. Якщо розраховувати амортизацію на 10 років при роботі верстата у дві зміни амортизаційні відрахування на 1 годину його роботи складатимуть 21,55 грн. Тоді з врахуванням тривалості виготовлення поршня, амортизаційні відрахування на одиницю продукції складуть:

$$V_A = 14,12 \cdot \frac{21,55}{60} = 5,07 \text{ грн.}$$

Ціна комплекту ущільнення для поршня гідроциліндра становить 270,4 грн. а саме KASTAS K18-063-047/1 – 257 грн. та 2 штуки O-ring K0 по 6,7 грн.

Сумарні затрати на виготовлення поршня гідроциліндра:

$$B = B_3 - B_c + B_e + B_l + B_p + B_A =$$

$$= 151,8 - 7,36 + 14,8 + 9,41 + 49,9 + 5,07 = 238,34 \text{ грн.}$$

Також слід додати 5% на непередбачувані затрати, тоді вартість затрат на виготовлення складуть 250,26 грн. Результати розрахунків наведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1

Результати розрахунків економічної ефективності виготовлення поршня

Параметр	На 1000 деталей	На одну деталь
Вартість матеріалу заготовки, грн.	151 800	151,80
Вартість стружки, грн	7 360	7,36
Сумарні затрати електроенергії, кВт	2 642	2,642
Вартість затрат на електроенергію, грн.	14 800	14,80
Затрати на інструмент, грн	9 410	9,41
Сумарні затрати на оплату праці, грн	49 900	49,90
Амортизаційні відрахування, грн	5 070	5,07
Всього, грн	238 340	238,34

Сумарна вартість ремонтного комплексу поршня гідроциліндра плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 з набором ущільнень для його встановлення складає 520,66 грн.

ВИСНОВКИ ПРОПОЗИЦІЇ

1. Шліфувальні верстати різного типу дії використовуються для доведення заготовок з плоскою, циліндричною або конусною формою. З їх допомогою видаляють надлишкову шорсткість деталей яку не вдалося задати на попередніх етапах виробництва. Головний рух таких верстатів здійснюється за допомогою гідравлічної системи
2. . При пошкодженні поршневих кілець, або елементів поршня може пошкодитися внутрішня поверхня гільзи гідроциліндра з утворенням “задирів” на ній. Це в свою чергу може погіршити роботу гідроциліндра внаслідок перепускання масла через поршень.
3. Виходячи з умов роботи гідросистеми плоскошліфувального верстата 3Л722В-80 підбрано тип та розмір ущільнення поршня: KASTAS K18-063-047/1, та ущільнююче кільце (O-ring) KASTAS K0 діаметром 22,4 мм.
4. Враховуючи з рекомендацій до геометрії канавки під вибраний тип ущільнення було розроблено конструкцію поршня гідроциліндра.
5. Вибрано заготовку, визначено технологічність виробу та розроблено послідовність технологічних операцій для виготовлення поршня гідроциліндра. Підбрано обладнання та інструмент необхідний для виробництва.
6. Розроблено технологію виготовлення поршня гідроциліндра у системі автоматизованого проектування SolidCAM та створено код керуючої програми для токарного верстату ч ЧПК.
7. Описано заходи з охорони праці та безпеки виробництва при роботі з верстатами.
8. Проведено розрахунки економічної ефективності та визначено вартість виготовлення поршня гідроциліндра, та сумарну вартість ремонтного комплексу разом з вибраними ущільненнями.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залого, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів /Під. Общ. ред. А.М. Дальского – М., Машинобудування, 1990-448с.
3. Технологія машинобудування для електромеханіків Ю.І. Чучман - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2001. - 348 с.
4. Навчальний посібник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко / За ред. Р. І. Сіліна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 268 с.
5. Грачов Л.М. та ін Автоматизовані ділянки для точної розмірної обробки деталей.- М.:Машинобудування, 1981, - 240с.
6. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: Підручник. — Київ: Фірма «ІНКОС», Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
7. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: Підручник для здобувачів вищої освіти / Д. П. Журавель, І. П. Паламарчук, С. М. Уманський, В. І. Паламарчук; за ред. Д. П. Журавля. – Київ: ЦП «Компринт», 2021. – 449 с.
8. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.
9. Ущільнення гідроциліндрів: <https://hydromarket.com.ua/ua/g60606496-uplotneniya-gidrotsilindrov>
- 10.Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник / В. Р. Кулінченко. — Київ: ІНКОС, Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.

11. Гідростанція: <https://aspectmash.com.ua/production/nasosnoe-oborudovanie/gidrostantsiya-komplektnyy-gidroprivod-rg48-3d722-02-i-zapchasti/>
12. Ущільнення поршня: <https://hydraulic.com.ua/63-47-18-4-k18-k18-063-047-1>
13. Каталог Kastas: <https://m-hydravlika.com.ua/pdf/kastas.pdf>
14. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с.
15. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
16. Волошин Д. І., Волошина Л. В. Організація та планування виробництва в умовах вагоноремонтних підприємств: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 1. – 145 с.
17. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
18. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.
19. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування : Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / О. У. Захаркін ; Сумський держ. ун-т. — Суми : Видавництво СумДУ, 2004. — 98 с
20. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.

21. <https://abplanalp.ua/verstat-gorizontavno-tokarnij-haas-st-10>
22. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/turning-tools/external-turning-tools/t-max-p>
23. Охорона праці в електроустановках [Текст] / В. Г. Іванов [та ін.]. – К. : Око, 1994. – 226 с.
24. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
25. <https://ukrpostachservis.com.ua/ua/g1029797-krugi-330>
26. <https://priem-loma.dp.ua/price/>

Додаток

Код керуючої програми для токарного верстату з ЧПК

%	N54 G1 X31.615
O5000(Поршень)	N55 G0 Z82.
N10 G21 (METRIC SYS)	N56 X29.601
N11 (MACHINE: ISO_TURN_METRIC)	N57 G1 Z60.6
N12 (SETUP:)	N58 X30.508 Z59.029
N13 G54	N59 X30.708 Z59.229
N14 G0 G28 U0 W0	N60 G0 Z82.
N15 T010101	N61 X28.996
N16 (OPERATION - FT-Контур7)	N62 G1 Z78.954
N17 G18	N63 X29.546 Z78.
N18 G99 G96 M3 S100	N64 G3 X29.6 Z77.8 I-0.346 K-0.2
N19 G50 S4000	N65 G1 X29.8
N20 G0 X34.315 Z84.	N66 G0 Z81.998
N21 Z81.1	N67 X28.238
N22 G1 X-0.4 F0.5	N68 G1 X27.238
N23 Z81.3	N69 X28.996 Z78.954
N24 G0 X34.315	N70 X29.196 Z79.154
N25 G1 Z80.2	N71 G99 G96 M3 S200
N26 X-0.4	N72 G50 S4000
N27 Z80.4	N73 G1 X30.076 Z79.662 F0.1
N28 G99 G96 M3 S200	N74 G0 X30.084
N29 G50 S4000	N75 Z81.993
N30 G1 Z81.174 F0.1	N76 X26.526
N31 G0 Z82.2	N77 G42 G1 X27.845 Z80.
N32 X34.307	N78 X29. Z78.
N33 Z80.	N79 Z60.694
N34 X34.304	N80 X30.815 Z57.55
N35 G1 X-0.4	N81 Z22.45
N36 Z82.	N82 G40 G1 Z21.65
N37 G0 X34.315	N83 X32.803 Z23.638
N38 (OPERATION - TR-Контур8)	N84 G0 X34.315
N39 G18	N85 Z82.
N40 G99 G96 M3 S200	N86 G0 G28 U0 W0
N41 G50 S4000	N87 T020201
N42 G99 G96 M3 S100	N88 (OPERATION - GR-Контур9)
N43 G50 S4000	N89 G18
N44 G0 X34.315 Z82.	N90 G99 G96 M3 S100
N45 X31.416	N91 G50 S4000
N46 G1 Z22.05 F0.5	N92 G0 X34.315 Z82.
N47 X32.315	N93 Z49.35
N48 X32.596 Z22.078	N94 X32.815
N49 G0 Z82.	N95 G1 X30.011 F0.1
N50 X30.508	N96 G0 X32.815
N51 G1 Z59.029	N97 Z49.338
N52 X31.361 Z57.55	N98 G1 X29.934
N53 G3 X31.415 Z57.35 I-0.346 K-0.2	N99 G0 X32.815

N100 Z46.606
N101 G1 X29.795
N102 G0 X32.815
N103 Z43.861
N104 G1 X29.795
N105 G0 X32.815
N106 Z42.988
N107 G1 X24.239
N108 G0 X32.815
N109 Z41.117
N110 G1 X24.1
N111 G0 X32.815
N112 Z38.372
N113 G1 X24.1
N114 G0 X32.815
N115 Z35.628
N116 G1 X24.1
N117 G0 X32.815
N118 Z32.883
N119 G1 X24.1
N120 G0 X32.815
N121 Z30.139
N122 G1 X29.795
N123 G0 X32.815
N124 Z27.394
N125 G1 X29.795
N126 G0 X32.815
N127 G99 G96 M3 S200
N128 G50 S4000
N129 G0 Z49.55
N130 X32.813
N131 G1 X29.411 F0.05
N132 X29.334 Z49.538
N133 X29.279 Z49.51
N134 X29.235 Z49.466
N135 X29.207 Z49.411
N136 X29.195 Z49.334
N137 Z43.58
N138 X29.168 Z43.445
N139 X29.081 Z43.314
N140 X28.95 Z43.227
N141 X28.815 Z43.2
N142 X23.716
N143 X23.639 Z43.188
N144 X23.584 Z43.16
N145 X23.54 Z43.116
N146 X23.512 Z43.061
N147 X23.5 Z42.984
N148 Z31.016
N149 X23.512 Z30.939
N150 X23.54 Z30.884
N151 X23.584 Z30.84
N152 X23.639 Z30.812
N153 X23.716 Z30.8
N154 X28.815
N155 X28.95 Z30.773
N156 X29.081 Z30.686
N157 X29.168 Z30.555
N158 X29.195 Z30.42
N159 Z24.666
N160 X29.207 Z24.589
N161 X29.235 Z24.534
N162 X29.279 Z24.49
N163 X29.334 Z24.462
N164 X29.411 Z24.45
N165 X32.803
N166 G0 X34.315
N167 Z82.
N168 G54
N169 G0 G28 U0 W0
N170 (MANUAL TOOL CHANGE)
N171 (TOOL - 5)
N172 (HOLDER -)
N173 (QUILL OPERATION - DRILL)
N174 M1
N175 (-----)
N176 G99 G97 M4 S1000
N177 (RETRACT QUILL)
N178 M1
N179 G0 G28 U0 W0
N180 (MANUAL TOOL CHANGE)
N181 (TOOL - 6)
N182 (HOLDER -)
N183 (QUILL OPERATION - DRILL-1)
N184 M1
N185 (-----)
N186 G99 G97 M4 S1000
N187 (RETRACT QUILL)
N188 M1
N189 G54
N190 G0 G28 U0 W0
N191 T030301
N192 (OPERATION - TR-Контур10)
N193 G18
N194 G99 G96 M3 S100
N195 G50 S4000
N196 G0 X35.115 Z82.
N197 X10.409
N198 G1 Z-5.8 F0.1
N199 G0 X10.209
N200 G1 X8.41
N201 G0 Z81.998

N202 X10.387
N203 G1 X11.387
N204 X10.424 Z78.404
N205 G2 X10.41 Z78.3 I0.386 K-0.104
N206 G1 Z0.9
N207 X10.412 Z0.865
N208 X10.819 Z-3.8
N209 X10.816 Z-4.083
N210 G99 G96 M3 S200
N211 G50 S4000
N212 G1 X8.861 Z-4.254 F0.05
N213 G0 X8.41
N214 Z82.
N215 X12.039
N216 Z81.995
N217 G41 G1 X11.412 Z80.
N218 X11.01 Z78.5
N219 Z1.5
N220 X11.403 Z-3.
N221 G40 G1 X11.44 Z-3.833
N222 X9.457 Z-4.007
N223 G0 Z82.
N224 X35.115
N225 G0 G28 U0 W0
N226 T040401
N227 (OPERATION - GR-Контур12)
N228 G18
N229 G99 G97 M3 S1000
N230 G0 X34.715 Z82.
N231 X9.621
N232 Z74.
N233 X10.325
N234 G1 X12.99 F0.05
N235 X13.007 Z73.997
N236 X13.01 Z73.98
N237 Z73.62
N238 X13.007 Z73.603
N239 X12.99 Z73.6
N240 X11.21
N241 Z73.61
N242 X9.683 Z73.8
N243 G0 X9.621
N244 Z82.
N245 X34.715
N246 G55
N247 G0 G28 U0 W0
N248 T010101
N249 (OPERATION - FT-Контур13)
N250 G18
N251 G99 G96 M3 S100
N252 G50 S4000
N253 G0 X34.315 Z87.1
N254 Z84.166
N255 G1 X8.555 F0.5
N256 G0 Z84.366
N257 X34.315
N258 G1 Z83.233
N259 X8.474
N260 G0 Z83.433
N261 X34.315
N262 G1 Z82.3
N263 X8.392
N264 Z82.5
N265 G99 G96 M3 S200
N266 G50 S4000
N267 G1 X8.254 Z84.08 F0.1
N268 G0 Z84.3
N269 X34.307
N270 Z82.1
N271 X34.304
N272 G1 X10.741
N273 Z84.1
N274 G0 X34.315
N275 (OPERATION - TR-Контур14)
N276 G18
N277 G99 G96 M3 S200
N278 G50 S4000
N279 G0 X34.315 Z84.1
N280 X31.41
N281 G1 Z59.566 F0.5
N282 X31.592 Z59.25
N283 X31.792
N284 G0 Z84.1
N285 X30.505
N286 G1 Z61.133
N287 X31.41 Z59.566
N288 X31.61 Z59.766
N289 G0 Z84.1
N290 X29.6
N291 G1 Z62.7
N292 X30.505 Z61.133
N293 X30.705 Z61.333
N294 G0 Z84.1
N295 X28.996
N296 G1 Z81.054
N297 X29.546 Z80.1
N298 G3 X29.6 Z79.9 I-0.346 K-0.2
N299 G1 X29.8
N300 G0 Z84.098
N301 X28.238
N302 G1 X27.238
N303 X28.996 Z81.054

N304 X29.196 Z81.254	N324 G0 X33.215 Z84.1
N305 G99 G96 M3 S100	N325 X9.621
N306 G50 S4000	N326 Z76.1
N307 G1 X30.076 Z81.762 F0.05	N327 X10.295
N308 G0 X30.084	N328 G1 X12.99 F0.05
N309 Z84.093	N329 X13.007 Z76.097
N310 X26.526	N330 X13.01 Z76.08
N311 G42 G1 X27.845 Z82.1	N331 Z75.72
N312 X29. Z80.1	N332 X13.007 Z75.703
N313 Z62.794	N333 X12.99 Z75.7
N314 X30.815 Z59.65	N334 X11.21
N315 G40 G1 X30.961 Z59.104	N335 Z75.71
N316 X32.711 Z56.074	N336 X9.683 Z75.9
N317 G0 Z84.1	N337 G0 X9.621
N318 X32.815	N338 Z84.1
N319 G0 G28 U0 W0	N339 X33.215
N320 T040401	N340 G0 G28 U0 W0
N321 (OPERATION - GR-Контур15)	N341 M30
N322 G18	%
N323 G99 G97 M3 S1000	