

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**Модернізація лінії для ламінування плит з розробкою
технології виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра»**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Гардізон Владислав Андрійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Полінкевич Роман Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки
Ступінь вищої освіти: магістр
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Гардізона Владислава Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *«Модернізація лінії для ламінування плит з розробкою технології виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра»»*, керівник кваліфікаційної роботи магістра Полінкевича Романа Миколайовича к.т.н., доц. каф. ПМіМ затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023 р. № 452/01-02.

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики, технічна документація по пресувальному обладнанні, креслення вузлів преса-аналога, конструкторська документація, нормативні дані.

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

1. Аналіз літературних джерел щодо роботи лінії для ламінування плит. 2. Розробка нової конструкції силових гідроциліндрів. 3. Технологія виготовлення корпусу гідроциліндра. Висновки по роботі. Список використаних джерел.

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

Загальне складальне креслення силового гідроциліндра – 1л. ф.А1. Креслення пристрою – 1л. ф.А1. Креслення корпусу гідроциліндра 1-3л. ф.А2. Карта наладки на верстатні операції 1л. ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

03.09.2024 р.

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Загальна характеристика лінії ламінування та технологія виробництва ДСП</i>	<i>15.09.24</i>	
2.	<i>Розробка нової конструкції силових гідроциліндрів</i>	<i>05.10.24</i>	
3.	<i>Технологія виготовлення корпусу гідроциліндра</i>	<i>25.10.24</i>	
4.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>10.11.24</i>	
5.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.24</i>	
	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.24</i>	

Студент

(підпис)Гардізон В.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Полінкевич Р.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гардізон В.А. Модернізація лінії для ламінування плит з розробкою технології виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра». – Рукопис.

Атестаційна магістерська робота на здобуття кваліфікації магістра із спеціальності 131 – Прикладна механіка. – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2024.

Робота присвячена питанням модернізації лінії для ламінування плит, зокрема гідравлічного пресу. В роботі проводився аналіз гідравлічної схеми прес та визначення слабких місць. Було розроблено технологічний процес виготовлення корпусу гідроциліндра. Розроблена графічна частина та технологічна документація.

Ключові слова: прес, гідравлічна схема, лінія для ламінування плит, техпроцес, кондуктор, гідроциліндр, корпус гільзи.

ANNOTATION

Gardizon V.A. Modernization of the plate lamination line with the development of the manufacturing technology of the part “Hydraulic cylinder housing”. – Manuscript.

Certification master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 131 - Applied Mechanics - Lutsk National Technical University. – Lutsk, 2024.

The work is devoted to the issues of modernization of the plate lamination line, in particular the hydraulic press. The work analyzed the hydraulic press circuit and identified weaknesses. The technological process for manufacturing the hydraulic cylinder housing was developed. The graphic part and technological documentation were developed.

Keywords: press, hydraulic circuit, plate lamination line, process, conductor, hydraulic cylinder, sleeve housing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЇ ЛАМІНУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДСП	8
1.1 Технологія виробництва ДСП.....	8
1.2 Опис функціональної лінії ламінування.....	9
1.3 Гідравлічна схема лінії.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ СИЛОВИХ ГІДРОЦИЛІНДРІВ.....	15
2.1. Основи конструкції силових гідроциліндрів.....	15
2.2. Розрахунок деформації корпусу гільзи внаслідок теплової дії на нього та розрахунок посадок під ущільнення.....	16
2.3. Розрахунок допусків розмірів канавок під ущільнення.....	23
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ГІДРОЦИЛІНДРА.....	30
3.1. Характеристика і конструктивний аналіз деталі.....	30
3.2 Обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра».....	31
3.3. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	36
3.4. Визначення режимів різання для верстатних операцій.....	46
3.5. Розробка технологічного процесу розбирання та складання силових гідроциліндрів.....	56
3.6. Вибір норм часу при виконанні слюсарних операцій.....	59
3.7. Вибір норм часу на верстатні операції.....	60
3.8. Складання виробу на нормування складальних операцій.....	63
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	65
4.1. Розрахунок сили затиску самоцентруючого патрона.....	65
4.2. Опис конструкції пристосування.....	67
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні багато промислових підприємств хотіли б замінити зношене і морально застаріле обладнання на нове, сучасне. З метою забезпечення безперервного потоку виробництва, потрібно здійснювати планові технічні огляди та ремонти обладнання, його модернізацію. Правильна організація ремонтних служб, строге дотримання плану технічного обслуговування дозволить підтримувати все обладнання на виробництві у належному стані та працездатності. Постійне оновлення та модернізація автоматичних ліній дозволяє пришвидшити та збільшити обсяг продукції що випускається на виробництві. У зв'язку з цим актуальними є рішення щодо відновлення, реконструкції або модернізації такого устаткування.

Провівши аналіз обладнання, було вирішено провести модернізацію конструктивно-технологічних параметрів пресу автоматичної лінії ламінування плит, що і стало основним завданням магістерської роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою випускної роботи є вивчення процесу роботи автоматичної лінії ламінування плити, виявлення недоліків в її роботі та методи їх усунення.

Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- 1) провести аналіз роботи автоматичної лінії ламінування плити;
- 2) виявити та проаналізувати недоліки в роботі автоматичної лінії ламінування;
- 3) модернізувати прес ламінування;
- 4) розробити техпроцес виробництва силових гідроциліндрів преса ламінування.

Об'єкт дослідження. Автоматична лінія ламінування плити.

Предмет дослідження. Прес автоматичної лінії ламінування плити.

Методи дослідження. При виконанні роботи комплексно застосовувались теоретичні та практичні методи дослідження.

Наукова новизна:

- проаналізовано та виявлено недоліки в роботі автоматичної лінії ламінування;
- модернізовано силові гідроциліндри преса ламінування;
- оптимізовано технологічний процес виготовлення деталі «Корпус циліндра».

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які становлять суть магістерської роботи, висновки і рекомендації належать автору, який визначив мету і поставив задачі досліджень, провів весь комплекс досліджень щодо модернізації автоматичної лінії ламінування плит.

Апробація отриманих результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися і обговорювалися на наукових семінарах кафедри прикладної механіки, IV студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”, 15-16 листопада 2024 р., ЛНТУ.

Публікації по роботі. Основні положення та результати магістерської роботи опубліковано у матеріалах і тезах IV студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку джерел та додатків. Зміст роботи викладений на 72 сторінках машинописного тексту, ілюструється 11 рисунками та 11 таблицями. Додатки складають 17 сторінок. Список використаних джерел складає 27 найменування.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЇ ЛАМІНУВАННЯ

1.1 Опис функціональної схеми лінії ламінування

Лінія використовується для покриття деревостружкової плити ламінувальною плівкою. На рисунку 1.1 зображено загальний вигляд лінії ламінування деревостружкової плити.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд лінії ламінування

Лінія ламінування ДСП складається з безлічі основних і допоміжних систем, що забезпечують транспортування, позиціонування, підтримку необхідних температур, пресування, сортування готової продукції.

Лінія складається з наступних ділянок:

1. Подача плит – ділянка забезпечує безперервну автоматичну подачу плит з стопки в зону формування пакета;
2. Подача та зберігання паперу – ділянка забезпечує подачу паперу в зону формування пакету, а також завантаження – вивантаження палет з папером;
3. Формування пакета – на ділянці виробляється формування пакету «папір – плита – папір» з досягненням необхідної точності укладання паперу

щодо плит;

4. Пресування – на ділянці виробляється пресування готових пакетів відповідно до заданої програми: час, температура, тиск;

5. Кромкоочистка, транспортування підкладок та сортування готової продукції.

Передбачені окремі режими роботи для кожної ділянки лінії.

До складу лінії входить два операторських пульта – один для контролю та управління формуванням пакетів і їх пресуванням, інший – для сортування готової продукції та контролю за подачею плит.

Лінія працює за допомогою різнотипного гідравлічного та пневматичного обладнання, та інтегрованих конвеєрних ліній.

Пресування являється основним етапом у процесі формування ламінованої плити, під час якого відбувається склеювання плівки з зовнішніми шарами плити. Процес склеювання відбувається одночасно по всій поверхні плити за рахунок великої площі траверси преса. Опускання траверси відбувається за допомогою шести силових гідроциліндрів. Також в установці преса присутні додаткові гідроциліндри призначені для піднімання траверси преса.

1.2 Гідравлічна схема лінії

На гідравлічній схемі лінії зображено система керування роботою гідравлічного обладнання преса для ламінування. Для забезпечення роботи гідросистеми лінії потрібна низка таких пристроїв як гідроциліндри, гідро баки, гідравлічні розподільники, дроселі, вентилі, запобіжні клапани, редуктори тиску, гідравлічні акумулятори, масляні фільтри, реле тиску, двигуни та насоси, ручні, механічні та електромагнітні органи управління, пристрої для вимірювання тиску в системі.

Гідравлічні розподільники – це гідроапарат, призначений для зміни напрямку потоку робочої рідини (газу) у двох чи більше лініях залежно від

зовнішньої керуючої дії.

Гідродросель – це пристрій у вигляді клапана (заслінки) для регулювання тиску рідини в трубопроводах.

Запобіжний клапан – це гідроклапан, призначений для захисту від механічного руйнування обладнання і трубопроводів надлишковим тиском, шляхом автоматичного випуску надлишку рідкого чи газоподібного середовища з систем і посудин з тиском, що перевищив встановлене значення.

Масляний фільтр (фільтр оливи) – фільтр, що призначений для видалення забруднень з моторних і трансмісійних оливок, мастил або робочих рідин гідроприводів.

Реле тиску – пристрій, призначений для подання сигналу після того, як тиск робочого середовища досягне заданої значення.

Насос – гідравлічна машина, призначена для створення потоку рідкого середовища, яка перетворює механічну енергію приводу насоса у кінетичну енергію та енергію тиску рідини. Робота насоса характеризується його подачею, напором, потужністю, коефіцієнтом корисної дії та частотою обертання.

Гідробак (гідравлічний бак) – це вид допоміжного гідро-устаткування, котре призначене для зберігання робочої рідини та живлення нею гідроприводу.

Гідродросель – гідроапарат-керування витратою шляхом створення опору потокові робочого середовища у системах.

Гідравлічний опір створюється за рахунок зміни прохідного перетину потоку рідини. Зміною гідравлічного опору дроселя створюється необхідний перепад тиску на тих чи інших елементах гідросистем, а також змінюється величина потоку рідини, що проходить через дросель.

Регульований дросель – це такий дросель, у якого площу його прохідного перетину можна змінювати шляхом впливу на його запірно-регулюючий елемент ззовні у процесі його роботи.

Поширеним елементом гідравлічних схем є дросель із зворотним

клапаном що призначений для обмеження та регулювання подачі робочої рідини в одному напрямку і вільного її пропускання в іншому.

На гідравлічній схемі лінії відображено пристрої які забезпечують роботу гідроциліндрів преса для ламінування деревостружкової плити.

Для забезпечення роботи преса, на ньому встановлені силові гідроциліндри які опускають траверсу преса, після того як основні гідроциліндри спрацювали, з витримкою в декілька секунд спрацьовують гідроциліндри які піднімають траверсу преса. Гідравлічна система опускання та піднімання преса являється замкнутою та має три джерела живлення, а саме регульовані насоси Н1, Н2 з вихідним тиском 40МПа та 20МПа і гідроакумулятор А1 для накопичення та вирівнювання рівномірності тиску в гідросистемі.

Процес пресування починається ввімкненням двигуна який приводить в рух насос Н2 для створення тиску в системі. Гідравлічна рідина проходить через масляний фільтр Ф2, після чого потрапляє до чотирьохлінійного трьохпозиційного золотникового гідравлічного розподільника з пружинним центруванням ГЗР1, який управляє гідро-замками силових гідроциліндрів ГЗП1-ГЗП6 та забезпечує потрапляння рідини під тиском в порожнини силових гідроциліндрів ЦС1-ЦС6, після чого відбувається їхнє опускання. Для запобігання гідравлічного удару відбувається дроселювання потоку рідини за допомогою регульованого дроселя із зворотнім клапаном ДР2 дроселювання потоку рідини відбувається тільки в одному напрямку, цей механізм забезпечує повільне опускання преса та створюється гідравлічна подушка за допомогою підйомних гідроциліндрів преса ЦП1-ЦП4 в які вже під час процесу опускання силових гідроциліндрів починає потрапляти рідина під тиском. Такий захист створено за рахунок різниці ходу штоків гідроциліндрів підйому та опускання. Контроль за рівномірною подачею тиску від насосу до гідросистеми здійснює електронна система управління DRG, у сукупності з редукційним клапаном КП4 на 26МПа. За рівномірною подачею тиску рідини для відкривання зливних клапанів силових гідроциліндрів слідкує редукційний клапан РТ1 з

гідравлічним дистанційним управлінням, та дросель ДР1

Після завершення процесу опускання, спрацьовують гідроциліндри піднімання траверси пресу ЦП1-ЦП4, для забезпечення їхньої роботи використовується чотирьох лінійний двохпозиційний гідро-розподільник з електромагнітним управлінням та пружиною зворотного ходу ГЗР2. Контроль рівномірності тиску в гідросистемі підйомних гідроциліндрів служить запобіжний клапан непрямої дії з забезпеченням дистанційного управління КП2. Для швидкого підйому преса служить пневмо-гідравлічний акумулятор балонного типу А1

Балонний гідроакумулятор – найпоширеніший тип акумулятора розрахований середні витрати в гідроприводу швидкої дії. Як роздільник середовища використовується гумовий балон. Спочатку балон знаходиться під тиском газу. Рідинна порожнина з'єднана з системою. При збільшенні тиску в системі, балон стискається, вбираючи в акумулятор деяку кількість рідини. При зменшенні тиску стиснений газ витісняє рідину назад в систему. Встановлюються зазвичай вертикально або горизонтально. Порожнина рідини повинна знаходитися знизу.

На шляху живлення робочих порожнин гідроциліндрів підйому преса встановлено гідро-замок. Його відривання здійснюється за допомогою гідравлічного розподільника ГЗР4, контроль тиску здійснює реле тиску ЛР3. Для запобігання аварійним ситуаціям перед гідро-замком встановлено запобіжний клапан з дистанційним управлінням КП8, максимальний бар'єр спрацювання для якого становить 18 МПа, номінальний тиск в гідросистемі не повинен перевищувати 15 МПа.

Рівномірність піднімання траверси пресу забезпечується системою гідравлічної синхронізації, яка інтегрована в гідроциліндри підйому. Синхронізація відбувається за рахунок потрапляння однакової кількості рідини у всі порожнини гідроциліндрів синхронізуючої частини. Система є замкнутою із сталим тиском який надає їй насос Н1, внаслідок втрати тиску вона компенсується гідравлічним акумулятором. Контроль за рівномірністю тиску

здійснюють реле тиску ЛР1, ЛР2. Перемикання між режимами опускання та піднімання здійснюється гідравлічними розподільниками ГЗР5, ГЗР6. Утримання рідини в гідравлічних порожнинах здійснюється зворотними клапанами К1-К8.

Візуальний контроль над тиском в гідросистемі можна здійснювати за допомогою манометрів М1-М3. Гідравлічна рідини знаходиться в гідро-бакові закритого типу.

1.3 Основні недоліки роботи лінії

Основним недоліком преса є швидкий знос ущільнень притискних гідроциліндрів, відбувається підтікання масла через ущільнення що зумовлює втрату тиску в порожнині гідроциліндра, змінюється сила притискання по всій поверхні траверси преса. Також підтікання гідравлічної рідини, може спровокувати її попадання на поверхню ламінованої ДСП, що може відобразитись на якості її покриття.

Втрата тиску в гідроциліндрах може призвести до перекосу траверси преса, що зумовить появу надломів на деревостружковій плиті а також появи задирів та рисок на поверхні штоків гідроциліндра. Частий знос ущільнень потребує постійного технічного обслуговування, що потребує зупинку лінії на 2-3 дні, один день потрібен на охолодження преса, та 2 на розбирання та заміну ущільнень або штоків вартість яких є дуже висока. Це зумовлює значні економічні втрати на виробництві.

Температура гідроциліндрів по всій поверхні не є рівномірною.

Наприклад на поверхні гідроциліндра може бути температура 20° в штоковій порожнині вона може досягати до 100° . Екскрузійний знос ущільнень може виникати через неправильно визначені посадки під ущільнення в штоковій порожнині. Було прийнято встановити більш зносостійкі ущільнення для даного діапазону температур і внутрішнього тиску здійснити повторний розрахунок розрахунок деформації корпусу, та розрахунок посадок для ущільнень і визначити

основну причину такого зносу, та виготовити новий гідроциліндр рисунок 1.2.



Рисунок 1.2 – Слові гідроциліндри

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЙ СИЛОВИХ ГІДРОЦИЛІНДРІВ

2.1 Основи конструкції силових гідроциліндрів

Для виготовлення нових силових гідроциліндрів, за основу було взято типорозміри гідроциліндрів попередньо встановлених виробником лінії ламінування RAUTE а саме силові гідроциліндри плунжерного типу. Для виготовлення нових типів складальних одиниць було замінено розміри посадочних поверхонь гідроциліндрів а саме, гільза-ущільнення, та виконано попередній розрахунок деформації корпусу гільзи гідроциліндрів для визначення правильних посадок під ущільнення що б зазор який утвориться при деформації гільзи був допустимим для даного типу ущільнень. Так як попередні дослідження показали що на швидкий знос ущільнень впливає надмірне збільшення зазору між поршнем і гільзою, внаслідок теплової деформації корпусу, також на поверхні поршня силового гідроциліндра та направляючих гільзи було вирішено перевірити за допомогою профілометра відповідність шорсткості робочої поверхні гідроциліндра на відповідність до вимог що ставить виробник ущільнень, та було визначено значне відхилення від номінальної шорсткості основної поверхні поршня, та внутрішніх направляючих, що відіграло важливу роль в розробці технологічного процесу виготовлення нових гідроциліндрів.

Силовий гідроциліндр складається із основного корпусу (гільзи) 1, поршня 5, бронзових направляючих 2, 3 між якими встановлено нові ущільнення шевронного типу 4, бронзові направляючі фіксуються фланцевим з'єднанням 7, та герметизуються термостійкими ущільненнями. На поверхні корпусу гідроциліндра знаходяться спеціальні монтажні вуха за допомогою яких силові гідроциліндри кріпляться до рами ламінувального преса. Також в комплект складальної одиниці входять установочні фланці 6,9 та гідрозамок 8 за допомогою якого гідроциліндр під'єднується до загальної гідросистеми. Хід

поршня гідроциліндра становить 250 мм, швидкість руху поршня гідроциліндра становить 150 мм/с. Робочий тиск силового гідроциліндра становить 28,5 МПа.

Конструкція силового гідроциліндра зображено на рисунку 2.1.

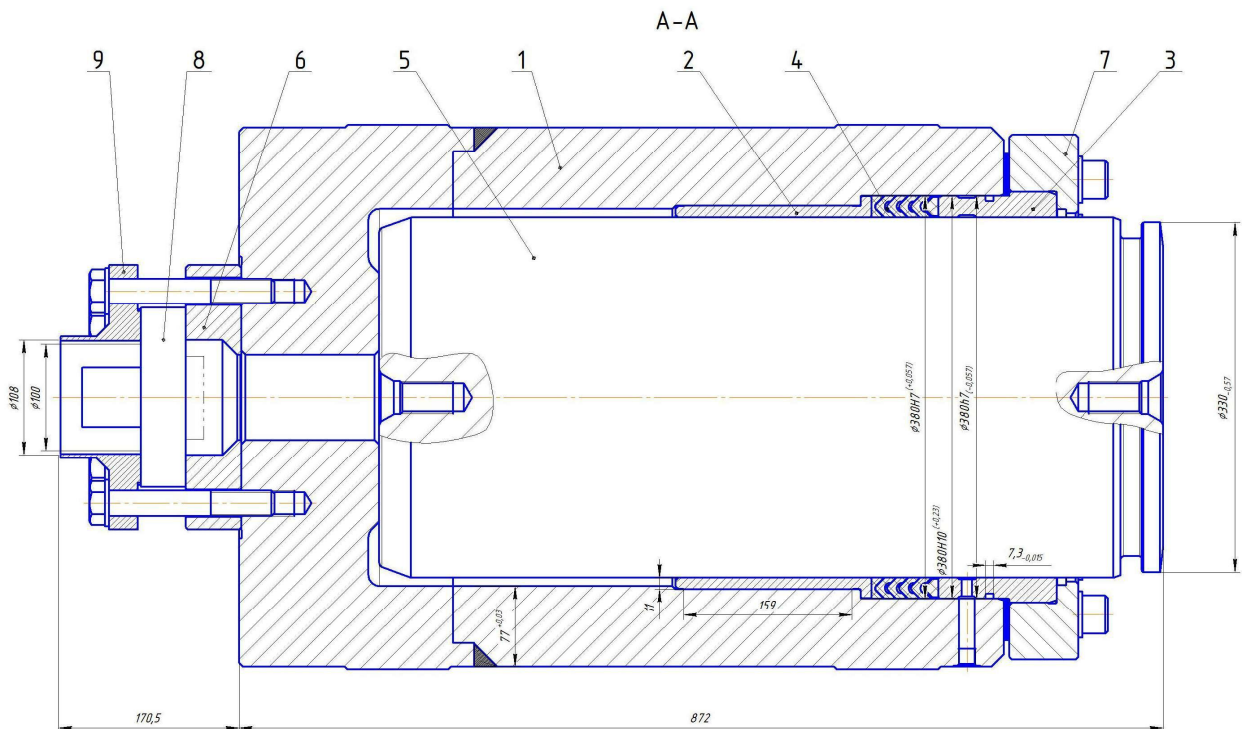


Рисунок 2.1 – Конструкція силового гідроциліндра

2.2 Розрахунок деформації корпусу гільзи

в наслідок теплової дії на нього та розрахунок посадки під ущільнення

Вихідними даними для розрахунку є силові параметри гідроциліндра та геометричні параметри гільзи гідроциліндра а саме:

Найменший тиск в гідроциліндрі: $P_{\min} = 0$ МПа;

Найбільший тиск в гідроциліндрі $P_{\max} = 28,5$ МПа;

Діаметр посадочної поверхні гільзи під ущільнення $d=380$ мм;

Зовнішній діаметр гільзи $d_2=510$ мм

Для подальшого розрахунку також потрібно враховувати температурні режими в яких знаходиться гільза гідроциліндра:

Температура при вимірі (контролі) $t_{nom} = 20^{\circ}C; = 293,15K$

Найменша температура гільзи при роботі $t_{min} = 0^{\circ}C = 273,15K$

Найбільша температура гільзи при роботі $t_{max} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} = 373,15\text{K}$

Матеріал деталі “Корпус” є сталь 30ХГСА ДСТУ 7806:2015. Легована конструкційна сталь. Хімічний склад цієї сталі приводимо в таблиці 2.1, механічні властивості в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 30ХГСА ДСТУ 7806:2015

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
не більше							
0,3	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8-1,1	0,3	0,3	0,025	0,025

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 30ХГСА ДСТУ 7806:2015

Твердість НВ	Границя текучості σ_m , МПа	Границя міцності σ_b , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Модуль нормальної прожності E_2 , Па
212-248	490	655	16	45	$2,15 \times 10^{11}$

Модуль пружності при зсуві $G_2 = 8,4 \times 10^{10}$ Па.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення $\alpha_2 = 11,7 \times 10^{-6} \frac{1}{K}$.

Щільність матеріалу $\rho_2 = 7850$ кг/м³.

Коефіцієнт Пуассона матеріалу гільзи:

$$\nu^2 = \frac{E^2}{2 \times G^2} - 1 = 0,28 \quad (2.1)$$

Технологічні властивості сталі 30ХГСА.

Температура кування: початок 1250^o кінець 800 ^oC січенням до 50 мм охолоджується на повітрі.

Зварюваність обмежена, Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, АрДС, ЕШС. Рекомендується підігрів і подальша термообробка, КТС без обмежень. Оброблюється різанням в горячекатаному стані при НВ 207....217;

$$\sigma_s = 710 \text{ МПа};$$

$$k_{vme} = 0,85; k_{vd} = 0,75.$$

Визначимо зміни розмірів гільзи при зміні температури.

Зміна діаметра посадочної поверхні гільзи при зміні температури розраховується із залежності:

$$\delta_t = d_2 \times \alpha_2 (t_\partial - t_{ном}), \quad (2.2)$$

де d_2 – діаметр гільзи;

α_2 – температурний коефіцієнт лінійного розширення;

$t_{ном}$ – температура гільзи при вимірюванні;

t_∂ – температурний показник режиму нагрівання (t_{max}, t_{min}).

Зміна розміру посадочної поверхні гільзи при зміні температури від номінальної до найменшої робочої (t_{min}):

$$\delta_t = 380000 \times 11,7 \times 10^{-6} (273,15 - 293,15) = -88,92 \text{ мкм.}$$

Зміна розміру посадочної поверхні гільзи зміні температури від номінальної до найбільшої робочої (t_{max}).

$$\delta_{t2} = 380000 \times 11,7 \times 10^{-6} (373,15 - 293,15) = 355,68 \text{ мкм.}$$

Визначення розмірів гільзи при зміні тиску в порожнині гідроциліндра. Розподіляють (в залежності від діаметра) радіальних напружень в гільзі при найбільшому тиску впливає із такої залежності:

$$\sigma_{r\max} = \frac{P_{\max} \times d^2}{d_2^2 - d^2} - \frac{P_{\max} \times d^2 \times d_2^2}{(d_2^2 - d^2) \times d_2^2}, \quad (2.3)$$

де P_{\max} – найбільший тиск в гідроциліндрі;

d – діаметр посадочної поверхні гільзи під ущільнення;

d_2 – зовнішній діаметр гільзи;

d_2 – діаметр гільзи (d, d_2).

Радіальні напруження на внутрішній поверхні гільзи (d):

$$\sigma_{r\max} = \frac{28,5 \times 380^2}{510^2 - 380^2} - \frac{28,5 \times 380^2 \times 510^2}{(510^2 - 380^2) \times 380^2} = -28,5 \text{ МПа.}$$

Радіальні напруження на зовнішній поверхні гільзи (d_2):

$$\sigma_{r2\max} = \frac{28,5 \times 380^2}{510^2 - 380^2} - \frac{28,5 \times 380^2 \times 510^2}{(510^2 - 380^2) \times 510^2} = 0 \text{ МПа.}$$

Графік залежності радіальних напружень на внутрішній поверхні гільзи зображено на рисунку 2.2.

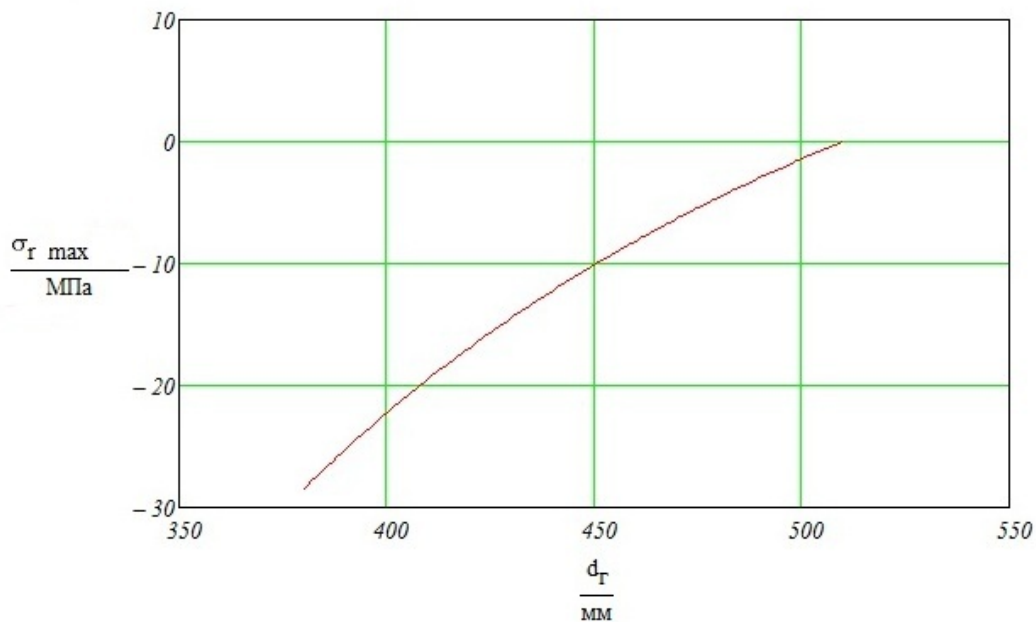


Рисунок 2.2 – Залежність радіальних напружень від діаметра гільзи

Розподілення тангенціальних напружень (в залежності від діаметра) в гільзі при найбільшому тиску в гідроциліндрі визначаються згідно формули:

$$\sigma_{\theta\max} = \frac{P_{\max} \times d^2}{d_2^2 - d^2} + \frac{P_{\max} \times d^2 \times d_2^2}{(d_2^2 - d^2) \times d_2^2}, \quad (2.4)$$

де P_{\max} – найбільший тиск в гідроциліндрі;

d – діаметр посадочної поверхні гільзи під ущільнення;

d_2 – зовнішній діаметр гільзи;

d_e – діаметр гільзи (d, d_2).

Тангенціальні напруження на внутрішній (посадочній) поверхні гільзи (d):

$$\sigma_{\theta\max} = \frac{28,5 \times 380^2}{510^2 - 380^2} + \frac{28,5 \times 380^2 \times 510^2}{(510^2 - 380^2) \times 380^2} = 99,639 \text{ МПа.}$$

Тангенціальні напруження на зовнішній поверхні гільзи (d_2):

$$\sigma_{\theta 2\max} = \frac{28,5 \times 380^2}{510^2 - 380^2} + \frac{28,5 \times 380^2 \times 510^2}{(510^2 - 380^2) \times 510^2} = 71,139 \text{ МПа.}$$

Графік залежності радіальних напружень на внутрішній поверхні гільзи зображено на рисунку 2.2.

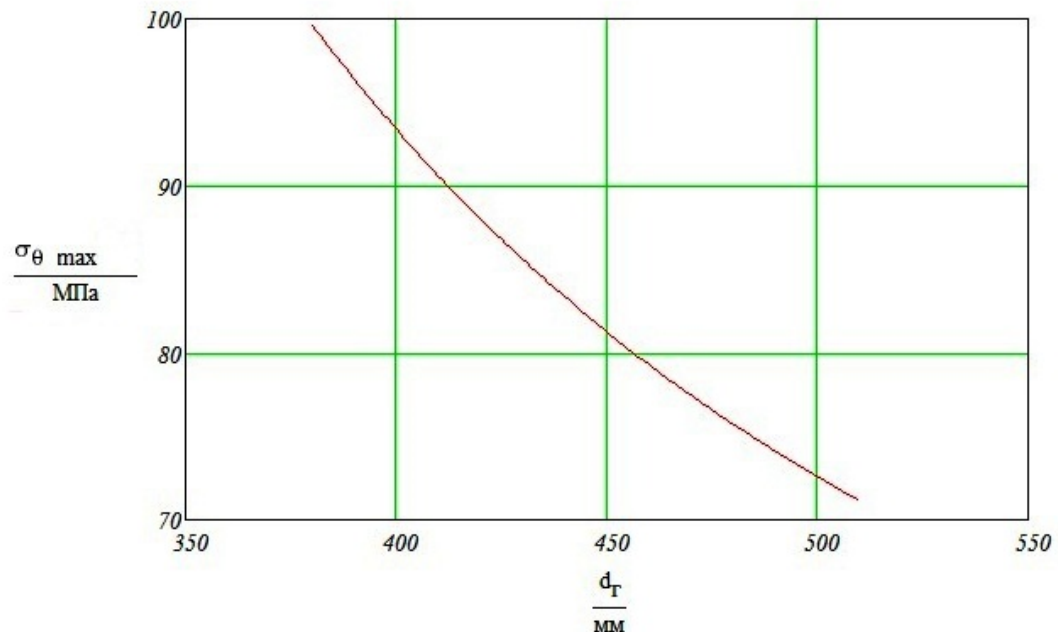


Рисунок 2.3 – Залежність тангенціальних напружень від діаметра гільзи

Розподілення (в залежності від діаметра) еквівалентних напружень в гільзі при найбільшому тиску в гідроциліндрі визначається із такої залежності:

$$\sigma_{e\max} = \sigma_{\theta\max} - \sigma_{r\max}, \quad (2.5)$$

де $\sigma_{r\max}$ – радіальні напруження в гільзі, МПа;

$\sigma_{\theta\max}$ – тангенціальні напруження в гільзі, МПа.

Еквівалентне напруження на внутрішній (посадочній) поверхні гільзи (d):

$$\sigma_{e\max} = 99,639 - (-28,5) = 128,139 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження на зовнішній поверхні гільзи (d_2):

$$\sigma_{e2\max} = 71,139 - 0 = 71,139 \text{ МПа.}$$

Графік залежності радіальних напружень на внутрішній поверхні гільзи зображено на рисунку 2.4.

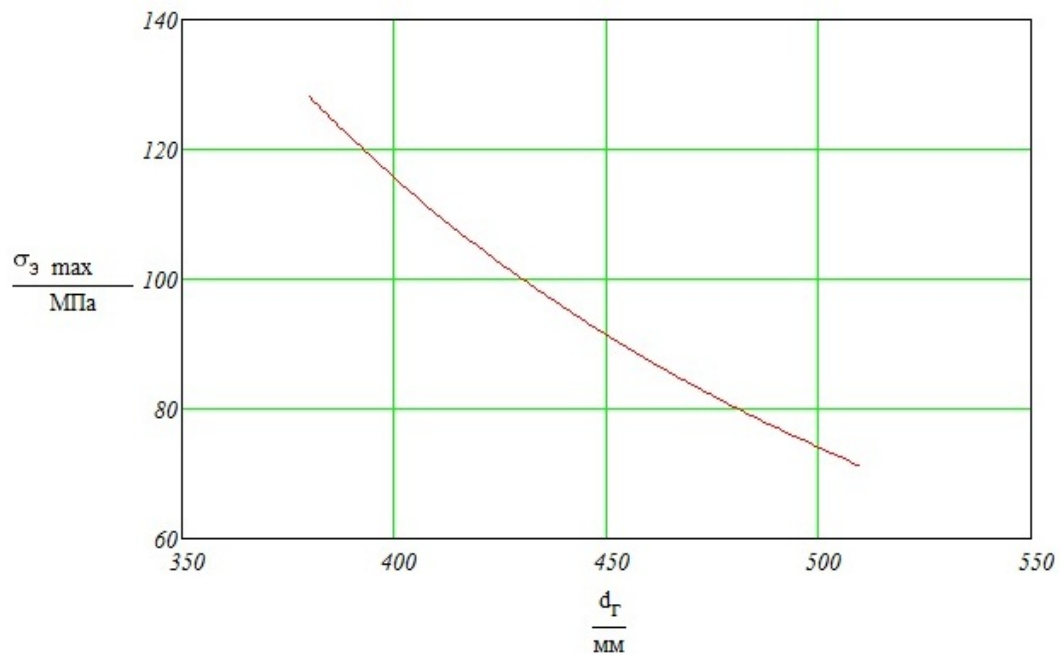


Рисунок 2.4 – Залежність тангенціальних напружень від діаметра гільзи

Умова жорсткості виконана, так як еквівалентні напруження менші межі текучості матеріалу охоплюючої деталі $\sigma_m=490$ МПа.

Виконуємо визначення розмірів гільзи.

Приймаємо поле допуску посадочної поверхні по Н6.

Верхнє відхилення розміру посадочної поверхні:

$$ES = TD + EI, \quad (2.6)$$

де TD – допуск розміру поверхні гільзи під ущільнення, $TD=36$ мкм;

EI – нижнє відхилення розміру посадочної поверхні, $EI=0$ мкм.

$$ES = 36 + 0 = 36 \text{ мкм.}$$

Найменший розмір посадочної поверхні гільзи при зборці і контролі:

$$D_{min} = d + EI, \quad (2.7)$$

де d – внутрішній діаметр гільзи, мм;

EI – нижнє відхилення розміру посадочної поверхні, мкм.

$$D_{min} = 380 + 0 = 380 \text{ мм.}$$

Найбільший розмір посадочної поверхні гільзи при збиранні і контролі:

$$D_{max} = d + ES, \quad (2.8)$$

$$D_{max} = 380 + 0,036 = 380,036.$$

Зміна розміру посадочної поверхні при найбільшому тиску в

гідроциліндрі визначається за формулою:

$$\delta_{\max} = \frac{D_{\max} \times (\sigma_{\theta \max} - \nu_2 \times \sigma_{r \max})}{E_2}, \quad (2.9)$$

де D_{\max} – найбільший розмір посадочної під ущільнення, мкм;

$\sigma_{\theta \max}$ – тангенціальні напруження на внутрішній поверхні гільзи, МПа;

$\sigma_{r \max}$ – радіальні напруження на внутрішній поверхні гільзи, МПа;

E_2 – модуль нормальної пружності матеріалу, МПа;

ν_2 — коефіцієнт Пуансона.

$$\delta_{\max} = \frac{380036 \times (99,639 - 0,28 \times (-28,5))}{215000} = 190,21662 \text{ мкм.}$$

Найбільший розмір посадочної поверхні під ущільнення при найбільшому тиску в гідроциліндрі визначається згідно формули:

$$d_{\max} = D_{\max} + \delta_{\max} + \delta_{t2}, \quad (2.10)$$

де D_{\max} – найбільший діаметр посадочної поверхні гільзи при зборці та контролі;

δ_{\max} – величина зміни розміру посадочної поверхні під ущільнення при найбільшому тиску в гідроциліндрі;

δ_{t2} – зміна розміру посадочної поверхні при зміні температури від номінальної до найбільшої робочої .

$$d_{\max} = 380,036 + 0,19021662 + 0,35568 = 380,58 \text{ мм.}$$

Аналізуємо можливий зазор при максимальній деформації гільзи згідно графіка виробника ущільнень «Економус – Україна SKF» рисунок 2.5.

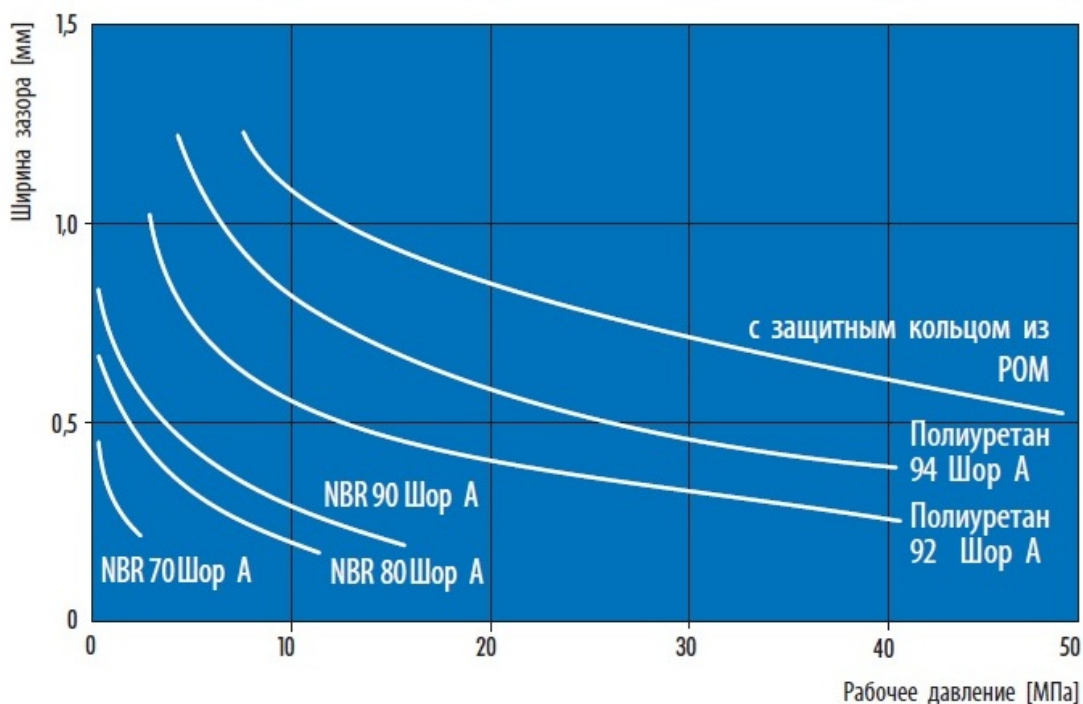


Рисунок 2.5 – Графік залежності зазору посадочного місця гільзи від матеріалу ущільнень

При аналізі демонтованих гідроциліндрів було визначено значні відхилення в допусках розмірів посадочних поверхонь ущільнень та невідповідність нормам та вимогам виробника, та прийнято виготовити нові силові гідроциліндри згідно розрахованих допусків, для ущільнень шевронного типу з опорним кільцем із поліацеталю марки POM PO202, як видно із графіку ущільнення даного типу повністю придатне для роботи в гідроциліндрах із значною деформацією посадочної поверхні під ущільнення, яка складає більше 0,5 мм для номінального тиску в системі 30 МПа.

2.3 Розрахунок допусків розмірів канавок під ущільнення

При складанні гідроциліндра необхідно забезпечити точність ширини канавки під ущільнення з метою гарантувати його роботу спроможність. Потрібно призначити допуски на розміри деталей для забезпечення повної взаємозамінюваності. Схему розмірного ланцюга зображено на рисунку 2.6.

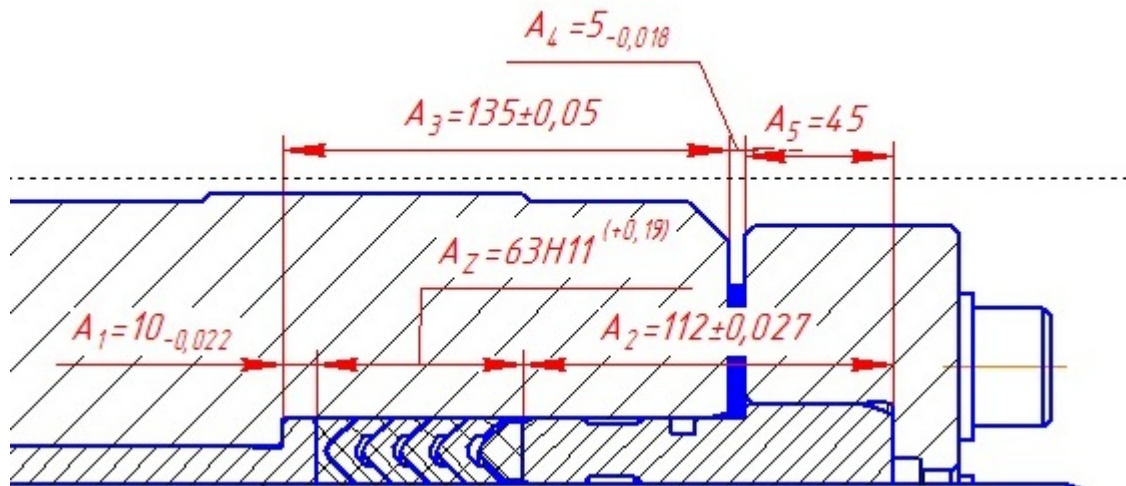


Рисунок 2.6 – Розмірний ланцюг для канавки під ущільнення

Довжина канавки для ущільнення S1012 (замикаюча ланка складального розмірного ланцюга) $A_z=63$. Розрахунок здійснюємо згідно рекомендацій.

Зменшені ланки:

висота буртика деталі втулка $A_1=10$ мм;

довжина деталі втулка $A_2=112$ мм.

Збільшені ланки:

довжина уступу вузла деталі корпус $A_3=135$ мм;

товщина пакету прокладок $A_4=5$ мм;

глибина уступу деталі кришка $A_5=45$ мм.

Визначимо квалітети допусків розмірів розмірного ланцюга.

Середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_1 :

$$D_1 = \sqrt{D_{1\min} + D_{1\max}}, \quad (2.11)$$

де $D_{1\min}$ – крайнє мінімальне значення номінального розміру для ділянки A_1 , $D_{1\min} = 6$ мм;

$D_{1\max}$ – крайнє максимальне значення номінального розміру для ділянки A_1 , $D_{1\max}=10$ мм.

$$D_1 = \sqrt{6 \times 10} = 7,746 \text{ мм.}$$

Величина одиниці допуску для ланки A_1 :

$$i_1 = 0,45 \times \sqrt[3]{D_1} + 0,001 \times D_1, \quad (2.12)$$

де, D_1 – середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_1 , мм.

$$i_1 = 0,45 \times \sqrt[3]{7,746} + 0,001 \times 7,746 = 0,898 \text{ мм.}$$

Середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_2 :

$$D_2 = \sqrt{D_{2\min} + D_{2\max}}, \quad (2.13)$$

де $D_{2\min}$ – крайнє мінімальнє значення номінального розміру для ділянки A_2 , $D_{2\min} = 80$ мм;

$D_{2\max}$ – крайнє максимальнє значення номінального розміру для ділянки A_2 , $D_{2\max} = 120$ мм.

$$D_2 = \sqrt{80 \times 120} = 97,98 \text{ мм.}$$

Величина одиниці допуску для ланки A_2 :

$$i_2 = 0,45 \times \sqrt[3]{D_2} + 0,001 \times D_2, \quad (2.14)$$

де D_2 – середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_2 , мм.

$$i_2 = 0,45 \times \sqrt[3]{97,98} + 0,001 \times 97,98 = 2,173 \text{ мм.}$$

Середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_3 :

$$D_3 = \sqrt{D_{3\min} + D_{3\max}}, \quad (2.15)$$

де $D_{3\min}$ – крайнє мінімальнє значення номінального розміру для ділянки A_3 , $D_{3\min} = 120$ мм;

$D_{3\max}$ – крайнє максимальнє значення номінального розміру для ділянки A_3 , $D_{3\max} = 180$ мм.

$$D_3 = \sqrt{120 \times 180} = 146,969 \text{ мм.}$$

Величина одиниці допуску для ланки A_3 :

$$i_3 = 0,45 \times \sqrt[3]{D_3} + 0,001 \times D_3, \quad (2.16)$$

де D_3 – середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_3 , мм.

$$i_3 = 0,45 \times \sqrt[3]{146,969} + 0,001 \times 146,969 = 2,522 \text{ мм.}$$

Середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_4 :

$$D_4 = \sqrt{D_{4\min} + D_{4\max}}, \quad (2.17)$$

де $D_{4\min}$ – крайнє мінімальне значення номінального розміру для ділянки A_4 , $D_{4\min} = 3$ мм;

$D_{4\max}$ – крайнє максимальне значення номінального розміру для ділянки A_4 , $D_{4\max} = 6$ мм.

$$D_4 = \sqrt{3 \times 6} = 4,243 \text{ мм.}$$

Величина одиниці допуску для ланки A_4 :

$$i_4 = 0,45 \times \sqrt[3]{D_4} + 0,001 \times D_4, \quad (2.18)$$

де D_4 – середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_4 , мм.

$$i_4 = 0,45 \times \sqrt[3]{4,243} + 0,001 \times 4,243 = 0,733 \text{ мм.}$$

Середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу номінальних розмірів для ланки A_5 :

$$D_5 = \sqrt{D_{5\min} + D_{5\max}}, \quad (2.19)$$

де $D_{5\min}$ – крайнє мінімальне значення номінального розміру для ділянки A_5 , $D_{5\min} = 30$ мм;

$D_{5\max}$ – крайнє максимальне значення номінального розміру для ділянки A_5 , $D_{5\max} = 50$ мм.

$$D_5 = \sqrt{30 \times 50} = 38,73 \text{ мм.}$$

Величина одиниці допуску для ланки A_5 :

$$i_5 = 0,45 \times \sqrt[3]{D_5} + 0,001 \times D_5, \quad (2.20)$$

де D_5 – середнє геометричне значення крайніх значень інтервалу

номінальних розмірів для ланки A_5 , мм.

$$i_5 = 0,45 \times \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \times 38,73 = 1,561 \text{ мм.}$$

Середнє число одиниць допуску на кожну ланку розмірного ланцюга визначається згідно формули:

$$a_{cp} = \frac{1000 \times Td_z}{i_1 + i_2 + i_3 + i_3 + i_5}, \quad (2.21)$$

де Td_z – допуск замикаючої ланки, $Td_z = 0,19$ мм;

i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 – середні геометричні значення крайніх значень інтервалу

номінальних розмірів для ланок розмірного ланцюга, мм.

$$a_{cp} = \frac{1000 \times 0,19}{0,898 + 2,173 + 2,522 + 0,733 + 1,561} = 24,092.$$

Середнє число одиниць допуску на кожну ланку розмірного ланцюга лежить в межах стандартних значень для сьомого і восьмого квалітетів точності.

Частина ланок даного ланцюга повинна мати допуски по IT7, частина по IT8.

Призначаємо допуски та граничні відхилення для розмірного ланцюга.

Для ланки A_1 призначаємо поле допуску h7.

Нижнє відхилення розміру ланки A_1 визначаємо з формули:

$$ei_1 = es_1 - Td_1, \quad (2.22)$$

де es_1 – верхнє відхилення розміру ланки A_1 , $es_1 = 0$ мкм;

Td_1 – допуск розміру ланки A_1 , $Td_1 = 15$ мкм.

$$ei_1 = 0 - 15 = -15 \text{ мкм.}$$

Для ланки A_2 призначаємо поле допуску h7.

Нижнє відхилення розміру ланки A_2 визначаємо з формули:

$$ei_2 = es_2 - Td_2, \quad (2.23)$$

де es_2 – верхнє відхилення розміру ланки A_2 , $es_2 = 0$ мкм;

Td_2 – допуск розміру ланки A_2 , $Td_2 = 35$ мкм.

$$ei_2 = 0 - 35 = -35 \text{ мкм.}$$

Для ланки A_3 призначаємо поле допуску js8.

Верхнє відхилення розміру ланки A_3 :

$$es_3 = \frac{Td_3}{2}, \quad (2.24)$$

де Td_3 – допуск розміру ланки A_3 , $Td_3=63$ мкм.

$$es_3 = \frac{63}{2} = 31,5 \text{ мкм.}$$

Нижнє відхилення розміру ланки A_3 :

$$ei_3 = es_3 - Td_3, \quad (2.25)$$

де es_3 – верхнє відхилення розміру ланки A_3 , мкм;

Td_3 – допуск розміру ланки A_3 , $Td_3=63$ мкм.

$$ei_3 = 31,5 - 63 = -31,5 \text{ мкм.}$$

Для ланки A_4 призначаємо поле допуску h7.

Нижнє відхилення розміру ланки A_4 визначаємо з формули:

$$ei_4 = es_4 - Td_4, \quad (2.26)$$

де es_4 – верхнє відхилення розміру ланки A_4 , $es_4=0$ мкм;

Td_4 – допуск розміру ланки A_4 , $Td_4=12$ мкм.

$$ei_4 = 0 - 12 = -12 \text{ мкм.}$$

Для ланки A_5 призначаємо поле допуску js7.

Верхнє відхилення розміру ланки A_5 :

$$es_5 = \frac{Td_5}{2}, \quad (2.27)$$

де Td_5 – допуск розміру ланки A_5 , $Td_5=25$ мкм.

$$es_5 = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ мкм.}$$

Нижнє відхилення розміру ланки A_5 :

$$ei_5 = es_5 - Td_5, \quad (2.28)$$

де es_5 – верхнє відхилення розміру ланки A_5 , мкм;

Td_5 – допуск розміру ланки A_5 , $Td_5=25$ мкм.

$$ei_5 = 12,5 - 25 = -12,5 \text{ мкм.}$$

Фактичний допуск розміру замикаючої ланки розраховується згідно формули:

$$Td_{z\phi} = Td_1 + Td_2 + Td_3 + Td_4 + Td_5, \quad (2.29)$$

де $Td_1, Td_2, Td_3, Td_4, Td_5$ – допуски розмірів ланок розмірного ланцюга, мкм.

$$Td_{z\phi} = 15 + 35 + 63 + 12 + 25 = 150 \text{ мкм.}$$

Фактичний допуск замикаючої ланки являється допустимим для даного типу ущільнень, та відповідає вимогам виробника.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ГІДРОЦИЛІНДРА

3.1 Характеристика і конструктивний аналіз деталі

Деталь, що підлягає виготовленню – “Корпус гідроциліндра”, розміщується в механізмі силових гідроциліндрів преса ламінування деревостружкової плити.

Корпус гідроциліндра служить для утримання тиску рідини яка приводить в рух поршень гідроциліндра.

Корпус гідроциліндра складається із дна корпусу, гільзи та монтажних втулок. Для виготовлення корпусу гільзи використовується матеріал 30ХГСА ДСТУ 7806:2015, легована конструкційна сталь із вмістом марганцю, кремнію та хрому.

Хімічний склад цієї сталі приводимо в таблиці 3.1, механічні властивості в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 30ХГСА ДСТУ 7806:2015

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
				не більше			
0,3	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8-1,1	0,3	0,3	0,025	0,025

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 30ХГСА ДСТУ 7806:2015

Твердість НВ	Границя текучості σ_m , МПа	Границя міцності σ_b , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Модуль нормальної пружності E_2 , Па
212-248	490	655	16	45	$2,15 \times 10^{11}$

Технологічні властивості приведені в розділі 2 «Розробка нової конструкції гідроциліндра» Технічні вимоги для виготовлення нової деталі

приводимо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні вимоги на виготовлення деталі

Технічні вимоги	Аналіз технічних вимог	Метод контролю
1	2	3
Круглість та прямолінійність отвору $\varnothing 380$ мм не більше 0,016 мм, та співвісність отвору відносно поверхні А не більше 0,03 мм.	Забезпечує круглість, прямолінійність отвору під ущільнення, та співвісність його з базою А. Досягається чистовим шліфуванням.	Індикатор годинникового типу
Круглість та прямолінійність отвору $\varnothing 362$ мм не більше 0,016 мм, та співвісність отвору відносно поверхні Б не більше 0,03 мм.	Забезпечує круглість, прямолінійність отвору під ущільнення, та співвісність його з базою А. Досягається чистовим шліфуванням.	Індикатор годинникового типу
Торцеве биття поверхні $\varnothing 356$ не більше 0,1 мм відносно поверхні А, Б.	Забезпечує перпендикулярність торця відносно бази А та Б, та відсутність сильного торцевого биття під час експлуатації гідроциліндра. Досягається чистовим точінням.	Індикатор годинникового типу

3.2 Обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра»

При здійсненні розрахунку деформації корпусу силових гідроциліндрів було розраховано максимальний зазор який утворюється між корпусом гідроциліндра та встановленим в ньому ущільненням. Відповідно до розрахункових даних було підбрано ущільнення термостійке ущільнення. Для зміни посадочної поверхні було прийнято виготовити нові корпуси силових гідроциліндрів, так як попередні ущільнення (поліуретан Шор 94 А). Габарити, матеріал та важкі умови роботи гідроциліндрів унеможлилювали відновлення внутрішньої поверхні корпусу силових гідроциліндрів до розміру $\varnothing 380h6$, для встановлення нових ущільнень.

Конструкція деталі дозволяє використовувати типові методи обробки поверхонь з достатньою продуктивністю без використання оригінальних інструментів і технологічного обладнання.

Всі поверхні деталі мають вільний доступ різального інструменту без обмежень.

Допустимі відхилення розмірів, взаємного розміщення, форми і шорсткість поверхонь технологічно узгоджені. Всі розміри елементів можна безпосередньо виміряти і проконтролювати.

При обробці зовнішніх поверхонь деталі як технологічна і вимірювальна база використовується внутрішній отвір, а при обробці отвору – зовнішні поверхні, що дозволяє дотримуватись принципів постійності і суміщення баз.

Отже, можна зробити висновок, що деталь « Корпус гідроциліндра» є технологічною.

Метод і спосіб отримання заготовки для виготовлення корпусу в значній мірі залежить від матеріалу деталі і її службового призначення і технічних вимог на виготовлення, форми поверхонь і її розмірів, технічних можливостей отримання заготовки на підприємстві.

Враховуючи важкі умови роботи та великі габарити корпусу гідроциліндра було вирішено прийняти заготовку для дна та гільзи у вигляді штамповки, а для монтажних втулок гарячекатаний круглий прокат.

Порожнини гідроциліндрів де відбувається безпосередній контакт поршня і гільзи найчастіше обробляються хонінгуванням для досягнення максимальної прямолінійності та шорсткості, посадочні поверхні під ущільнення в залежності від потрібної точності шліфують або розточують відповідно до базової поверхні для забезпечення круглості прямолінійності та співвісності внутрішніх поверхонь корпусу, щоб запобігти швидкому зносу деталей гідроциліндрів.

Вихідні дані для розробки технологічного процесу виготовлення деталі беремо з креслення деталі.

Визначення витрат на матеріали, пов'язані з виготовленням корпусу. Для

визначення маси заготовки необхідно визначити її об'єм. Заготовка є зварною та складається з двох поковок об'ємом V_1 і V_2 та втулок із круглого гарячекатаного металопрокату.

Визначаємо об'єм заготовок отриманих ковкою.

$$V = \frac{3,14 \times d^2}{4} h, \quad (3.1)$$

де d – зовнішній діаметр поковки, см;

h – довжина поковки, см.

Визначаємо об'єм поковки $\varnothing 530 \times 250$ мм.:

$$V_1 = \frac{3,14 \times 53,2^2}{4} \times 25 = 55126,625 \text{ см}^3$$

Визначаємо об'єм поковки $\varnothing 532 \times 540$ мм із внутрішнім отвором $\varnothing 300$ мм:

$$V_2 = \frac{3,14 \times d^2}{4} \times h - \frac{3,14 \times d_2^2}{4} \times h, \quad (3.2)$$

де d – зовнішній діаметр поковки, см;

d_2 – внутрішній діаметр поковки, см;

h – довжина поковки, см.

Об'єм поковки із внутрішнім отвором рівний:

$$V_2 = \frac{3,14 \times 53,2^2}{4} \times 54 - \frac{3,14 \times 30^2}{4} \times 54 = 70070,67 \text{ см}^3.$$

Визначаємо загальний об'єм поковки:

$$V = V_1 + V_2, \quad (3.3)$$

де V_1 – об'єм поковки без внутрішнього отвору, см^3 ;

V_2 – об'єм поковки з внутрішнім отвором, см^3 .

$$V = 55126,625 + 70070,67 = 125197,295 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу заготовки:

$$M_{зп} = \rho \cdot V, \quad (3.4)$$

$$M_{зп} = 125197,295 \times 0,0078 = 976,5 \text{ кг.}$$

де ρ – густина матеріалу, (для Сталі 30ХГСА $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$);

V – загальний об’єм заготовок із поковки, см³.

Визначаємо вартість матеріалу:

$$B_{mn} = M_3 \times C_3, \quad (3.5)$$

де M_3 – маса заготовки, кг;

C_3 – ціна заготовки з ПДВ, грн.

$$B_{mn} = 976,5 \times 23 = 19883,5 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість заготовки з прокату:

$$S_{np} = B_{np} + C_0, \quad (3.6)$$

де B_{np} – затрати на матеріали заготовки, грн.;

C_0 – технологічна собівартість операції вирізки, грн.

Затрати на матеріал заготовки визначаємо по формулі:

$$B_{np} = M_{np} \times C_{np}, \quad (3.7)$$

де M_{np} – вага заготовки, кг;

C_{np} – вартість 1 кг матеріалу заготовки з ПДВ, грн.;

Вага заготовки визначається по формулі:

$$M_{np} = \frac{3,14 \cdot D_{np}^2}{4} \cdot L_{np} \cdot \rho, \quad (3.8)$$

де D_{np} – діаметр прокату, см;

L_{np} – довжина заготовки, см;

ρ – густина матеріалу, (для Сталі 30ХГСА $\rho = 7,8$ г/см³).

Діаметр заготовки визначаємо по формулі:

$$D_{np} = D_D + 2Z, \quad (3.9)$$

де D_D – діаметр лімітуючої поверхні деталі, мм;

$2Z$ – припуск на обробку даної поверхні, мм.

$$D_{np} = 64 + 2 \times 2,25 = 68,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{np} = 70 \text{ мм} = 7 \text{ см.}$

Довжина заготовки з прокату визначається по формулі:

$$L_{np} = L + 2Z, \quad (3.10)$$

де L_{np} – довжина деталі, мм.;

Z – припуск на обробку торця, мм.

$$L_{np} = 40 + 2 \times 2,4 = 44,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче значення з нормалізованого ряду лінійних розмірів:

$$L_{np} = 45 \text{ мм.} = 4,5 \text{ см.}$$

Визначаємо масу заготовки:

$$M_{np} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 4,5 \cdot 7,8 = 1350,12 \text{ г.} = 1,35 \text{ кг.}$$

$$B_{np} = 1,35 \times 18 = 24,3 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість операції вирізання заготовки визначається по формулі:

$$C_0 = \frac{C_{n.з.} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (3.11)$$

$C_{n.з.}$ – приведені затрати при вирізанні заготовки з листа металу, грн/год;

$T_{шт}$ – час на операцію вирізання, хв.

$$T_{шт} = 0,052 \cdot D_{np} = 0,052 \times 70 = 3,64 \text{ хв.} \quad (3.12)$$

$$C_0 = \frac{11,9 \times 3,64}{60} = 0,72 \text{ грн.}$$

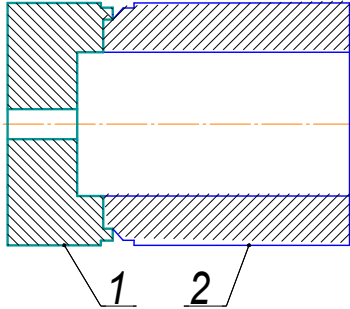
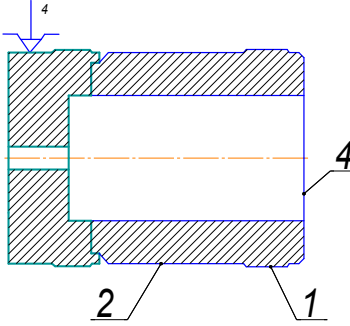
Собівартість заготовки складає:

$$S_{np} = 0,72 + 24,3 = 25,02 \text{ грн.}$$

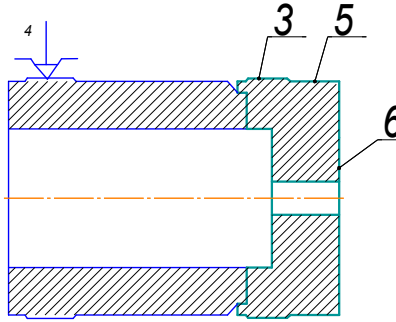
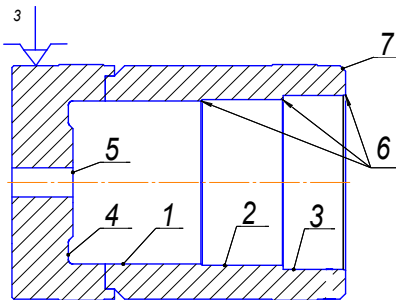
3.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

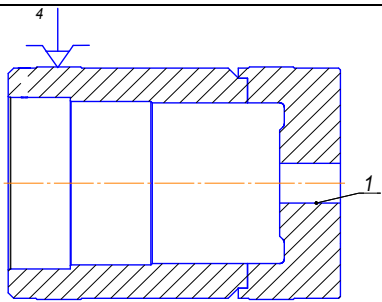
Враховуємо що деталі є частково оброблені згідно креслень дна гільзи та монтажних втулок, кромки підготовлені до зварювання.

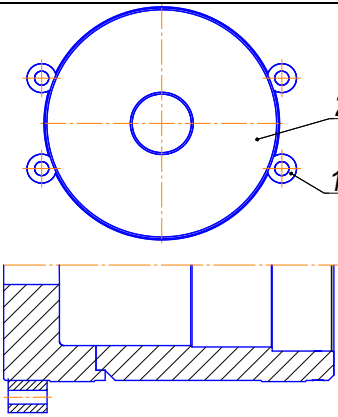
Таблиця 3.4 – Технологічний маршрут виготовлення деталі
«Корпус гідроциліндра»

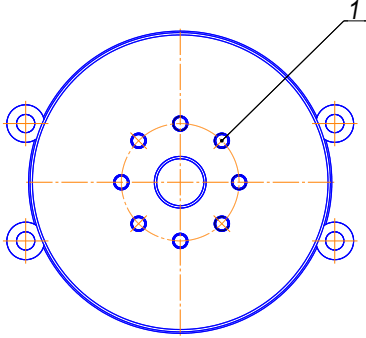
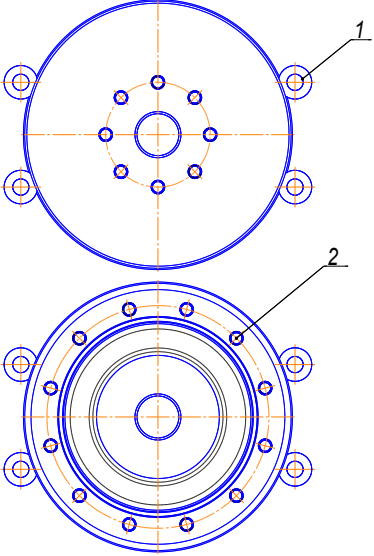
№ операцій	Назва і зміст операції	Обладнання та контрольні-вимірвальні пристрої	Інструмент, матеріал	Ескіз обробки
1	2	3	4	5
005	Зварювальна 1. Зварити дно (1) та гільзу (2) між собою.	Ручний АРД зварювальний апарат. Стіл зварювальний універсальний. Ультразвуковий контроль (УЗК) ДСТУ EN ISO 16810:2016	Матеріал для зварювання сталь 20ХГС ДСТУ 7806:2015	
010	Токарна 1. Точити поверхню начорно (1). 2. Точити поверхню (1) начисто Ø515h10 3. Точити поверхню (2) начисто Ø510h10 4. Підрізати торець (4) начорно Ø510	Верстат 16К50П Патрон трьохкулачковий самоцентруючий Штангенциркуль ШЦЦ-III-1000-0,03 ДСТУ 166:2009	Різець прохідний відігнутий Т15К6 ДСТУ 18877:2008	

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
010	5. Підрізати торець (4) начисто Ø510 6. Переустановити 7. Точити поверхню (3) начорно. 8. Точити поверхню (3) начисто Ø515h10 9. Точити поверхню (5) начисто Ø515h10 10. Підрізати торець (6) начорно Ø510 11. Підрізати торець (6) начисто Ø510			
015	Токарна 1. Точити поверхню (1) начорно. 2. Точити канавку (4) начорно 3. Підрізати торець (5) начорно 2. Точити поверхню (1) начисто Ø356h10 3. Точити канавку (4) начисто 4. Підрізати торець (5) начисто	Верстат 16К50П Патрон трьохкулач- ковий. Штанга- різцетримач Штангенцир - куль ШЦЦВ-500- 0,04 ДСТУ 166:2009	Різець розточний ДСТУ 18877:2008 Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008 Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008	

	<p>5. Точити поверхню (2) начорно</p> <p>6. Точити поверхню (2) начисто Ø362Н10</p> <p>7. Точити поверхню (3) начорно</p> <p>8. Точити поверхню (3) начисто Ø380Н10</p>		<p>Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p> <p>Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p>	
015	<p>9. Зняти фаски (6) 3×45°</p> <p>10. Зняти фаску (7) 10×45°</p>		<p>Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p> <p>Різець прохідний відігнутий Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p>	
020	<p>Токарна</p> <p>1. Розсвердлити отвір (1) до діаметру Ø70</p> <p>2. Розточити отвір (1) начорно</p> <p>3. Розточити отвір(1) начисто до діаметру Ø80Н10</p>	<p>Верстат 16К50П</p> <p>Патрон трьохкулачковий самоцентруючий</p> <p>Штангенциркуль ШЦЦВ-500-0,04 ДСТУ 166:2009</p>	<p>Свердло спіральне Р6М5 ДСТУ ISO 494:2018</p> <p>Різець розточний Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p>	

025	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Шліфувати поверхню (1) начорно Ø362Н8</p> <p>2. Шліфувати поверхню (1) начисто Ø362Н6</p> <p>3. Шліфувати поверхню (2) начорно Ø380Н8</p> <p>4. Шліфувати поверхню (2) начисто Ø380Н6</p>	<p>Верстат круглошліфувальний 3К229В</p> <p>Патрон трьохкулачковий</p> <p>Нутромір microtech НМТЦ500Р 200-500-0,008</p> <p>ДСТУ 166:2009</p>	<p>Круг ПП 50-25-50-2А-50</p> <p>ДСТУ 4738-2007</p>	
030	<p>Зварювальна</p> <p>1. Приварити монтажні втулки (1) до корпусу гільзи (2)</p>	<p>АРД зварювальний апарат. Стіл універсальний зварювальний. Штангенциркуль міжцентровий ШЦЦМ-550-0,05</p> <p>Штангенциркуль ШЦЦ-Ш-1000-0,01 ДСТУ 166:2009</p>	<p>Матеріал для зварювання сталь 20ХГС</p> <p>ДСТУ 7806:2015</p>	
035	<p>Токарна</p> <p>1. Підрізати торець (1) (2) начорно Ø64</p>	<p>Верстат 16К50П</p> <p>Патрон трьохкулачковий самоцентруючий</p> <p>Штангенциркуль ШЦЦВ-500-0,04 ДСТУ 166:2009</p>	<p>Різець прохідний відігнутий Т15К6 ДСТУ 18877:2008</p>	

		Штангенциркуль ШЦ-125-0,05 ДСТУ 166:2009		
040	Свердлильна 1. Просверлити отвори (1) під різьбу. М24-7Н 2. Нарізати різьбу в отворах (1) М24-7Н	Верстат вертикально-свердлильний 2Г175М Пристрій верстатний Штангенциркуль ШЦ-125-0,05 ДСТУ 166:2009 Штангенциркуль міжцентровий ШЦЦМ-550-0,05	Свердло спіральне Р6М5 ДСТУ ISO 494:2018 Мітчик машинно-ручний Р6М5 ДСТУ 1604:2008	
045	Координатно-розточна 1. Розсвердлити отвори (2) Ø31Н14 2. Переустановити 3. Просвердлити отвори (2) під різьбу. М24-7Н 4. Нарізати різьбу в отворах (2) М24-7Н	Верстат координатно-розточний 2Б460А Пристрій верстатний Штангенциркуль ШЦ-125-0,05 ДСТУ 166:2009 Штангенциркуль міжцентровий ШЦЦМ-550-0,05		
050	Слюсарна 1. Зняти заусенці після нарізання різьби.	Верстак. Кромкоочисник слюсарний.		

Перед тим як почати проектувати технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», здійснимо розрахунок припусків та проміжних розмірів по переходах.

Припуск – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки в цілях досягнення заданих властивостей поверхні деталі що обробляється.

Припуск на обробку може бути призначений по відповідних довідникових таблицях, ДСТУ чи на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків. ДСТУ і таблиці дозволяють призначити припуски незалежно від технологічного процесу обробки деталі і умов його здійснення і тому в більшості випадків являються завищеними, містять резерви витрат матеріалу і трудоемкості виготовлення деталі.

Проміжні припуски мають дуже важливе значення в процесі розробки технологічних операцій механічної обробки деталей. Правильне призначення проміжних припусків на обробку заготовки забезпечує економію матеріальних і трудових ресурсів. В масовому та крупносерійному виробництві проміжні припуски рекомендується розраховувати аналітичним методом, що дозволяє забезпечити економію матеріалу, електроенергії та інші матеріальні та трудові ресурси виробництва. В серійному та одиничному виробництвах використовують статистичний(табличний) метод визначення проміжних припусків на обробку заготовки, що забезпечує більш швидку підготовку виробництва по випуску продукції, і звільняє інженерно-технічних працівників від трудоемної роботи.

Розрахунок і встановлення проміжних розмірів на поверхні деталі, яка виготовляється проводимо після призначення припусків табличним методом. Вибір проміжних припусків і розрахунок проміжних розмірів на поверхні деталі яка виготовляється приводимо у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.5 – Розрахунок припусків та проміжних розмірів

Маршрут обробки поверхні вала	Квалітет точності	Шорсткість	Фактичний припуск на діаметр, мм	Проміжні розміри	
				Розрахунко- вий розмір, мм.	Прийнятий з допуском
1	2	3	4	5	6
Розточування чистове	H10	3,2	1,5	Ø80	Ø80 ^{+0,12}
Розточування чорнове	H12	6,3	3,5	Ø77	Ø77 ^{+0,3}
Розсвердлювання	H12	12,5	20	Ø70	Ø70 ^{+0,3}
Отвір					Ø30±1
Шліфування чистове	H6	0,63	0,5	Ø380	Ø380 ^{+0,036}
Шліфування чорнове	H8	1,25	0,7	Ø379,5	Ø379,5 ^{+0,052}
Розточування чистове	H10	3,2	6,8	Ø378,8	Ø378 ^{+0,23}
Розточування чорнове	H12	6,3	10	Ø372	Ø372 ^{+0,57}
Шліфування чистове	H6	0,63	0,5	Ø362	Ø362 ^{+0,036}
Шліфування чорнове	H8	1,25	0,7	Ø361,5	Ø361,5 ^{+0,052}
Розточування чистове	H10	3,2	1,8	Ø360,8	Ø360 ^{+0,23}
Розточування чорнове	H12	6,3	3	Ø359	Ø 359 ^{+0,57}
Підрізання торця чистове	js9	3,2	1,5	590	+0,35 590-0,35
Підрізання торця чорнове	js12	6,3	3,5	588,5	+0,8 588.5-0,8
Довжина отвору					L=585 ^{±1}
Розточування чистове	H10	3,2	3,2	Ø356	Ø356 ^{+0,23}
Розточування чорнове	H12	6,3	2×8,85	Ø347,7	Ø 347,7 ^{+0,57}

Заготовка поковка					$\varnothing 330 \pm 6$
Розсвердлювання чистове Отвір	H10	3,2	$2 \times 6,25$	$\varnothing 31$	$\varnothing 31^{+0,62}$ $\varnothing 18,5^{+0,8}$
Розсвердлюван-ня чистове Свердління	H10 H12	6,3 12,5	$2 \times 1,175$ $2 \times 9,25$	$\varnothing 20,85$ $\varnothing 18,5$	$\varnothing 20,85^{+0,62}$ $\varnothing 18,5^{+0,8}$
Чистове точіння	h10	12,5	5,0	$\varnothing 510$	$\varnothing 510_{-0,28}$
Чистове точіння Чорнове точіння	h10 js15	6,3 12,5	$2 \times 3,7$ $2 \times 8,8$	$\varnothing 515$ $\varnothing 522,4$	$\varnothing 515_{-0,28}$ $\varnothing 522,4^{+2,8}_{-2,8}$
Заготовка поковка					$\varnothing 532 \pm 8$
Підрізання торців чистове Підрізання торців чорнове	h12 js14	3,0 12,5	$2 \times 1,5$ 2×5	L=722 L=725	$L=722_{-0,8}$ $L=725^{+1,8}_{-1,8}$
Заготовка поковка					$L=735 \pm 6$
Підрізати торець начисто Підрізати торець начорно	h12 h14	3,2 6,3	2×1 $2 \times 1,5$	L=40 L=42	$L=40_{-0,25}$ $L=42_{-0,43}$
Заготовка прокат				L=45	$L=45^{+0,7}_{-0,7}$

Здійснимо для прикладу аналітичний розрахунок припусків на обробку і граничні відхилення по технологічних переходах для зовнішнього діаметру $\varnothing 515_{-0,28}$. Заготовкою є поковка $\varnothing 532 \pm 8$.

Мінімальний припуск на чорнову обробку такої поверхні визначається за формулою:

$$2z_{чор\ min} = 2 \times (Rz_{пок} + h_{пок} + \sqrt{\Delta_{пок}^2 + \Sigma_{чор}^2}), \quad (3.13)$$

де $Rz_{пок} + h_{пок}$ – відхилення точності поковок що виготовляються

ковкою; $Rz_{нок} + h_{нок} = 2$ мм.

$\Delta_{нок}$ – сумарне значення кривизни поковки, та похибки центрування заготовки.

$\Sigma_{чор}$ – величина похибки встановлення заготовки при технологічному переході що виконується, приймаємо $\Sigma_{чор} = 2,8$ мм.

$$\Delta_{нок} = \sqrt{\Delta_K^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (3.14)$$

де Δ_K – кривизна заготовки, $\Delta_K = 2$ мм;

$\Delta_{ц}$ – похибка центрування, $\Delta_{ц} = 2$ мм.

$$\Delta_{нок} = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2,82 \text{ мм.}$$

Визначаємо припуск на чорнову обробку:

$$2z_{чор\min} = 2 \times (2 + \sqrt{2,82^2 + 2,8^2}) = 11,94 \text{ мм.}$$

Прийнявши припуск по діаметру на чорнову обробку 11,94 мм, отримаємо глибину різання t : яка рівна 5,97 мм.

Визначаємо остаточне відхилення розташування після чорної механічної обробки за формулою:

$$\Delta_{ост} = W \times C_y \times S^y \times HB^n \times [t^x - (t - \Delta_{нок})^x], \quad (3.15)$$

де W – податливість технологічної системи $W = 0,1$ мкм/Н;

C_y – коефіцієнт що характеризує умови різання;

S – подача при токарній обробці, мм/об;

HB – твердість матеріалу що оброблюється по Бріненю, МПа;

$\Delta_{нок}$ – сумарне значення кривизни поковки, та похибки центрування заготовки, мм;

t – глибина різання, мм;

n, y, x – показники степенів в формулах.

$$\Delta_{ост} = 0,1 \times 0,00027 \times 2^{0,75} \times 2120^2 \times [5,97^{0,9} - (5,97 - 2,82)^{0,9}] = 448 \text{ мкм.}$$

Визначаємо коефіцієнт уточнення для чорної обробки за формулою:

$$K_y = \frac{\Delta_{ост}}{\Delta_{пок}}, \quad (3.16)$$

де $\Delta_{ост}$ – остаточне відхилення розташування після чорнової механічної обробки, мм;

$\Delta_{пок}$ – сумарне значення кривизни поковки, та похибки центрування заготовки, мм.

$$K_y = \frac{0,448}{2,82} = 0,16$$

Припуск на чистову обробку визначається з формули:

$$2z_{чист\ min} = 2 \times (Rz_{чор} + h_{чор} + \sqrt{\Delta_{ост}^2 + \varepsilon_{чист}^2}), \quad (3.17)$$

де $Rz_{чор}, h_{чор}$ – показники точності та якості поверхні поковок після механічної обробки, отриманих ковкою на пресах, молотах та підкладних штампах, мкм;

$\Delta_{ост}$ – остаточне відхилення розташування після чорнової механічної обробки, мкм;

$\varepsilon_{чист}$ – величина похибки встановлення заготовки при технологічному переході що виконується, приймаємо $\varepsilon_{чист} = 230$ мкм.

$$2z_{чист\ min} = 2 \times (250 + 240 + \sqrt{448^2 + 280^2}) = 2036 \text{ мкм} = 2,00 \text{ мм}.$$

Загальний мінімальний припуск на припуск на обробку:

$$2z_{з\ min} = 2z_{чор\ min} + 2z_{чист\ min}, \quad (3.18)$$

де $2z_{чор\ min}$ – мінімальний припуск на чорнову обробку, мм;

$2z_{чист\ min}$ – припуск на чистову обробку, мм.

$$2z_{з\ min} = 11,94 + 2 = 13,94 \text{ мм}.$$

Перерахуємо розрахунковий мінімальний припуск на номінальний враховуючи максимальні відхилення які може мати заготовка після ковки:

$$2z_{з\ ном} = 2z_{з\ min} + ei_z + ei_\partial, \quad (3.19)$$

де $2z_{3 \min}$ – загальний мінімальний припуск на обробку, мм;

ei_3 – верхнє відхилення розміру заготовки, мм;

ei_D – верхнє відхилення розміру деталі, мм.

$$2z_{3 \text{ ном}} = 13,94 + 8 + 0 = 21,9 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку зовнішньої поверхні поковки такого типу складає 25 мм. На чорнову обробку при максимальному відхиленні 17,6 мм на діаметр, на чистову 7,4 мм на діаметр.

Мінімальний діаметр заготовки враховуючи розрахункові припуски складає $d_{3 \min} = 528,66 \text{ мм}$.

3.4 Визначення режимів різання для верстатних операцій

Приведений нижче розрахунок режимів різання розроблений з використанням офіційних видань по режимах різання та інструментами із швидкоріжучої сталі і твердого сплаву. Вони розраховані на використання інструментів із оптимальними значеннями геометричних параметрів ріжучої частини, з ріжучими елементами із твердого сплаву, заточеними алмазними кругами та із швидкоріжучої сталі – кругами із ельбору. При визначенні режимів різання було враховано характер обробки, тип та розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Для прикладу приводимо аналітичний розрахунок режиму різання для чистового точіння поверхні $\varnothing 515$ яке проводиться під час операції 010 токарної. Обробка проводиться на токарно-гвинторізному верстаті підвищеної точності моделі 16K50П.

I. Вибираємо різець і встановлюємо його геометричні параметри.

Приймаємо прохідний прямий різець ДСТУ 18877:2008. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т15К6.

Геометричні параметри різця встановлюємо: головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$, допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 10^\circ$, передній кут $\gamma = 10^\circ$ кут нахилу

ріжучої кромки $\lambda = 0^\circ$, радіус при вершині $r = 1$ мм.

II. Розрахунок режимів різання виконуємо в наступній послідовності.

1) Визначаємо глибину різання t . Приймаємо її рівною величині припуску на сторону для даного переходу:

$$t = \frac{(D-d)}{2}, \quad (3.20)$$

де D – діаметр деталі до обробки, мм;

d – діаметр деталі після обробки, мм.

$$t = \frac{(522,4 - 515)}{2} = 3,7 \text{ мм.}$$

2) Виходячи із заданого параметра шорсткості, яку потрібно досягнути визначаємо подачу, $S_p = 1,0 - 1,4$ мм/об.

По паспорту верстата приймаємо $S_p = 1,12$ мм/об.

3) Назначаємо період стійкості різця, $T = 40$ хв.

Визначаємо розрахункову швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} K_v, \quad (3.21)$$

де C_v , m , x , y , – коефіцієнт і показники степені для визначення швидкості різання, $C_v = 340$, $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,45$.

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість.

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{ov}, \quad (3.22)$$

де K_{nv} – коефіцієнт, який враховує метод отримання заготовки і стан її поверхні, $K_{nv} = 1,0$;

K_{iv} – коефіцієнт який враховує матеріал інструмента, $K_{iv} = 1,0$.

$K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані різця, $K_{\varphi v} = 0,7$.

$K_{\varphi 1v}$ – коефіцієнт, який враховує допоміжний кут в плані різця, $K_{\varphi 1v} = 1,0$.

K_{rv} – коефіцієнт який враховує радіус при вершині різця, $K_{rv} = 0,94$.

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки.

$$K_{mv} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_v}, \quad (3.23)$$

де K_r , – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності,
 $K_r = 1,0$

n_v – показник степені. $n_v = 1,0$.

$$K_{mv} = 1,0 \times \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,2.$$

K_{ov} – коефіцієнт, який враховує вид обробки,

$K_{ov} = 0,9$.

$$K_v = 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,94 \times 0,9 = 0,71.$$

Таким чином:

$$V_p = \frac{340}{40^{0,2} \times 3,7^{0,15} \times 1,12^{0,45}} \times 0,71 = 133,64 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \times V}{3,14 \times D}, \quad (3.24)$$

$$n_p = \frac{1000 \times 133,64}{3,14 \times 522,4} = 81,47 \text{ об/хв.}$$

де D – діаметр поверхні, що обробляється.

Згідно з паспортом верстату приймаємо $n_D = 80$ об/хв.

6) Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_D = \frac{3,14 \times D \times n_D}{1000}, \quad (3.25)$$

$$V_D = \frac{3,14 \times 522,4 \times 80}{1000} = 131,22 \text{ м/хв.}$$

7) Визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \quad (3.26)$$

де C_p, x, y, n – коефіцієнт і показники степені для визначення сили різання,

$$C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$$

t – глибина різання,

D – діаметр оброблюваної поверхні,

S – подача;

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (3.27)$$

де $K_{\varphi p}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані різця;

$$K_{\varphi p} = 0,89;$$

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт що враховує передній кут; $K_{\gamma p} = 1,0$;

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, який враховує кут похилу ріжучої кромки; $K_{\lambda p} = 1,0$;

K_{rp} – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця; $K_{rp} = 1,0$;

K_{mp} – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n, \quad (3.28)$$

де σ_s – межа міцності, МПа.

$$K_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,9.$$

$$K_p = 0,9 \times 0,89 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,8.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 3,7^1 \times 1,12^{0,75} \times 131,22^{-0,15} \times 0,8 = 4603,39 \text{ Н.}$$

8) Визначаємо потужність, яка затрачується на різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \times V_D}{1020 \times 60}, \quad (3.29)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{4603,39 \times 131,22}{1020 \times 60} = 9,8 \text{ кВт.}$$

де V_D – дійсна швидкість різання, м/хв.;

P_z – головна складова сили різання, Н.

$$N_{\text{різ}} < N_D \times \eta \text{ – умова різання} \quad (3.30)$$

де N_D – потужність двигуна верстата, $N_D = 22$ кВт;

η – коефіцієнт корисної дії.

Таким чином:

$$9,8 < 22 \times 0,8$$

$$9,8 < 17,6$$

10) Визначаємо основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S \times n_D}, \quad (3.31)$$

де L_{px} – довжина робочого ходу:

$$L_{px} = L + y + y_1, \quad (3.32)$$

y – величина підводу і врізання, мм;

y_1 – величина перебігу інструмента, приймаємо $y_1 = 2$.

$$y = t \times ctg(\varphi) + (1 \div 3), \quad (3.33)$$

де φ – головний кут в плані;

t – глибина різання.

$$y = 3,7 \times ctg 90^\circ + 2 = 2 \text{ мм.}$$

$$L_{px} = 524 + 2 + 2 = 528 \text{ мм}$$

Таким чином:

$$T_0 = \frac{528}{1,12 \times 80} = 5,89 \text{ хв.}$$

Таблиця 3.6 – Таблиця режимів різання

Назва операції, короткий її зміст	Глибина різання	Діаметр, мм.	Довжина робочого ходу	Розрахункові			Прийняті			Потужність потрібна на різання P , кВт	Основний час t , хв.
				Подача, мм/об	Частота обертання, об/хв	Швидкість різання, м/хв.	Подача, мм/ об	Частота обертання, об/хв	Швидкість різання дійсна м/хв.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010 Токарна											
1.Точити поверхню начорно (1).	2×8,8	522,4	526	0,6-1,3	47,53	79,4	1,28	40	65,61	13,6	10,3
2.Точити поверхню (1), начисто Ø515h10	2×3,7	515	526	1,0-1,4	81,47	133,6	1,12	80	131,22	9,8	5,89
3.Точити поверхню (2) начисто Ø510h10	2×2,5	510	526	0,5-0,9	103,7	166,08	0,7	100	160,14	5,6	4,69
4.Підрізати торець (4) начорно. Ø510	5	510	257	0,8-0,9	88,45	141,28	0,8	80	128,11	10,2	4,01
5.Підрізати торець (4) начисто Ø510h10	1,5	510	257	0,4-0,55	143,8	230,2	0,4	125	200,17	5,9	5,14
6.Точити поверхню (3) начорно.	2×8,8	522,4	204	0,6-1,3	47,53	79,4	1,28	40	65,61	9,6	9,98

7.Точити поверхню (3) начисто Ø515h10	2×3,7	515	204	1,0-1,4	81,47	133,6	1,12	80	131,22	9,8	2,27
8.Точити поверхню (5) начисто Ø510h10	2×2,5	510	107	0,5-0,9	103,7	166,08	0,7	100	160,14	5,6	1,52
9.Підрізати торець (6) начорно Ø510	5	510	257	0,8-0,9	88,45	141,28	0,8	80	128,11	10,2	4,01
10.Підрізати торець (6) начисто Ø510	1,5	510	257	0,4-0,55	143,8	230,2	0,4	125	200,17	5,9	5,14
015											
Токарна											
1.Точити поверхню (1) начорно.	2×8,85	347,7	594	0,5-0,9	114,4	124,99	0,87	100	109,18	9,1	6,82
2. Точити канавку (4) начорно	6	356	603,6	0,5-0,7	121,7	136,05	0,7	100	111,78	9,5	8,62
3.Підрізати торець (5) начорно	3,5	255	127,5	0,7-1,0	214,5	158,28	0,7	200	147,58	6,16	0,76
4.Точити поверхню (1) начисто Ø356h10	2×1,6	356	594	0,3-0,66	176,05	196,8	0,56	160	169,25	3,2	6,62
5.Точити канавку (4)	4	356	604	0,4-0,55	157,22	175,75	0,48	125	139,73	8,19	10,1

начисто												
6.Підрізати торець (5)	1,5	255	127,5	0,3-0,45	313,32	231,2	0,4	250	184,48	8,9	1,18	
начисто												
7.Точити поверхню (2) начорно	2×1,5	359	317	0,7-0,1	159,4	179,7	0,7	125	140,9	3,02	3,62	
8.Точити поверхню (2) начисто	2×0,9	360,8	317	0,3-0,51	212,86	241,62	0,43	200	227,02	3,36	3,68	
Ø362Н10												
9.Точити поверхню (3)	2×5	372	139	0,6-0,9	128,44	150,03	0,7	125	146,01	10,2	1,59	
начорно												
10.Точити поверхню (3) начисто	2×3,4	378,8	139	0,3-0,51	169,4	197,94	0,43	160	190,3	6,34	2,02	
Ø380Н10												
11.Зняти фаски (6) 3×45°	3	380	7	0,5-0,9	127,83	152,53	0,8	125	149,15	7,02	0,07	
12.Зняти фаску (7) 12×45°	12	510	16	0,5-0,9	74,4	119,3	0,87	63	100,88	10,1	0,29	
020												
Токарна												
1.Розсверд лити отвір(1) до діаметру Ø70	2×20	70	138	1,0-1,2	81,7	17,96	1,12	80	17,58	8,6	1,54	
2.Розточит и отвір (1) начорно	2×3,5	77	136	0,6-0,9	654,7	158,3	0,8	500	120,89	1,77	0,34	

3.Розточити отвір(1) начисто до діаметру Ø80H10	2×1,5	80	136	0,44-0,8	715,04	179,62	0,7	500	125,6	2,7	0,4
025 Шліфувальна											
1.Шліф. поверхню (1) начорно Ø362H8	0,025	361,5	337	0,0025-0,075	400	25	0,0025	400	25	1,93	1,38
2.Шліфю поверхню (1) начисто Ø362H6	0,005	362	337	0,001-0,005	460	30	0,001	460	30	1,84	2,3
3.Шліф. поверхню (2) начорно Ø380H8	0,025	379,5	188	0,0025-0,075	400	25	0,0025	400	25	2,14	0,45
4.Шліф. поверхню (2) начисто. Ø380H6	0,005	380	188	0,001-0,005	460	30	0,001	460	30	1,98	0,58
035 Токарна											
1.Підрізати торець (1) (2) начорно Ø64	2×1,5	42	61	1,2-1,5	69,9	136,98	1,28	63	123,4	4,3	0,75
1.Підрізати торець (1)(2) начисто Ø64	2×1	40	61	0,5-0,9	91,79	179,86	0,8	80	156,75	2,43	0,95

040												
Свердиль- на												
1.Просверд лити отвори(1).	2×10, 45	20,9	65	0,33- 0,38	451,7	26,24	0,35	450	25,9	1,9	1,32	
3.Нарізати різьбу в отворах(1) M24-7H	2×1,5 75	24	7×55	3,0	167	12,6	3,0	167	12,6	2,1	1,15	
045												
Координат- но-розточна												
4.Розсвер дли отвори (3) Ø31H14	2×6,2 5	31	44	058- 066	229,71	22,36	0,6	200	19,3	1,36	0,58	
5.Просвер дли отвори (2)	2×10, 45	20,9	65	0,33- 038	451,7	26,24	0,35	450	25,9	1,9	1,32	
7.Нарізати різьбу в отворах (2) M24-7H	2×1,5 75	24	7×55	3,0	167	12,6	3,0	167	12,6	1,45	1,15	

3.5 Розробка технологічного процесу розбирання та складання силових гідроциліндрів

Вихідними даними для проектування технологічного процесу розбирання відносять складальне креслення та технічні умови. Вивчення виробу який збирається або розбирається закінчується складанням технологічних схем розбирання (рис 3.1) та складання (рис 3.2). Ці схеми являються основним етапом в розробці технологічного процесу, в наочній формі відображають маршрут складання виробів і його складальних частин. При наявності зразка

виробу складання технологічних схем значно полегшується. В цьому випадку найкраща послідовність зборки може бути встановлення шляхом його пробного розбирання. Елементи, що знімаються в нерозбірному стані, являють собою частини виробу, на які далі складають технологічні схеми вузлів зборки, деталі що знімаються окремо, являються елементами, що безпосередньо входять в загальну зборку виробу. При визначені послідовності зборки аналізують і розмірні ланцюги виробу, якщо виріб має декілька розмірних ланцюгів, то збирання треба починати із найбільш складних і відповідальних ланцюгів. В кожному розмірному ланцюгу збирання завершують встановленням тих елементів з'єднання, що складають замикаючу ланку. Ця послідовність складання повинна бути чітко відображена в технологічних схемах. При наявності розмірних ланцюгів з загальними ланками починають складання елементів тої ланки, яка в найбільшій мірі впливає на точність виробу. Якщо ланцюги рівноцінні по точності, збирання починають з більш складного ланцюга. На послідовність зборки впливають функціональні взаємозв'язки елементів виробу, конструкція базових елементів, умови монтажу, встановлення елементів які легко пошкодити в кінці зборки, розміри і маса елементів що приєднуються, а також ступінь взаємозамінюєності елементів. Спочатку складають схему загальної зборки, а потім схему загальної зборки, а потім схему вузлової зборки. Варіанти схеми зборки вибирають з врахуванням зручності роботи і контролю якості зборки, числа складальників, скорочення часу і собівартості складання.

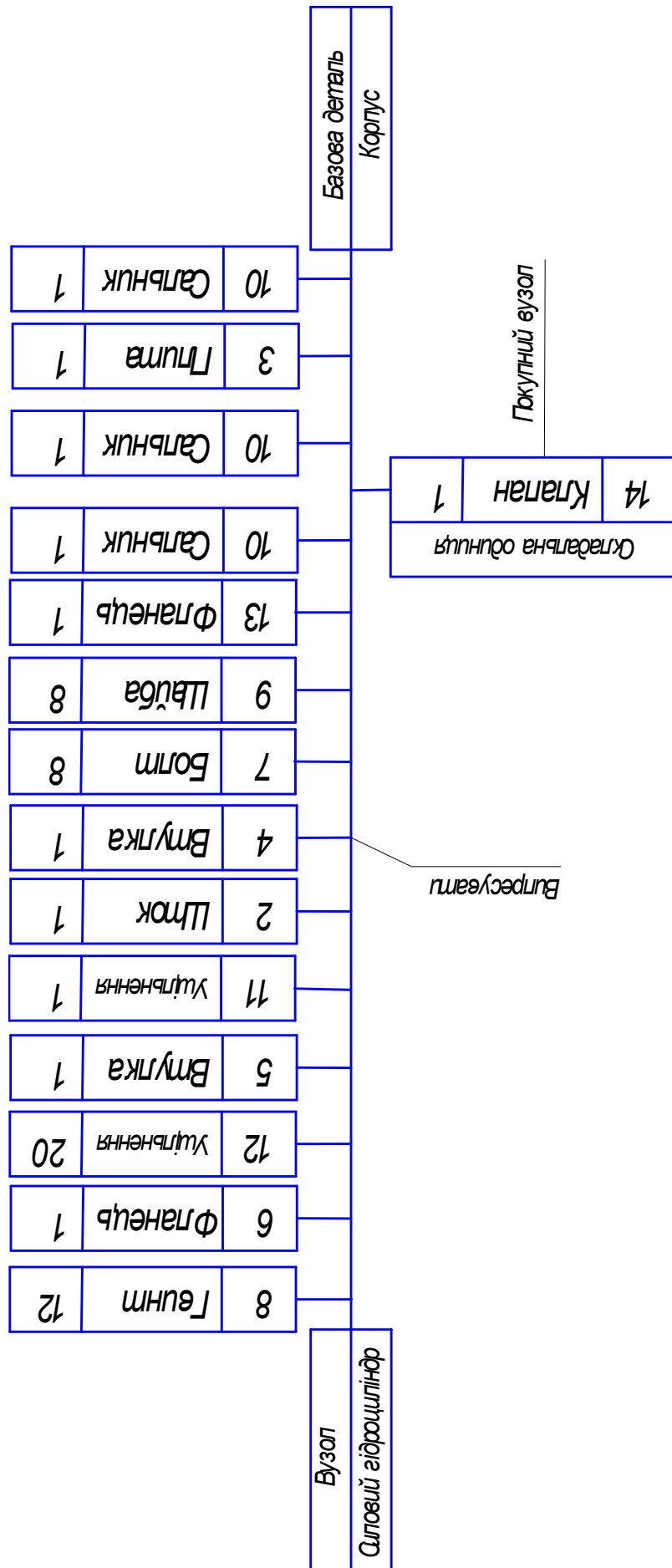


Рисунок 3.1 – Схема розбирання силового гідроциліндра

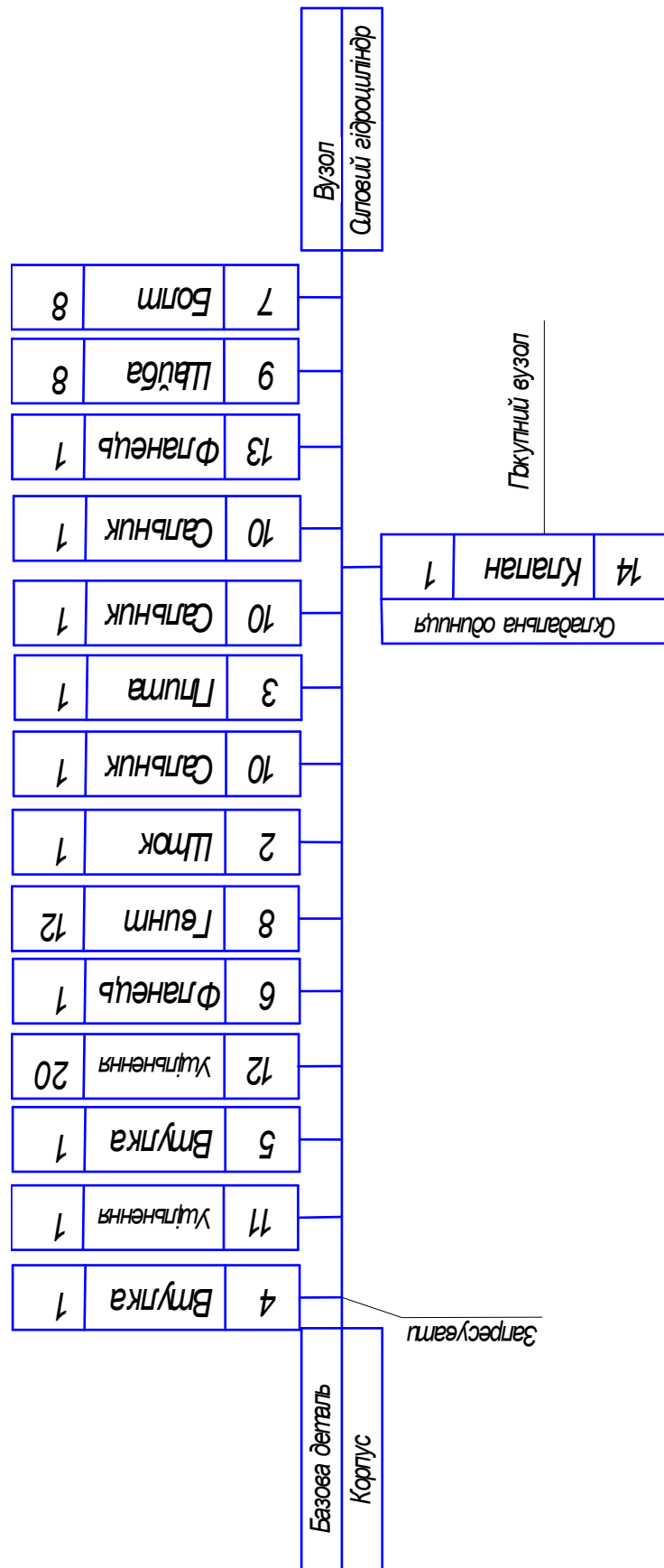


Рисунок 3.2 – Схема складання силового гідроциліндра

3.6 Вибір норм часу при виконанні слюсарних операцій

Розрахунок трудомісткості розбирання силового гідроциліндра зводимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Трудомісткість розбирання силового гідроциліндра

Найменування і зміст операції	Норма часу, хв.
005. Підготовча	15,6
010. Слюсарна	
1. Вигвинтити гвинти п.11	5,4
2. Демонтувати притискний фланець п.12	0,68
3. Демонтувати ущільнення п.13	4
4. Демонтувати притискну втулку п.7	0,78
5. Демонтувати поршень п.2	2,35
6. Демонтувати ущільнення п.8	1,36
7. Випресувати направляючу втулку п.9	10,7
8. Вигвинтити гвинти п.4.	3,6
9. Зняти шайби п.5	0,8
10. Демонтувати притискний фланець п.6	0,94
11. Демонтувати сальник п.10	0,2
12. Демонтувати клапан п.7	0,94
13. Демонтувати сальник п.10	0,2
14. Демонтувати притискну плиту п.3	0,94
15. Демонтувати сальник п.10	0,2
Топ, хв.	33,9
$a_{обс} = 2\%$ від Топ	0,67
$a_{вон} = 3\%$ від Топ	1,02
Тшт, хв.	35,58
Тпз, хв.	13
Тшк, хв	36,61
015. Промивання	26,4
020. Дефектація	11,6
Всього:	89,53

3.7 Вибір норм часу на верстатні операції

Вибір норм часу на слюсарні та верстатні операції назначених по нормативах часу на слюсарні і слюсарно-складальні роботи одиничного і дрібносерійного виробництва і по загальних нормативах часу на слюсарні роботи по ремонту обладнання. Вибір норм часу на верстатні операції проводимо по загальних нормативах часу для технічного нормування верстатних робіт.

Для прикладу приведемо розрахунок норм часу на операцію 010 токарну.

Розрахунки проводимо в наступній послідовності:

1) Визначаємо основний час на операцію, $T_0 = 55,74$ хв.

2) Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_d = T_{вст} + T_{пер} + T_{пр} + T_{вим}, \quad (3.34)$$

де $T_{вст}$ – час на встановлення деталі;

$T_{пер}$ – час пов'язаний з переходом;

$T_{вим}$ – час на контрольні вимірювання в кінці операції;

$T_{пр}$ – час на переходи що не увійшли в комплекс;

Так як під час операції відбувається переустановка деталі то час на встановлення визначається за формулою:

$$T_{вст} = T_{вст1} + T_{вст2},$$

$T_{вст1}$ – час на встановлення в патроні(затиск ключом), з використанням нерухомого люнета $T_{вст1} = 1,05$.

$T_{вст2}$ – час на встановлення в патроні(затиск ключом), з використанням нерухомого люнета $T_{вст2} = 1,05$.

$$T_{вст} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ хв}$$

Визначаємо час пов'язаний з переходом.

Протягом операції 010 відбувається 10 переходів тобто час пов'язаний з переходом визначається з формули:

$$T_{ПЕР} = T_{ПЕРn} \times 6 + T_{ПЕРm} \times 4,$$

де $T_{ПЕРn}$ – повздовжнє точіння, різцем встановленим на розмір з попередніми промірами (чорновий чи чистовий прохід) $T_{ПЕР1} = 0,17$ хв.

$T_{ПЕРm}$ – поперечне точіння, з попередніми промірами (чорновий чи чистовий прохід) $T_{ПЕРm} = 0,27$ хв.

Час пов'язаний з переходом складає:

$$T_{ПЕР} = 0,44 \times 6 + 0,35 \times 4 = 4,04_{\text{хв.}}$$

Операція включає в себе десять переходів сюди слід віднести час на прийоми роботи, які не ввійшли в комплекс:

Враховуючи що під час операції зміна різця відбувається 4 рази а зміна частоти обертання шпинделя та подачі відбувається на кожному переході то час який не ввійшов в комплекс буде визначатись за формулою:

$$T_{ПР} = t_{ПР1} \times 10 + t_{ПР3} \times 10 + t_{ПР4} \times 4 + t_{ПР2} \times 2,$$

де $t_{ПР1}$ – змінити частоту обертання шпинделя, $t_{ПР1} = 0,09$ хв;

$t_{ПР2}$ – закрити і відкрити захисний щиток, $t_{ПР2} = 0,03$ хв;

$t_{ПР3}$ – змінити величину чи напрямок подачі, $t_{ПР3} = 0,07$ хв;

$t_{ПР4}$ – змінити різець поворотом різцевої головки, $t_{ПР4} = 0,08$ хв.

$$T_{ПР} = 0,09 \times 10 + 0,07 \times 10 + 0,08 \times 4 + 0,03 \times 2 = 1,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на контрольні вимірювання в кінці операції:

$$T_{ВИМ} = t_{ВИМ1} \times 10, \quad (3.35)$$

$t_{ВИМ1}$ – час на контроль розмірів циліндричної поверхні діаметром до 1000 мм довжиною до 1000 мм.

$$t_{ВИМ} = 0,7 \times 10 = 7 \text{ хв.}$$

Таким чином:

$$T_{Д} = 2,1 + 4,04 + 1,98 + 7 = 8,98 \text{ хв.}$$

3) Визначаємо оперативний час:

$$T_{ОП} = T_{О} + T_{Д} \quad (3.36)$$

$$T_{ОП} = 55,74 + 8,98 = 64,72 \text{ хв.}$$

5) Визначаємо час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = T_{ОП} \times \frac{A_{обс}}{100}, \quad (3.37)$$

де $A_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця в процентах від оперативного, $A_{обс} = 4\%$.

$$T_{обс} = 64,72 \times \frac{4}{100} = 2,58 \text{ хв.}$$

5) Визначаємо час на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{ВОП} = T_{ОП} \times \frac{A_{ВОП}}{100}, \quad (3.38)$$

де $A_{ВОП}$ – час на відпочинок і особисті потреби в процентах від оперативного, $A_{ВОП} = 4\%$.

$$T_{ВОП} = 64,72 \times \frac{4}{100} = 2,58 \text{ хв.}$$

6) Визначаємо штучний час на операцію:

$$T_{ШТ} = T_{ОП} \times T_{ВОП} \times T_{ОБС}, \quad (3.39)$$

$$T_{ШТ} = 64,72 + 2,58 + 2,58 = 69,88 \text{ хв.}$$

7) Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{ПЗ} = T_{ПЗ1} + T_{ПЗ2}, \quad (3.40)$$

де $T_{ПЗ1}$ – час на одержання інструментів і пристроїв і здачу їх після роботи, $T_{ПЗ1} = 8 \text{ хв.}$

$T_{ПЗ2}$ – час на налагодження верстату, інструментів і пристрою, $T_{ПЗ2} = 14 \text{ хв.}$

$$T_{ПЗ} = 14 + 8 = 22 \text{ хв.}$$

8) Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ШТ-К} = T_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{N}, \quad (3.41),$$

де N – число деталей, $N = 1 \text{ шт.}$

$$T_{ШТ-К} = 69,88 + \frac{22}{1} = 91,88 \text{ хв.}$$

Таблиця 3.8 – Зведена таблиця норм часу на відновлення деталі

Найменування операції	T_0 , хв.	T_d , хв.	$T_{оп}$, хв.	$T_{обс}$, %	$T_{обс}$, хв.	$T_{воп}$, %	$T_{воп}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{пз}$, хв.	$T_{шк}$, хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Зварювальна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110,3
010 Токарна	55,74	8,98	64,72	4	2,58	4	2,58	69,88	22	91,88
015 Токарна	45,37	10,36	55,73	4	2,23	4	2,23	60,19	22	82,19
020 Токарна	2,48	3,51	5,99	4	0,24	4	0,24	6,47	22	28,47
025 Шліфувальна	4,71	4,48	9,19	4	0,37	4	0,37	9,93	17	26,93
030 Зварювальна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,32
035 Токарна	1,7	1,86	3,56	4	0,14	4	0,14	3,84	22	25,84
040 Свердлильна	2,47	1,58	4,05	4	0,16	4	0,16	4,37	24	28,37
045 Координатно-розточна	3,05	2,65	5,7	4	0,23	4	0,23	6,16	24	30,6
050 Слюсарна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

3.8 Складання виробу та нормування складальних операцій

Розрахунок трудомісткості збирання силового гідроциліндра зводимо в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Трудомісткість збирання силового гідроциліндра

Найменування і зміст операції	Норма часу, хв.
005. Підготовча	15,6
010. Слюсарна	
1. Запресувати направляючу втулку п.9	12,7
2. Встановити ущільнення п.8	2,15
3. Встановити притискну втулку п.7	0,92
4. Встановити пакет ущільнень п.13.	5,36
5. Встановити фланець п.12	0,85
6. Загвинтити гвинти п.11 в корпус силового гідроциліндра п.2	6,5
7. Встановити поршень п.2	3,21
8. Встановити сальник в корпус п.10	0,3
9. Встановити плиту на корпус п.3	1,05
10. Встановити сальник п.10 в монтажну плиту	0,3
11. Встановити зворотній клапан п.7	1,05
12. Встановити сальник п.10 в притискний фланець	0,3
13. Встановити фланець п.6 на корпус клапана	1,05
14. Помістити шайби п.5 на гвинти п.8	0,8
15. Загвинтити гвинти п.8 в корпус силового гідроциліндра п. 1	4,3
Топ, хв.	56,44
$a_{обс} = 2\%$ від Топ	1,13
$a_{мон} = 3\%$ від Топ	1,69
Тшт, хв..	59,26
Тпз, хв.	13
Тшк, хв.	60,95
015. Контрольна	26,4
020. Випробувальна	10,8

4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок сили затиску самоцентруючого патрона

Здійснимо розрахунок сили затиску трьохкулачкового патрона, для перевірки його сили затиску корпусу силового гідроциліндра для обробки його на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К50П.

Розрахуємо силу затиску патрона для обробки деталі "Корпус":

$$W = \frac{P_z \times \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times D_1}{n \times f \times D} \times K, \quad (4.1)$$

де n – кількість кулачків, приймаємо $n=3$;

K – коефіцієнт запасу;

P_z – колова сила різання, Н, виходячи з даних режимів різання найбільша колова сила виникає при чорновому точінні зовнішньої поверхні корпусу;

α – кут призми кулачка ($\alpha=90^\circ$); при радіусних кулачках $\sin \frac{\alpha}{2}=1$;

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків (для кулачків з гладкою поверхнею $f=0,25$, з кільцевими канавками $f=0,35$, з хрестоподібними канавками $f=0,45$, з односторонньо нарізаними зубами паралельно осі патрона $f=0,8$.) Приймаємо $f=0,35$;

D_1 – діаметр поверхні що обробляється, мм, виходячи із даних режимів різання діаметр поверхні що обробляється складає $D_1=522,4$ мм;

D – діаметр затиснутої поверхні, мм, так як поверхня що затискається не є обробленою то приймаємо її рівною зовнішньому діаметру заготовки $D=532$ мм;

Коефіцієнт K визначається в залежності від конкретних умов обробки згідно формули:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \quad (4.2)$$

де, K_0 – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт який враховує стан заготовки, для чорнкової заготовки

$$K_1 = 1,2;$$

K_2 – коефіцієнт що враховує збільшення сили різання від прогресуючого затуплення інструменту, для чорнового точіння $K_2 = 1,0$;

K_3 – коефіцієнт що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні. Для точіння $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт що враховує постійність сили затиску, що розвиває силовий привід пристрою. Для ручного приводу із зручним розташуванням важеля $K_4 = 1,3$;

K_5 – коефіцієнт що враховується при наявності моментів, які повертають деталь що обробляється. Для деталі з великою поверхнею контакту $K_5 = 1,5$.

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,5 = 4,2.$$

Визначимо колову силу різання для даної операції:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \quad (4.3)$$

де C_p, x, y, n – коефіцієнт і показники степені для визначення сили різання,

$$C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15;$$

t – глибина різання,

D – діаметр оброблюваної поверхні,

S – подача;

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (4.4)$$

де $K_{\varphi p}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані різця; $K_{\varphi p} = 0,89$;

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт що враховує передній кут, $K_{\gamma p} = 1,0$;

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, який враховує кут похилу ріжучої кромки, $K_{\lambda p} = 1,0$;

K_{rp} – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця, $K_{rp} = 1,0$;

$K_{\text{мр}}$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n, \quad (4.5)$$

де $\sigma_{\text{в}}$ – межа міцності, МПа.

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,9.$$

$$K_p = 0,9 \times 0,89 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,8.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 8,8^1 \times 1,12^{0,75} \times 65,6^{-0,15} \times 0,8 = 12186 \text{ Н.}$$

Визначимо силу затиску що залежить від зовнішніх сил:

$$W = \frac{12186 \times 1 \times 522,4}{3 \times 0,35 \times 532} \times 4,2 = 47864,4 \text{ Н.}$$

4.2 Опис конструкції пристосування

Кулачкові патрони застосовують для установки і затиску різних деталей, оброблюваних на токарних і шліфувальних верстатах. У залежності від кількості кулачків патрони розділяються на двох-, трьох- і чотирьохкулачкоі. Вони бувають з ручним і механізованим приводом. Патрони бувають такі, що самоцентрують і з незалежним переміщенням кулачків, універсальними і спеціальними.

Виготовляють чотири класи точності патронів: Н – нормальної; П – підвищеної; В – високої; А – особливо високої точності. Технічні вимоги на токарні патрони загального призначення дані в ДСТУ 1654-86.

Універсальні трьохкулачкові патрони, що само центруються, з ручним затиском торцевим ключем застосовують для установки і затиску по циліндричній поверхні різних деталей в серійних і одиничному типах виробництва.

Універсальні трьохкулачкові патрони закріплюють на правому кінці шпинделя токарного верстата.

У корпусі 1 патрона розташований диск 2, що має на одному торці

конічне зубчасте колесо, а на іншому — спіральні рейкові пази(спіраль Архімеда, що знаходяться в зачепленні з конічним зубчастим колесом 3.

У хрестоподібному пазу корпусу 1 встановлюють і закріплюють прямі чи зворотні накладні кулачки 5 які входять у зачеплення з диском 2 по спіралі . Конічне зубчасте колесо 3 кріпиться за допомогою спеціального кільцевого стопора 4 у вигляді півмісяця При обертанні торцевим ключем одного з трьох конічних зубчастих коліс 3, що знаходяться в зачепленні з конічним колесом диска 2, останній повертається і переміщає кулачки 5 до осі патрона при затиску деталі і від осі — при її розтискання . Кришка 6 утримує диск 2 у корпусі патрона від подовжнього зсуву і перешкоджає попаданню в патрон стружки і бруду. Патрон такого типу зображено на рисунку 5.1.

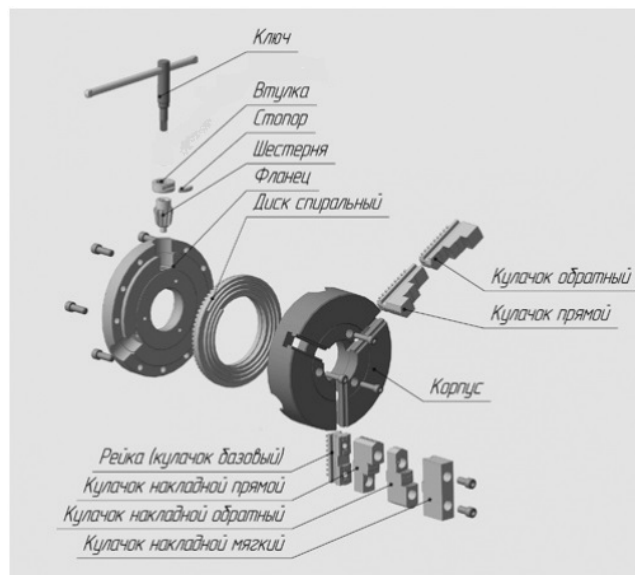


Рисунок 4.1 – Патрон трьохкулачковий спірально-реєчний самоцентруючий

Деякі кулачки виготовляють окремо від приводних рейок та встановлюють їх за допомогою гвинтів вони бувають з прямими і зворотними При неповному зачепленні витків спірали диска з рейками кулачків виникають високі питомі тиски в сполученні і відбувається значний знос механізму, що центрує, і втрата точності патрона. Для підвищення зносостійкості застосовують загартування і шліфування витків спірали диска і рейок кулачків патрона.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В даній випускній роботі розроблено новий корпус силового гідроциліндра.

Розділ „Загальна характеристика лінії ламінування та технологія виробництва ДСП“ містить детальний опис процесу виробництва ламінованої деревостружкової плити. Також в розділі детально описано основні недоліки лінії, та приведено описання гідравлічної схеми ламінувального преса.

Розділ „Розробка нової конструкції силових гідроциліндрів“ містить детальні розрахунки деформації корпусу силових гідроциліндрів. В ньому описано детальний процес та принципи підбору штокового ущільнення. Розраховано посадки та розмірні ланцюги для канавок під ущільнення.

Розділ „Технологія виготовлення корпусу гідроциліндра“ містить обґрунтовані технічні рішення щодо виготовлення деталі з найбільш доцільним і ефективним використанням технологічного устаткування. Також технологічний розділ випускної роботи містить маршрут механічної обробки деталі з використанням універсального обладнання і пристосувань, які значно розширюють його технологічні можливості і підвищують продуктивність. В розділі детально описано технологію складання та розбирання вузла, розраховано відповідні затрати часу на слюсарні та верстатні роботи.

Конструкторська частина випускної роботи містить детальне описання пристрою для затиску заготовок для обробки на свердлильних верстатах. Представлено розрахунок потрібної сили затиску пристосування для закріплення заготовки, при складних операціях які потребують найбільшої затрати потужності верстата

Слід відмітити, що підбираючи обладнання і інше технологічне оснащення, необхідно досягати максимального розширення універсальності модернізації вузла та виготовлення деталі.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
2. Налобіна О.О., Бундза О.З., Серілко Д.Л., Голотюк М.В. Конструювання вузлів та агрегатів: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2020. 331 с.
3. Ревнівцев М.П., Паршина Н.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К.: А.С.К., 2006. 416 с.
4. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
5. Кузнєцов Ю.І. Оснащення для верстатів з ЧПУ: Довідник. К.: Машинобудування, 2003. 359 с.
6. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
7. Гумен О.М. Візуальне програмування задач механіки із залученням геометричних засобів САД – систем. Прикладна геометрія та інженерна графіка. М.: ТДАТУ, 2013. – Вип. 4. Т.55. С.18 – 23.
8. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
9. Кавецький В.В., Козловський В.О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013.
10. Деталі машин: підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К.: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
11. Деталі машин: Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І.В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.

13. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія Упорядник Кузнєцов Ю.М. – К.: Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.

14. Булига Ю.В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання: практикум / Булига Ю.В., Веселовська Н.Р., Міськов В. П. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 67 с.

15. Вайнтрауб М. А. Засоби контролю процесів механообробки надточних деталей: монографія / Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, М.А. Вайнтрауб, Т.Р. Ключко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 516 с., іл. – Бібліогр.: с. 503 – 513.

16. Кобзар Є.П., Мельничук Л.С., Громовий О.А. Розрахунки і проектування вузлів та деталей верстатів і систем: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2000. - 361 с.

17. Обладнання і транспорт механообробних цехів: навч. посіб. / А.Ю. Довгополов, А.О. Нешта, В.О. Колесник. Суми: Сумський державний університет, 2023. 96 с.

18. Організація виробництва: підручник / за ред. А.І. Яковлева, С.П. Сударкіної, М.І. Ларки. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2016. – 436с.

19. Муляр Ю.І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II: навчальний посібник / Ю.І. Муляр, С.В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 123 с.

20. Паливода Ю.Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

21. Технологія верстатних робіт: навч.пос. для проф.-техн. навч. закладів / М.А. Вайнтрауб, В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, за наук. ред. М.А. Вайнтрауба. – К.: 2015. – 199с.

22. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залози. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

23. Технологія машинобудування: навч. посіб. / [І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.] // За ред. І.І. Юрчишина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. – 528 с.

24. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. / І.Г. Міренський. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с. 14. Муляр Ю.І. Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК: навчальний посібник. / Муляр Ю.І. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 192 с. 15. Невлюдов І.Ш. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва [Текст]: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, М.А. Бережна. – Харків: Компанія СМІТ, 2007. – 368 с.

25. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб. / А.І. Грабченко, М.Д. Узунян, Н.В. Зубкова та ін. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – 88 с.

26. Стискін Г.М. Інструменти для механічної обробки матеріалів. / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.А. Мелещик – Л.: Оріяна-Нова, 2002. – 240 с.

27. В. Гардизон. Розробка нової конструкції силових гідроциліндрів. Тези ІV студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “ Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії ”. Луцьк: ЛНТУ – 2024р.– 316 с.